

Guide d'échographie

Paul Legmann, Patricia Bonnin-Fayet



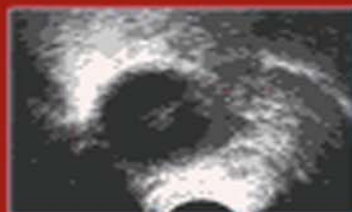
► Place de l'échographie

► Techniques d'examen

► Échoanatomie normale
et variantes

► Images pièges

► Pathologies



5^e édition

Abréviations

ACR	<i>American College of Radiology</i>
AIT	Accident ischémique transitoire
AML	Angiomyolipome
ASP	Abdomen sans préparation
AVC	Accident vasculaire cérébral
AVK	Antivitamine K
BIP	Diamètre bipariétal
Bi-Rads	<i>Breast imaging-Reporting and data system</i>
BSAD	Bourse sous-acromiodeltoïdienne
CAN	Conversion analogique numérique
CCC	Cholangiocarcinome
CCR	Carcinome à cellules rénales
CHC	Carcinome hépatocellulaire
CMT	Cancer médullaire de la thyroïde
CMV	Cytomégalovirus
CTE	Comité technique de l'échographie
DIU	Dispositif intra-utérin
DOMS	<i>Delayed Onset Muscular Soreness</i>
ECBU	Examen cyto bactériologique des urines
EDTC	Écho-Doppler transcrânien
EFP	Estimation du poids fœtal
ETF	Échographie transfontanellaire
FAV	Fistule artérioveineuse
FC	Fréquence cardiaque
FOV	<i>Field Of View</i>
GEU	Grossesse extra-utérine
GIU	Grossesse intra-utérine
HAS	Haute autorité de santé
HBPM	Héparine de bas poids moléculaire
HCG	Hormone chorionique gonadotrope
HNF	Hyperplasie nodulaire focale
HSG	Hystérosalpingographie
HTA	Hypertension artérielle
HTP	Hypertension portale
INR	<i>International Normalized Ratio</i>
IM	Index mécanique

IP	Index de pulsatilité
IR	Index de résistance de Pourcelot
IR	Insuffisance rénale
IRM	Imagerie par résonance magnétique
LCC	Longueur crano-caudale
LCH	Luxation congénitale de hanche
LF	Longueur de la diaphyse fémorale
LPAC	<i>Low Phospholipid Associated Cholelithiasis</i>
MIBI	Sestamibi (technétium ^{99m} Tc)
MICI	Maladie inflammatoire chronique de l'intestin
NASCET	<i>North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial</i>
OMS	Organisation mondiale de la santé
PACS	<i>Picture Archiving and Communication System</i>
PAN	Périarérite noueuse
PC	Périmètre céphalique
PCUS	Produit de contraste ultrasonique
PR	Polyarthrite rhumatoïde
PRF	<i>Pulse Repetition Frequency</i>
PRP	<i>Pulse Repetition Period</i>
PSA	<i>Prostate Specific Antigen</i>
PTH	<i>Parathyroid Hormone</i>
PVDF	Polyvinylidène difluore
PZT	Titano-zirconate de plomb
RC	Rapport carotidien
RCIU	Retard de croissance intra-utérine
RF	Radiofréquence
RS	Résolution spatiale
SA	Semaine d'aménorrhée
S/B	Rapport signal sur bruit
SPL	<i>Spatial Pulse Length</i>
TABC	Tronc artériel brachiocéphalique
TCA	Temps de céphaline activée
TCK	Temps de céphaline kaolin
TDM	Tomodensitométrie
TEP-FDG	Tomographie par émission de positons au fluorodéoxyglucose
TGC	<i>Time Gain Compensation</i>
THS	Traitement hormonal substitutif
TIPMP	Tumeur intracanalairé mucineuse et papillaire du pancréas
Ti-Rads	<i>Thyroid imaging-Reporting and database system</i>
TM	Temps mouvement
TR	Temps réel

TSA	Tronc supra-aortique
TSH	<i>Thyroid Stimulating Hormone</i>
UH	Unité Hounsfield
US	Ultrason
VBIH	Voie biliaire intrahépatique
VBP	Voie biliaire principale
VCI	Veine cave inférieure
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine
VS	Vitesse de sédimentation
VSH	Veine sus-hépatique

Bases physiques de l'échographie et du mode Doppler

J.-P. Dillenseger

PLAN DU CHAPITRE

- **Historique**
- **Éléments de base de la physique acoustique**
 - Définition des ultrasons
 - Nature d'une onde ultrasonore
 - Caractéristiques d'une onde ultrasonore
 - Interaction des ultrasons avec la matière
- **Principes technologiques de l'échographie**
 - Notions élémentaires
 - Forme du faisceau ultrasonore
- **Formation de l'image**
 - Généralités
 - Amplification
 - Modes de balayage
 - Chaîne de formation de l'image échographique
- **Critères de qualité d'une image échographique**
 - Les différentes résolutions
 - Échogénicité
 - Principaux artefacts échographiques

■ Explorations Doppler (notions)

- Principe de base et application médicale de l'effet Doppler
- Les différents modes Doppler
- Analyse du signal Doppler
- Principaux paramètres réglables en pratique

■ Nouvelles techniques échographiques (notions)

- Principe de base des produits de contraste échographiques
- Imagerie d'harmoniques
- Imagerie de combinaison
- Élastographie impulsionnelle ultrasonore

Historique

Le principe de l'échographie repose sur l'exploration du corps humain à l'aide d'ondes ultrasonores. Cet examen non traumatique et au coût relativement peu élevé doit son succès aux rapides progrès technologiques dont il a bénéficié. La piézoélectricité, phénomène fondamental de transduction électromécanique mis œuvre pour la production et la détection d'ultrasons, fut découverte en 1880 par les frères Pierre et Jacques Curie. L'idée de méthodes ultrasonores destinées à la détection d'obstacles fut suscitée par le naufrage du Titanic en 1912. De telles méthodes « d'écho-location » ultrasonore furent mises en pratique pour la première fois pendant la première guerre mondiale : Paul Langevin fabriqua en 1916 les premiers transducteurs ultrasonores à quartz pour la détection sous-marine. Ces découvertes marquèrent le début du développement des applications ultrasonores dans le domaine du contrôle industriel non destructif, des télécommunications, de l'acoustique sous-marine et de l'imagerie médicale.

Très tôt, les chercheurs se sont intéressés aux effets biologiques des ultrasons. La première utilisation diagnostique des ultrasons fut l'œuvre de Dussik, psychiatre autrichien, qui développa, vers la fin des années 1930, une méthode en transmission pour détecter les tumeurs intracrâniennes. Les recherches se poursuivirent au Japon, après la deuxième guerre mondiale – ce sont des chercheurs japonais qui attirèrent l'attention des médecins sur les techniques de débitmétrie utilisant l'effet Doppler – puis aux États-Unis où les pionniers de l'imagerie échographique furent d'une part Howry à Denver et d'autre part Wild et Reid à Minneapolis en 1952.

Les images réalisées avec les échographes de première génération, vers la fin des années 1960, étaient obtenues au cours d'un balayage manuel de la sonde ultrasonore. Sur ces images dites bistables, deux niveaux de luminosité seulement étaient affichés de sorte que seule la silhouette des organes ou des lésions était observée. De plus, l'obtention d'une image nécessitant plusieurs secondes, le flou cinétique affectait la précision de l'interprétation. Dans les années 1970, apparurent les échographes à balayage mécanique avec déplacement motorisé et rapide de la sonde qui permirent l'obtention de plusieurs images par seconde et l'observation en temps réel des tissus en mouvement. Parallèlement, l'échostructure des tissus devint visible avec l'emploi des convertisseurs d'image donnant des images en échelle de gris. L'étude de l'écoulement des flux sanguins devint possible avec l'introduction des techniques de vélocimétrie par effet Doppler. Dans les années 1980, la qualité des

images s'est encore améliorée grâce à l'utilisation des sondes ultrasonores à barrette qui permettent la focalisation du faisceau à plusieurs profondeurs. Les mémoires numériques d'image optimisèrent la dynamique des échelles de gris. Des progrès technologiques considérables ont été réalisés dans le domaine des hautes fréquences et des sondes ultrasonores miniatures. L'échographie est devenue endocavitaire (endovaginale, endorectale, transœsophagienne voire endovasculaire). La dermatologie et l'ophtalmologie bénéficient également des nouvelles possibilités offertes par l'imagerie ultrasonore à haute fréquence. La dernière décennie du xx^e siècle a été marquée par de nombreuses avancées concernant essentiellement les techniques numériques, les produits de contraste, l'imagerie harmonique et l'imagerie 3D.

Éléments de base de la physique acoustique

Définition des ultrasons

Les ultrasons (US) sont des **vibrations mécaniques** provoquant des variations de pression dans les milieux traversés. L'onde sonore nécessite un **milieu moléculaire** pour se propager (pas d'onde sonore dans le vide). Leur fréquence se situe **au-dessus du seuil de fréquence audible** par l'homme : $f > 20\,000$ Hz.

Nature d'une onde ultrasonore

Une onde ultrasonore est une **onde de pression** qui se propage dans un milieu élastique. En d'autres termes, elle correspond à la **propagation d'une énergie mécanique** dans un milieu matériel (fig. 1.1).

Caractéristiques

- Propagation linéaire, radiale ou sphérique.
- Se décrit comme une fonction du *temps* mais aussi de l'*espace* (dualité temporo-spatiale).
- Propagation par transmission d'un état de compression ou de raréfaction de proche en proche, sans transport de matière.
- Modification de la pression dans le milieu : les particules du milieu sont animées d'un mouvement de va-et-vient dans l'axe de déplacement des ultrasons de type sinusoïdal.

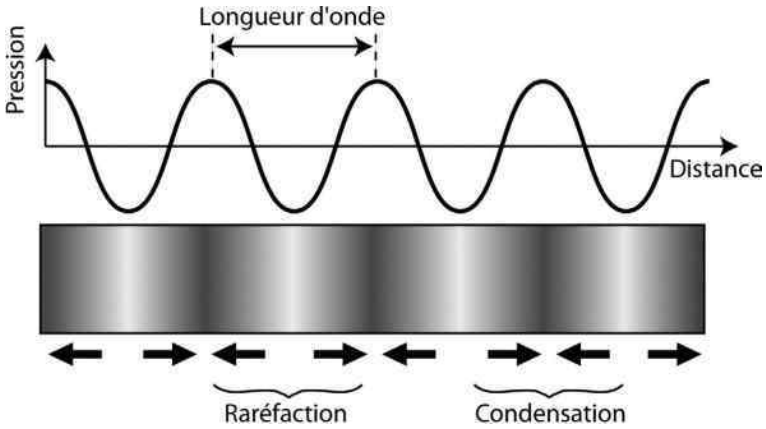


Fig. 1.1 Illustration de la propagation linéaire d'une onde (ultra)sonore.

Caractéristiques d'une onde ultrasonore

Domaine temporel : fréquence (f) et période (T)

La fréquence (f) est le nombre de fois où un phénomène périodique se reproduit par unité de temps; c'est la *nombre de variations de pression par seconde*. Elle s'exprime en hertz ou en s^{-1} .

La période (T) représente la durée d'un cycle.

$$T [\text{en s}] = 1/f$$

Domaine spatial : longueur d'onde (λ)

La longueur d'onde est la *distance* séparant, à un instant donné, deux points du trajet de l'onde où la pression est identique. Pour un milieu donné, la longueur d'onde diminue quand la fréquence augmente.

$$\lambda [\text{en m}] = c/f$$

Célérité (c)

Elle correspond à la *vitesse* de propagation de l'onde acoustique dans un milieu donné. Elle lie le domaine spatial (longueur d'onde) au domaine temporel (période).

$$c [\text{en m/s}] = \lambda/T = \lambda \cdot f$$

La célérité des ultrasons dépend de la nature du milieu traversé, ex. : $c_{\text{air}} = 330 \text{ m/s}$;
 $c_{\text{eau}} = 1480 \text{ m/s}$; $c_{\text{os}} = 2700 \text{ m/s}$.

Pression acoustique, intensité acoustique et décibels (dB)

La **pression acoustique instantanée (P)** correspond à la différence entre la pression absolue (P_{abs}) et la pression ambiante (P_0) supposée constante. Ainsi la pression P

possède une dualité spatio-temporelle $P(x, t)$ car l'intensité en chaque point varie avec la fréquence de l'onde ultrasonore. P s'exprime en N/m^2 ($1 N = 1 kg.m/s^2$).

$$P(x, t) = P_{abs}(x, t) - P_0$$

L'intensité acoustique (I) est la puissance transportée par les ondes acoustiques dans une direction donnée, par unité de surface perpendiculairement à cette direction. L'intensité acoustique est une grandeur essentielle pour la description des espaces acoustiques. S'il n'y a pas d'intensité acoustique, il n'y a pas de transfert d'énergie d'un endroit à un autre, donc pas de signal acoustique. L'intensité acoustique moyenne selon l'axe de propagation se calcule selon la relation suivante :

$$I \text{ [en } W/m^2] = P^2 / (2 \cdot \rho \cdot c)$$

Niveau d'intensité relatif = le décibel (dB) : si deux ondes ultrasonores ont des intensités absolues A et B (I_A et I_B), leur niveau d'intensité relatif (D) est égal à :

$$D \text{ [en dB]} = 10 \text{ Log } I_A / I_B$$



Exemple

Traversée d'un milieu atténuant où l'intensité acoustique (I) passe de 10^{-3} à 10^{-6} (W/cm^2) \Rightarrow atténuation de 30 dB.

Impédance acoustique (Z)

Elle exprime la résistance du milieu à l'avancement de l'onde. Elle correspond au produit de la célérité (c en m/s) de l'onde par la masse volumique (kg/m^3) du milieu. Z ne dépend donc que du milieu considéré. À milieu identique (ρ constant), plus celui-ci a une impédance acoustique élevée, plus l'onde acoustique se propagera rapidement (tableau 1.1).

$$Z \text{ [en } kg/(m^2.s)] = c \cdot \rho$$

Tableau 1.1 Célérité de propagation de l'onde acoustique en fonction de la masse volumique et de l'impédance acoustique de différents milieux.

Matière	c : célérité (m/s)	ρ : masse volumique (kg/m^3)	Z : impédance acoustique $\times 10^{-6} kg/(m^2.s)$
Air	330	1,2	0,0004
Graisse	1 459	952	1,34
Eau	1 480	1 000	1,48
Sang	1 575	1 057	1,62
Muscle	1 580	1 080	1,71
Corticale, osseuse	3 500	1 912	7,8

Interaction des ultrasons avec la matière

Il existe plusieurs types d'interaction entre les ultrasons et la matière à l'origine d'un signal échographique.

Ces interactions vont aboutir à l'atténuation du faisceau ultrasonore dans la matière. Parmi ces interactions on retrouve au niveau des *interfaces acoustiques* des phénomènes de :

- réflexion;
- réfraction;
- diffusion.

Qu'est ce qu'une interface acoustique ?

Une interface acoustique correspond à une frontière entre deux milieux d'impédance acoustique (Z) différente. Elle est caractérisée par :

- sa « hauteur » : plus la différence d'impédance acoustique (Z) entre les milieux formant l'interface est importante, plus l'interface sera élevée;
- sa *forme* (plane, courbée, etc.);
- son *orientation* par rapport à l'axe du faisceau;
- sa *taille* par rapport à la longueur d'onde (λ) du faisceau ultrasonore incident.

Réflexion

Le phénomène de réflexion se produit à l'interface entre deux milieux 1 et 2 d'impédance acoustique différente (Z_1 et Z_2). Pour une onde US perpendiculaire à l'interface, le coefficient de réflexion (R) correspond à :

$$R_{(1 \rightarrow 2)} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

On peut ainsi exprimer la transmission T de la manière suivante :

$$T = 1 - R$$



Application numérique

Calcul de R et de T pour une interface graisse/muscle

- Z_1 (graisse) = 1,34
- Z_2 (muscle) = 1,71

$$R_{(graisse \rightarrow muscle)} = \left(\frac{1,71 - 1,34}{1,71 + 1,34} \right)^2 = 0,015$$

$$T_{(graisse \rightarrow muscle)} = 1 - R = 0,985$$

La réflexion (R) au niveau d'une interface est (fig. 1.2) :

- faible si la différence d'impédance (Z) est peu élevée;
- grande si la différence d'impédance (Z) est importante.

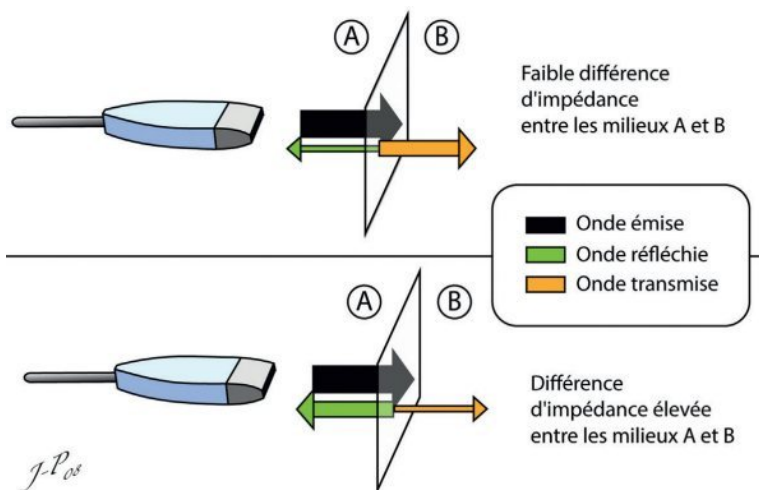


Fig. 1.2 Influence de la différence d'impédance sur la réflexion et la transmission des ondes ultrasonores.

✓ Ordres de grandeurs de coefficients de réflexion (R)

Air/peau : 99 % ; tissu/os : 30 % ; rein/graisse : 1 %.

La réflexion trop importante entre l'air et la peau (99 %) ne permet pas aux ultrasons de pénétrer et donc d'étudier le corps humain. Pour optimiser cette pénétration, il est obligatoire d'appliquer du gel échographique (= eau en gel) entre la sonde et la peau du patient. Le gel échographique, d'impédance proche de celle des tissus mous, évite ainsi la réflexion au niveau de la peau.

Réfraction

Si la direction du **faisceau incident** n'est pas orthogonale à la surface de l'interface, les faisceaux d'ondes ultrasonores réagissent comme les faisceaux lumineux concernant la réflexion et la réfraction (fig. 1.3). On observera dans ce cas la présence d'un **faisceau réfléchi** et celle d'un **faisceau réfracté** transmis qui présentent respectivement des angulations θ_r et θ_t qui dépendent de des célérités c_1 et c_2 de l'onde avant et après son passage à travers l'interface (c_1 et c_2 étant fonction des impédances respectives des milieux 1 et 2).

Selon les lois de **Snell-Descartes** :

- l'angle du faisceau réfléchi (θ_r) est égal à l'angle du faisceau incident (θ_i) : $\theta_i = \theta_r$;
- les angles incidents et transmis suivent la relation suivante : $\sin \theta_i / c_1 = \sin \theta_t / c_2$.

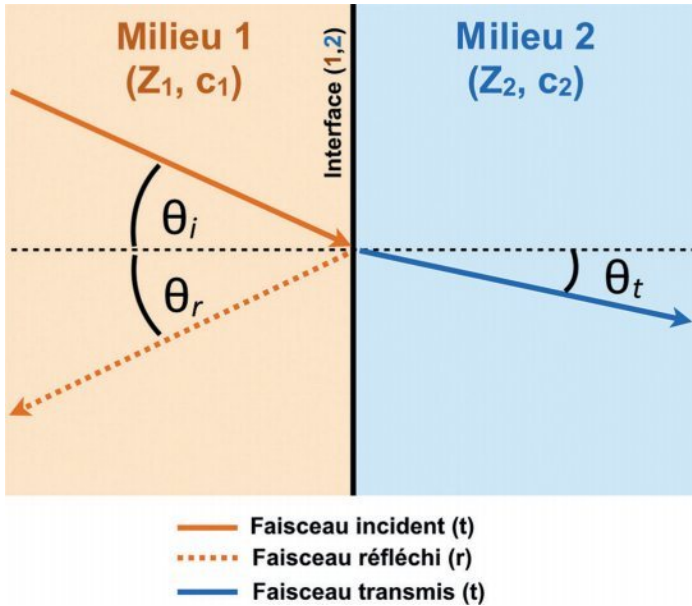


Fig. 1.3 Représentation de la déviation d'un faisceau d'ondes ultrasonores à l'interface entre deux milieux d'impédances acoustiques différentes selon les lois de Snell-Descartes.

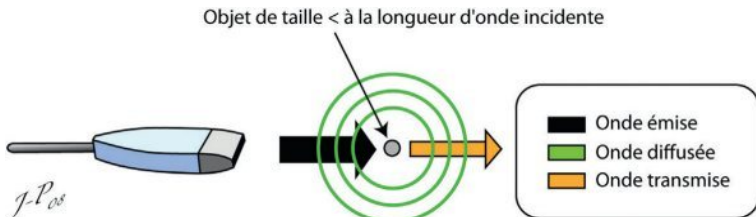


Fig. 1.4 Principe du phénomène de diffusion.

Diffusion

C'est une interaction qui se produit quand une onde ultrasonore rencontre un objet de taille (d) inférieure à sa longueur d'onde λ (et de masse volumique différente du milieu). L'objet rencontré vibre et réémet dans différentes directions une fraction de l'onde incidente (fig. 1.4). Cela constitue une perte d'énergie puisque cette partie ne traverse pas le milieu étudié. Les objets évoqués concernent les cellules d'un organe (ou tissu). Ainsi, les ondes issues de la diffusion et revenant vers la sonde sont porteuses d'informations sur la structure interne des organes, elles correspondent d'une certaine manière à leur « signature ».

Atténuation globale

Les phénomènes de réflexion, réfraction et diffusion vus précédemment sont à l'origine de l'atténuation globale d'un faisceau ultrasonore. Pour une onde US d'une fréquence donnée, l'atténuation globale se modélise par l'équation de Beer-Lambert :

$$I_x = I_0 e^{-\mu x}$$

Avec :

- I_x : intensité acoustique moyenne à la distance x du matériau ($W.m^2$);
- I_0 : intensité acoustique incidente à l'entrée du matériau ($W.m^2$) une perte de résolution spatiale;
- μ : coefficient d'atténuation (dB/cm) du milieu traversé;
- x : distance (m) parcourue par l'onde dans le milieu.

L'atténuation dépend également de la fréquence de l'onde incidente. Plus la fréquence US est élevée, plus l'atténuation est importante, plus il est difficile d'explorer des structures profondes (fig. 1.5).

En pratique, seules les ondes réfléchies en direction capables d'atteindre la sonde peuvent être exploitées pour la formation de l'image. Ainsi, pour explorer des interfaces profondes, on peut :

- utiliser une fréquence d'onde basse (fig. 1.5);
- pour une fréquence donnée, s'assurer d'une intensité de départ (I_0) suffisamment élevée (fig. 1.6a et b).

Nous venons de voir que plus l'onde acoustique parcourt de distance dans le matériau étudié, et plus celle-ci interagit avec la matière, donc plus l'intensité diminue. Par conséquent, les échos ayant parcouru de longues distances seront de faible amplitude et certains ne pourront pas être distingués du bruit. Sans traitement particulier, l'exploitation de ces échos générerait une image linéairement

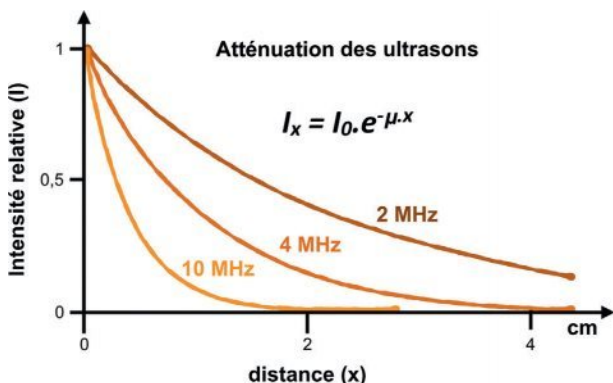


Fig. 1.5 Influence de la fréquence d'émission sur l'atténuation du faisceau ultrasonore.

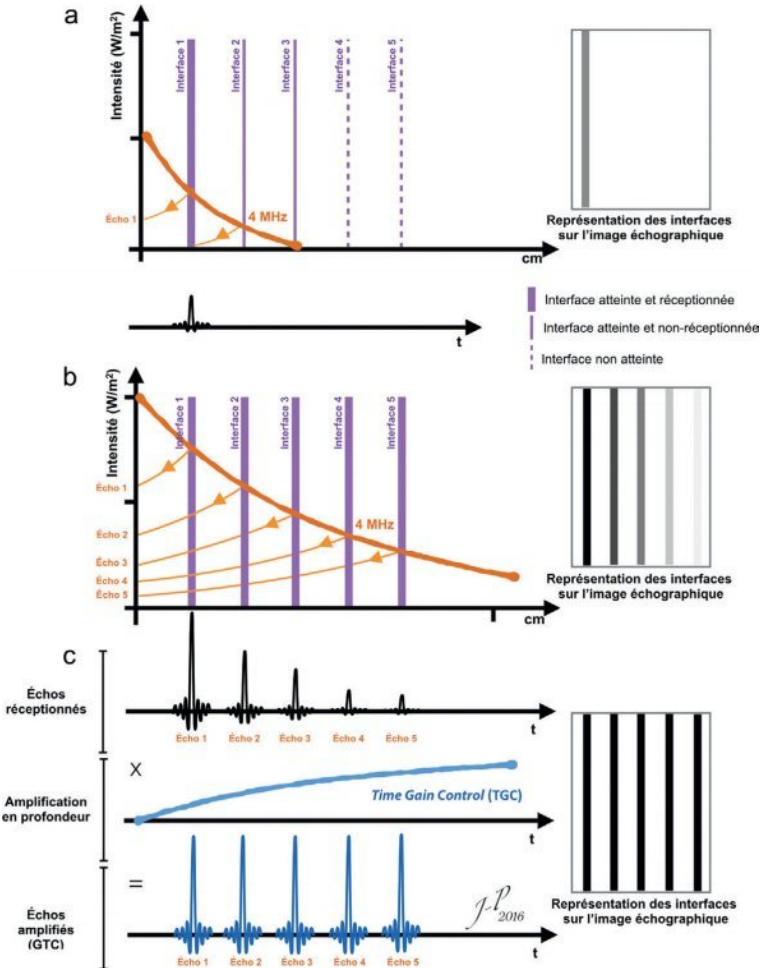


Fig. 1.6 Une intensité faible ne permet pas d'atteindre des couches profondes et ne permet aux échos de revenir à la sonde (a). Une intensité élevée permet d'atteindre des couches profondes (b). Les échos en provenance de couches profondes sont peu intenses. Une amplification en profondeur (TGC) est donc nécessaire pour avoir un résultat homogène sur l'image (c).

hétérogène : le niveau de gris sur l'image diminue avec la profondeur en fonction de l'atténuation. Ainsi, comme l'atténuation est de type $I_x = I_0 e^{-\mu x}$, il convient alors de mettre en place une amplification de type $A_x = A_0 e^{+\mu x}$ afin de compenser cette atténuation. Cela revient à mettre en place une amplification linéaire en décibel :

$$A_{dB}(x) = 10 \ln(A_0 e^{+\mu x}) = 10 \ln(A_0) + \mu x$$

Or la distance parcourue x est reliée au temps par la relation $x = c t$. Par conséquent, mettre en place une amplification fonction de x revient à mettre en place une amplification fonction de t selon la relation :

$$A_{dB}(t) = 10 \ln(A_0 e^{\mu ct}) = 10 \ln(A_0) + \mu ct$$

Cette amplification porte le nom de **Time Gain Compensation** (TGC) et équipe tous les échographes/Doppler médicaux (fig. 1.6c).

Bilan par rapport à l'image échographique

Les interactions physiques des ondes ultrasonores sont à l'origine d'informations distinctes sur l'image échographique reconstruite :

- *les ondes réfléchies* qui reviennent à la sonde échographique apportent des informations concernant les interfaces acoustiques et ainsi seront à l'origine de l'étude des *contours* des organes sur l'image échographique ;
- *les ondes formées par diffusion* apportent des informations sur la *structure interne* des organes qui donneront leur « couleur » en niveau de gris sur l'image finale.

Plus la longueur d'onde est faible, c'est-à-dire plus la fréquence US est élevée, plus on a la possibilité de visualiser des interfaces proches et donc d'augmenter la résolution spatiale, en revanche on ne peut pas atteindre des organes profonds.

Points essentiels

- **Ultrasons** : vibrations mécaniques ($f > 20\,000$ Hz) nécessitant un milieu moléculaire pour se propager.
- **Caractéristique de l'onde ultrasonore** : fréquence (MHz), période (ms), célérité (m/s), longueur d'onde (mm).
- **Impédance acoustique Z** ($\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$) : résistance du milieu à l'avancement de l'onde ultrasonore.
- **Interface acoustique** : frontière entre deux milieux d'impédance acoustique (Z) différente.
- **Réflexion** : importante pour interfaces amples. Informations sur les contours et parois des structures anatomiques.
- **Diffusion** : réflexion aléatoire, se produit quand une onde ultrasonore rencontre un objet de taille (d) inférieure à sa longueur d'onde λ . Informations sur la composition interne d'un organe.
- **Atténuation globale** : diminution exponentielle décroissante selon la distance parcourue et le coefficient d'atténuation (dB/cm) du milieu traversé par l'onde ultrasonore.
- **Fréquence et atténuation** : plus la fréquence ultrasonore est élevée, plus l'atténuation est précoce, plus il est difficile d'explorer des structures profondes.

Principes technologiques de l'échographie

Notions élémentaires

L'échographie est fondée sur l'émission d'ultrasons dans un milieu qui réfléchit une onde ultrasonore dès qu'un obstacle est rencontré. La réflexion d'ondes ultrasonores incidentes sur les différentes interfaces donne naissance à une *succession d'échos correspondant aux obstacles* de plus en plus profonds.

Connaissant la vitesse moyenne des ultrasons dans le corps humain (1430 m/s), on en déduit que le temps de retour des échos correspond à une profondeur donnée (fig. 1.6c).



Conditions nécessaires pour enregistrer des échos

- Le milieu de propagation doit comporter un nombre suffisant de *variations d'impédance (Z)*.
- Le faisceau ultrasonore doit *atteindre l'interface* recherchée (I_0 suffisante, f faible).
- L'*intensité acoustique* du signal réfléchi doit être *suffisante* pour retourner à la sonde.
- La *réflexion doit se faire en direction de la sonde* : il faut aborder l'interface le plus orthogonalement possible pour éviter que l'onde réfléchie ne retourne pas à la sonde.

Sondes échographiques (ou transducteurs)

Les ondes échographiques conditionnent la *qualité de l'image*, elles transforment une impulsion électrique en ondes ultrasonores et réciproquement en exploitant le phénomène de *piézoélectricité*.

Effet piézoélectrique

La sonde ultrasonore est constituée d'un matériau piézoélectrique. Lorsqu'on applique une tension aux bornes de ce matériau, celui-ci va voir son épaisseur se modifier et inversement : si on lui applique une contrainte mécanique, une tension proportionnelle à sa déformation va apparaître à ses bornes. De ce fait, ce transducteur est réversible et peut fonctionner aussi bien en émetteur qu'en récepteur d'ondes acoustiques (fig. 1.7).

Conception de la sonde ou du transducteur

Une sonde est composée de *trois éléments* principaux au sein d'un boîtier isolant (fig. 1.8) :

- l'élément piézoélectrique;
- l'amortisseur;
- la couche de contact ou couche protectrice.

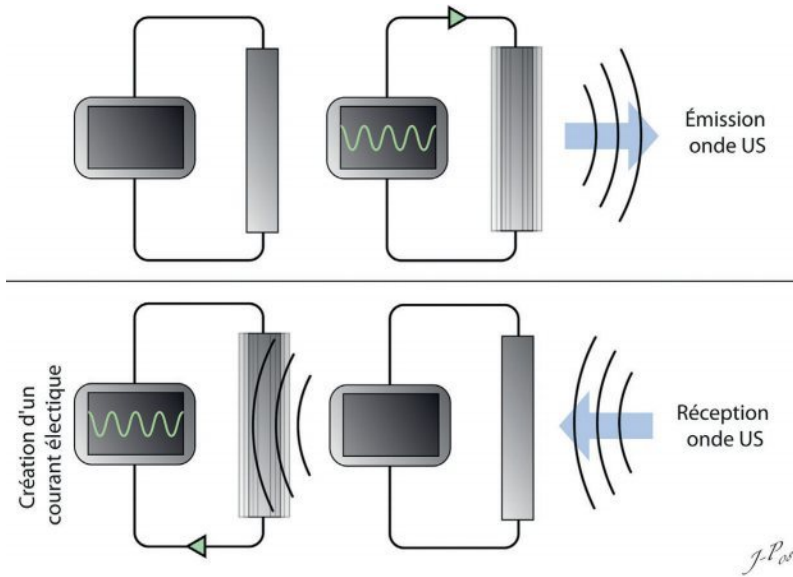


Fig. 1.7 Principe de l'effet piézoélectrique.

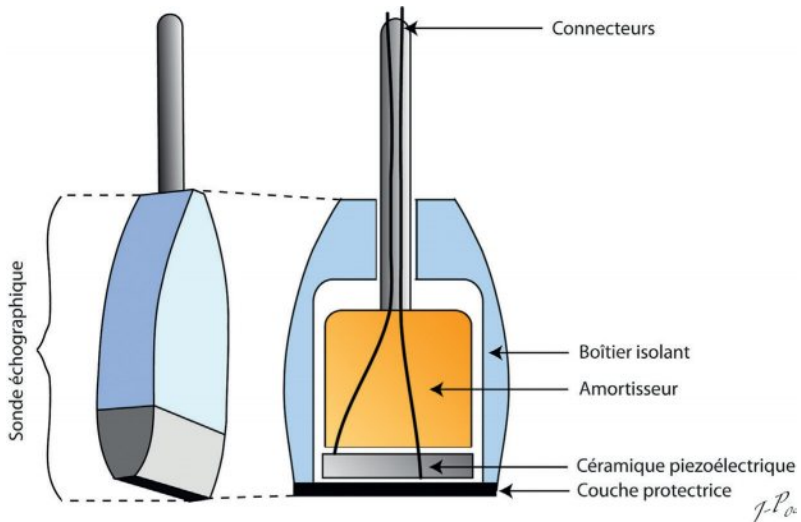


Fig. 1.8 Constitution d'une sonde échographique.

Élément piézoélectrique

Différents matériaux possèdent ces caractéristiques piézoélectriques :

- des *céramiques* (zirconate titanate de plomb : PZT, titanate de baryum, etc.);
- des *films plastiques* (polyvinylidène difluore : PVDF, etc.);
- des *cristaux* (quartz, etc.);
- des *matériaux composites* (céramique + résine).

Ces matériaux voient leur épaisseur varier si la fréquence des impulsions de tension électrique est proche de leur fréquence de résonance (celle-ci dépend de sa constitution et de ses dimensions). À chaque céramique (ex : PZT) d'une épaisseur donnée correspond une seule fréquence d'émission caractéristique. Un transducteur en PZT ($c_{\text{PZT}} = 4000 \text{ m/s}$) d'une épaisseur N (en mm) génère une onde ultrasonore ayant une longueur d'onde λ (en mm) égale à deux fois N ($N = \lambda/2$).

Le seul *paramètre réglable* d'une céramique mono-élément (puisque la fréquence de résonance est imposée par la céramique) en échographie est la valeur de la tension stimulant la céramique. Celle-ci permet de régler *l'intensité acoustique* des ondes ultrasonores et de conditionner avec la fréquence, la *pénétration* des ultrasons dans les tissus (cf. fig. 1.6a et b).



Application numérique

Calcul de l'épaisseur de la lame de PZT permettant l'obtention d'une onde US de 10 MHz

On sait que :

- $N = \lambda/2$
- $\lambda = c_{\text{PZT}}/f$
- $c_{\text{PZT}} = 4000 \text{ m/s}$

D'où : $N = 1/2 \times c_{\text{PZT}}/f = 4000/(20 \times 10^6) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,2 \text{ mm}$

Conclusions : pour émettre une onde US de 10000 Hz, il faut un transducteur PZT d'une épaisseur de 0,2 mm.

Pour des fréquences plus élevées, il faudra une épaisseur inférieure à 0,2 mm et inversement.

En médecine, on utilise des sondes de 2 à 20 MHz :

- fréquence élevée ($f > 7 \text{ MHz}$) \Rightarrow bonne résolution axiale (cf. *infra*) mais pénétration insuffisante pour une exploration en profondeur;
- fréquence faible ($f < 3 \text{ MHz}$) \Rightarrow résolution axiale moyenne mais pénétration suffisante pour une exploration en profondeur.

Amortisseur

Il est placé en arrière de la céramique, afin d'absorber l'énergie US émise en arrière. Cet amortissement permet de déterminer la bande passante de la fréquence

d'émission qui correspond à l'ensemble des fréquences émises situées de part et d'autre de la fréquence de résonance. Pour une fréquence d'émission donnée :

- un amortissement élevé génère une bande passante large, ce qui permet d'atteindre une résolution axiale supérieure au prix d'une pénétration en profondeur plus faible;
- un amortissement plus faible réduit la bande passante d'émission, ce qui améliore la pénétration en profondeur.

Couche de contact

C'est un matériau non conducteur qui isole (électriquement) la peau et protège la céramique des sollicitations mécaniques lors de l'appui de la sonde contre le patient. Cette couche assure également l'interface entre le transducteur « brut » et le patient dans le but réduire les différences d'impédance acoustique entre le transducteur et le patient. Elle est donc composée de couches de matériaux ayant des impédances acoustiques intermédiaires entre les tissus mous et le transducteur. Le gel échographique viendra en complément assurer un passage optimal des ultrasons entre la sonde et le patient.

Forme du faisceau ultrasonore

Forme « brute »

La propagation des ultrasons se fait de proche en proche avec une *déperdition de l'énergie*. Cette déperdition retentit sur la géométrie du faisceau et varie avec la distance à laquelle on se place de la source.

Pour une source d'émission unique à surface circulaire, on retrouve 3 zones (fig. 1.9) :

- une zone proche ou zone « de Fresnel » d'allure cylindrique où l'intensité n'est pas régulièrement répartie. C'est une zone d'interférences ultrasonores, ce qui fait que les échos générés dans cette zone n'auront pas tous la même amplitude;

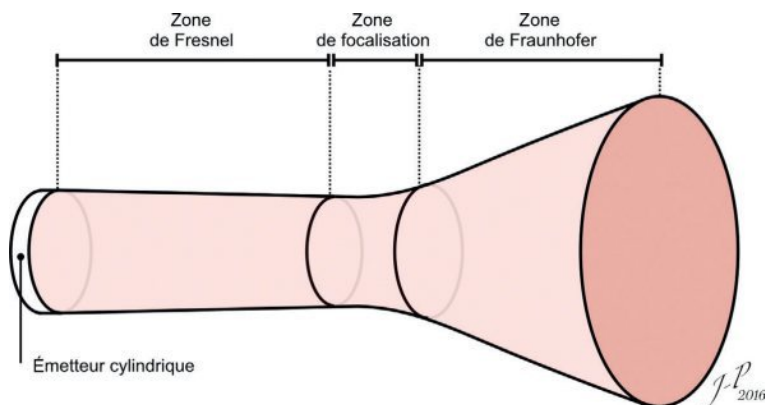


Fig. 1.9 Profil d'un faisceau ultrasonore.

- une zone éloignée de dispersion « de Fraunhofer » d'allure conique. L'énergie n'est plus concentrée en un point, les échos correspondant à cette zone auront une amplitude plus faible;
- c'est à la jonction de ces deux zones que l'on trouve la zone de focalisation. C'est ici que l'image échographique sera la plus riche en détails car les échos générés dans cette zone auront une amplitude plus grande (moins d'interférences et peu de divergence).

Principes de focalisation électronique

Des sondes échographiques constituées de plusieurs transducteurs alignés et configurés en **réseau phasé** ont la possibilité de modifier la distance de focalisation à l'aide d'une électronique dite de focalisation.

Focalisation électronique à l'émission

L'électronique de focalisation génère des retards d'excitations croissants des éléments périphériques vers les éléments centraux (fig. 1.10a et b). L'émission acoustique se dirige alors vers une zone focale. La distance focale dépend des retards générés entre les impulsions. Plus ces retards sont élevés, plus la zone focale se rapproche de la sonde et inversement. Cependant, modifier la focale a un impact sur la fréquence (ou cadence) d'acquisition (nombre d'images par seconde); en effet, plus la focale est profonde, plus la cadence d'acquisition diminue. Ainsi les sondes actuelles proposent à l'émission une focale fixe. Il sera cependant possible de modifier la profondeur de la focale à l'aide d'une focalisation de réception.

Focalisation électronique à la réception

Il est possible, lors de la réception, de produire des images ayant des origines focales différentes. Alors qu'à l'émission le point focal est fixe au centre du champ à explorer, à la réception, en revanche, le point focal pourra être adapté en temps réel. Pour ce faire, on implémente des retards lors de la réception des fronts d'ondes. Les fronts d'ondes les plus précoces (correspondant aux structures superficielles) subiront des retards plus importants que les fronts d'ondes tardifs (structures profondes) (fig. 1.10c) : on parle alors de *focalisation dynamique* ou de *focalisation de poursuite à la réception*. Une focalisation dynamique satisfaisante peut être obtenue en se contentant de 3 à 5 focales. Cette technique a l'avantage de ne pas limiter la fréquence d'acquisition (images/seconde). L'intérêt de cette technique est de faire en sorte d'atteindre une résolution spatiale élevée sur la profondeur la plus étendue possible (zone de focalisation dynamique).

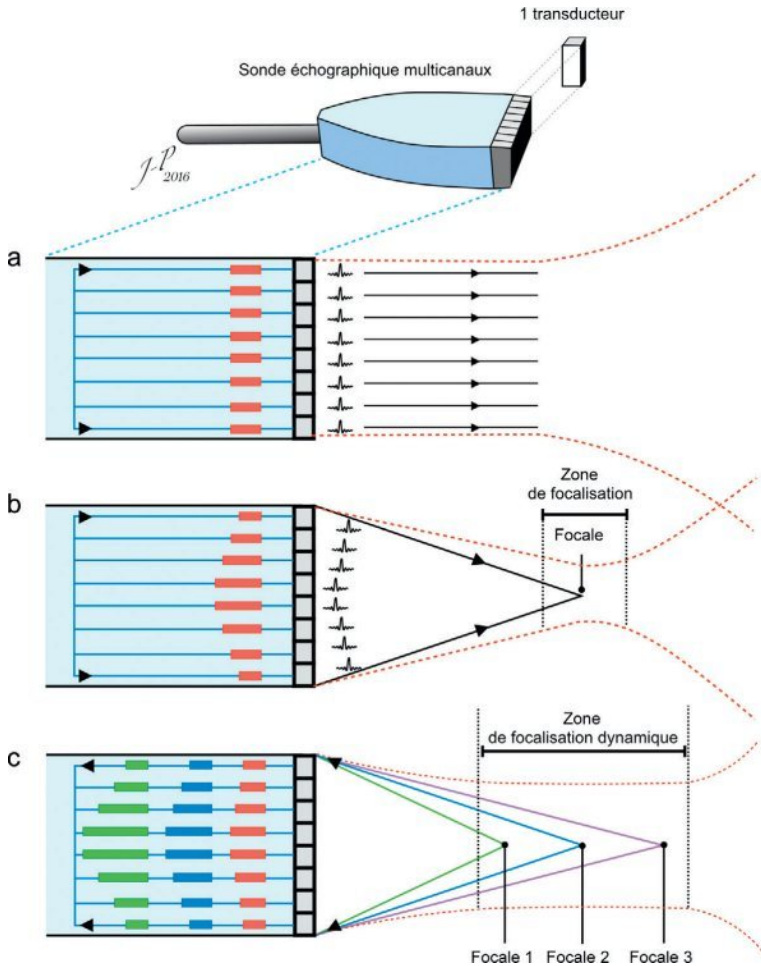


Fig. 1.10 Émission sans focalisation électronique (a), exploitation d'une focalisation électronique à l'émission (b), mise en place de focalisations dynamiques à la réception (c).

Orientation électronique du faisceau ultrasonore

Le faisceau ultrasonore peut être dirigé latéralement grâce à la mise en place de retards au niveau des impulsions. Plusieurs angles de balayage sont ainsi possibles. L'utilisation cyclique d'angulations différentes permet ainsi d'augmenter la couverture latérale de la sonde. Ce principe peut également être exploité pour générer une imagerie de combinaison (*cf. infra* et *fig. 1.31b*).

Points essentiels

- **Effet piézoélectrique** : variations de tension électrique \Leftrightarrow variations d'épaisseurs du matériau (réciprocité).
- Éléments constituant une sonde échographique :
 - transducteur piézoélectrique : émission et réception;
 - amortisseur : détermination de la bande passante d'émission;
 - couche de contact : isolation électrique avec la peau du patient.
- Faisceau ultrasonore :
 - zone de turbulence (proximale) : signaux hétérogènes;
 - zone utile (= étude optimale) liée à la fréquence et à la forme de la sonde;
 - zone de dispersion (distale) : perte de signal et de résolution.
- **Focalisation électronique du faisceau** : sert à optimiser la qualité de l'image à une profondeur donnée. Possible à l'émission comme à la réception à l'aide de retards temporels.
- **Orienta-tion électronique du faisceau** : augmentation de la couverture de la sonde. Exploite des retards temporels lors des impulsions.

Formation de l'image

Généralités

Les échos provenant des différentes lignes du balayage qui composent le plan de coupe viennent à la sonde et subissent une succession d'opérations. Le signal échographique est premièrement transmis sous *forme électrique* (par effet piézoélectrique) avant d'être représenté sous forme d'image en niveaux de gris.

Pour passer d'un signal électrique à une image, plusieurs opérations sont nécessaires :

- *amplification* des signaux électriques;
- numérisation et traitement informatique.

Amplification

Différents types d'amplification sont nécessaires à l'étude du signal échographique. On distingue principalement deux types d'amplification :

- *l'amplification globale* des échos qui induit un *gain* de signal;
- *l'amplification en profondeur* (cf. fig. 1.6c et 1.11). L'atténuation des échos varie avec la profondeur et les tissus rencontrés. Plus les échos proviennent de structures profondes, moins leur intensité est élevée, plus il faut les amplifier. On adapte donc le niveau d'amplification à chaque profondeur, on parle ainsi de *gain en profondeur* ou de *Time Gain Compensation* (TGC).

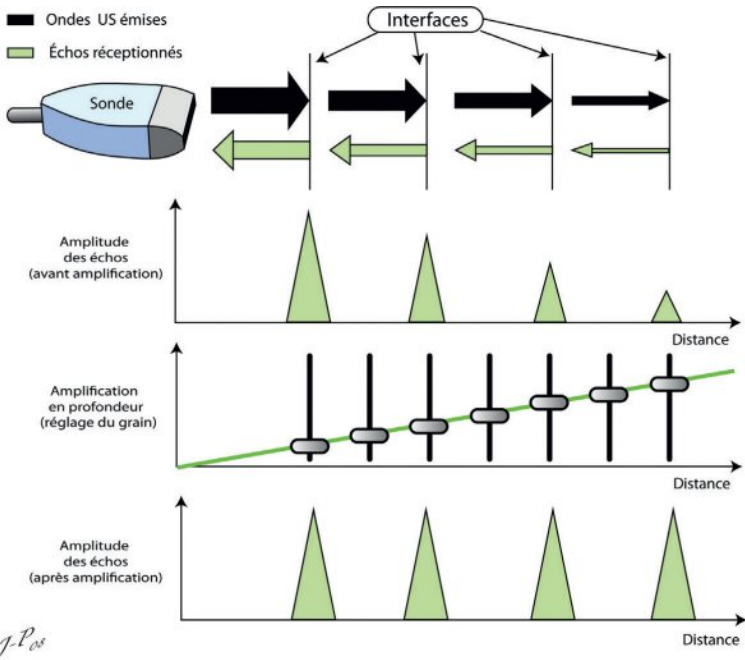


Fig. 1.11 Principe de l'amplification en profondeur (*Time Gain Compensation* : TGC).

Modes de balayage

Tous les appareils actuels sont fondés sur le principe de *l'écho pulsé*. L'onde ultrasonore n'est pas envoyée en continu, mais sous forme de « *paquets d'ondes* » (= *salves*), laissant des temps morts utiles au recueil des échos.

Les échos recueillis, la construction de l'image échographique se fait selon *différents modes* (A, TM, B, TR, etc.).

Mode A : amplitude

Ce mode retranscrit, sous forme d'un signal électrique, chaque écho dans la direction du faisceau ultrasonore. Le tracé A est donc formé d'une *succession de pics* représentant les différents échos en profondeur. L'amplitude des pics est proportionnelle à l'intensité des échos (fig. 1.12). Ce mode n'a que peu d'intérêt diagnostique : il est principalement utilisé en phase de calibration pour contrôler le bon *réglage des appareils* (p. ex. adressage temporo-spatial).

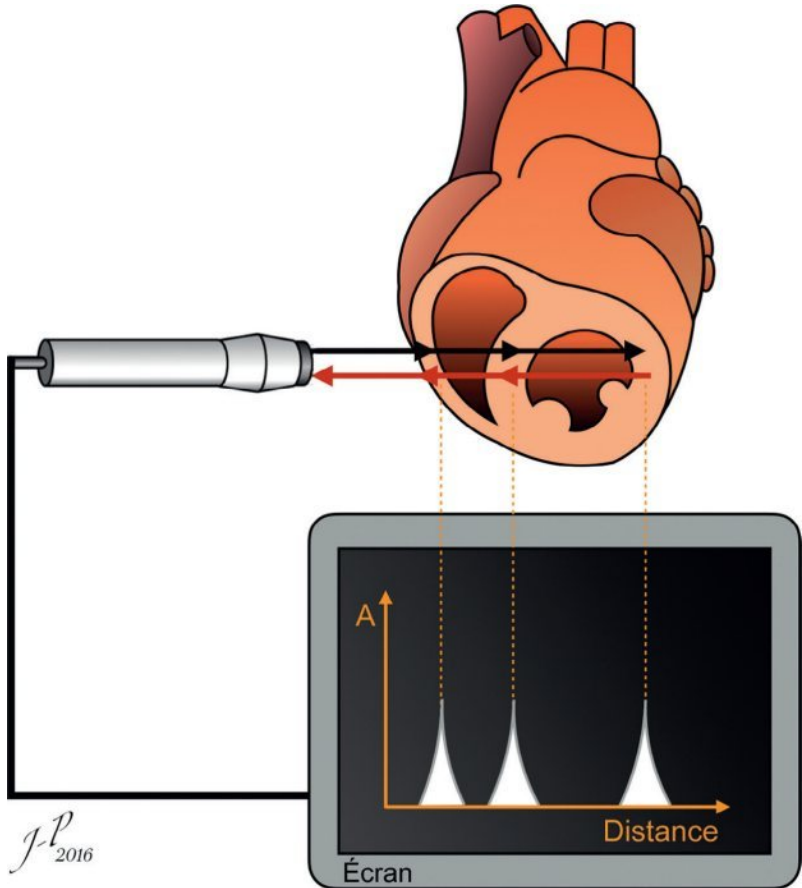


Fig. 1.12 Principe de mode A.

Mode TM : temps mouvement (*time motion*)

Les informations obtenues le long de l'axe d'émission sont, dans ce mode, étudiées en fonction du temps. Ainsi les structures mobiles sont représentées par des courbes et les structures immobiles par des droites (fig. 1.13). Ce mode est particulièrement utilisé en cardiologie.

Mode B : brillance (*brightness*)

Chaque pic du tracé A est remplacé par un point plus ou moins brillant. Le déplacement de la sonde sur la peau du patient permet d'enregistrer la structure échographique des tissus traversés dans le plan du faisceau ; il s'agit d'une échotomographie. L'image de la répartition des échos obtenue dans le plan de balayage de la sonde

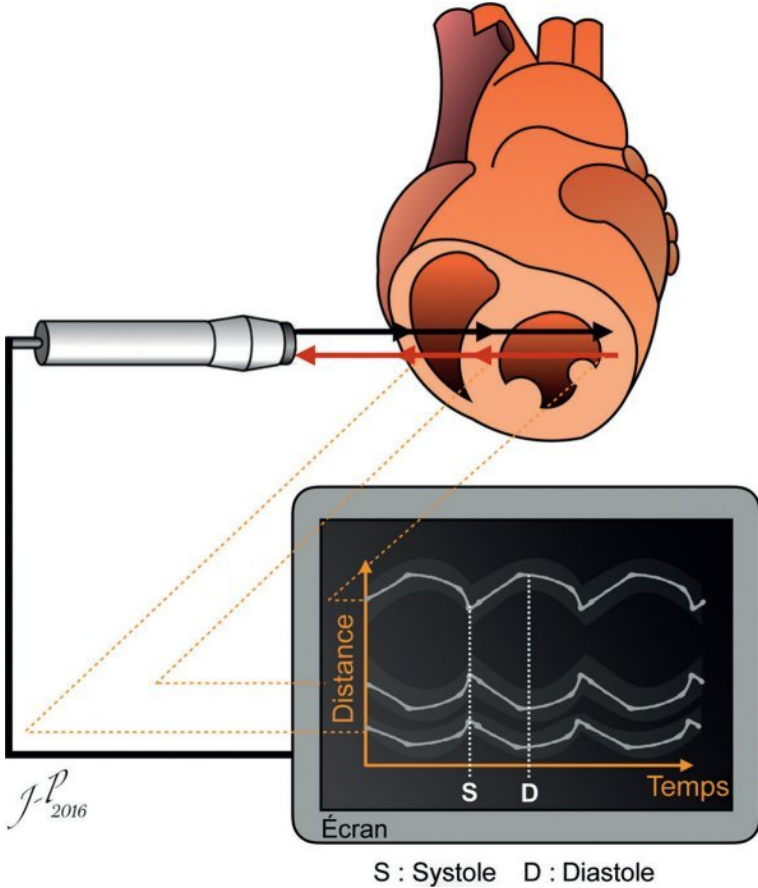


Fig. 1.13 Principe de mode TM.

est stockée dans une mémoire informatique et apparaît sur l'écran comme une *juxtaposition de petits points plus ou moins brillants* (fig. 1.14). La sonde étant déplacée manuellement, la qualité de l'image dépend de la précision du geste de l'opérateur. Ce mode n'est plus utilisé depuis l'arrivée du mode temps réel.

Mode TR : temps réel

Le mode temps réel est le **mode utilisé actuellement**. Il permet l'acquisition de *données morphologiques et dynamiques* (fig. 1.15) :

Différents types de sondes permettent le mode TR :

- les *sondes mécaniques* (ancien) à système rotatif et à miroir oscillant ;
- les *sondes électroniques* (actuelles) constituées d'un alignement (barrette) d'éléments piézoélectriques de petite taille (64 à 512 éléments).

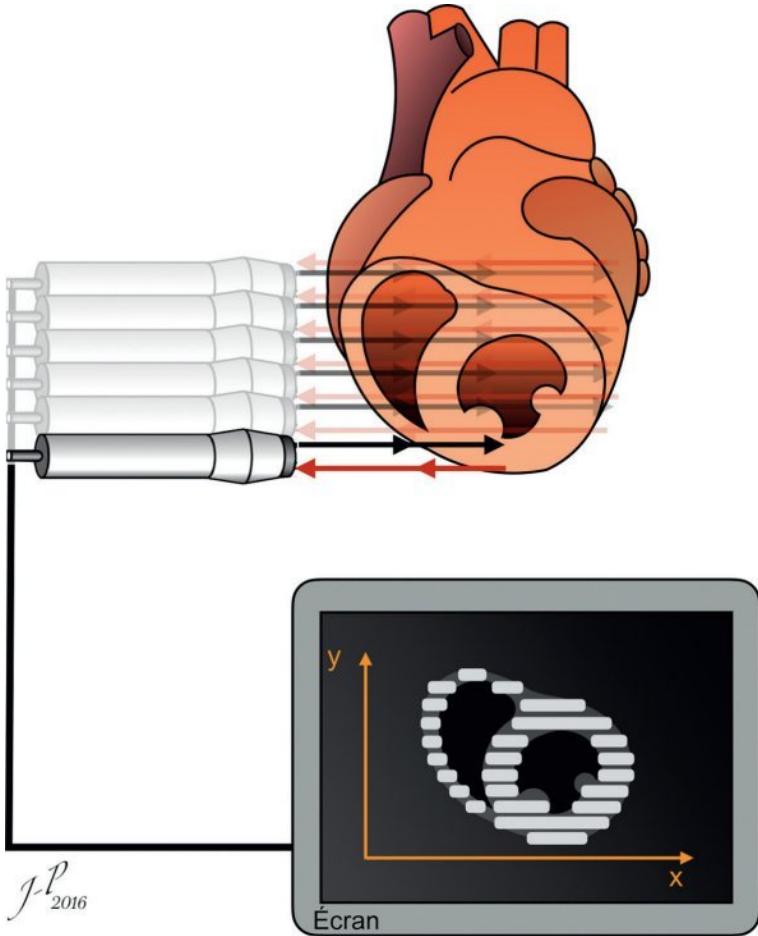


Fig. 1.14 Principe de mode B.

Types de sondes électroniques

On distingue deux types de sondes électroniques : celles en réseau linéaire et celles en réseau phasé.

Sondes en réseau linéaire

Les impulsions US ne sont pas simultanées. Chaque élément (ou groupe d'éléments) émet selon un *balayage automatique et cyclique*; un *cycle complet* donne une coupe; si la fréquence des cycles est suffisante, on obtient une *étude dynamique* en coupe de la région explorée. Ce sont souvent des sondes

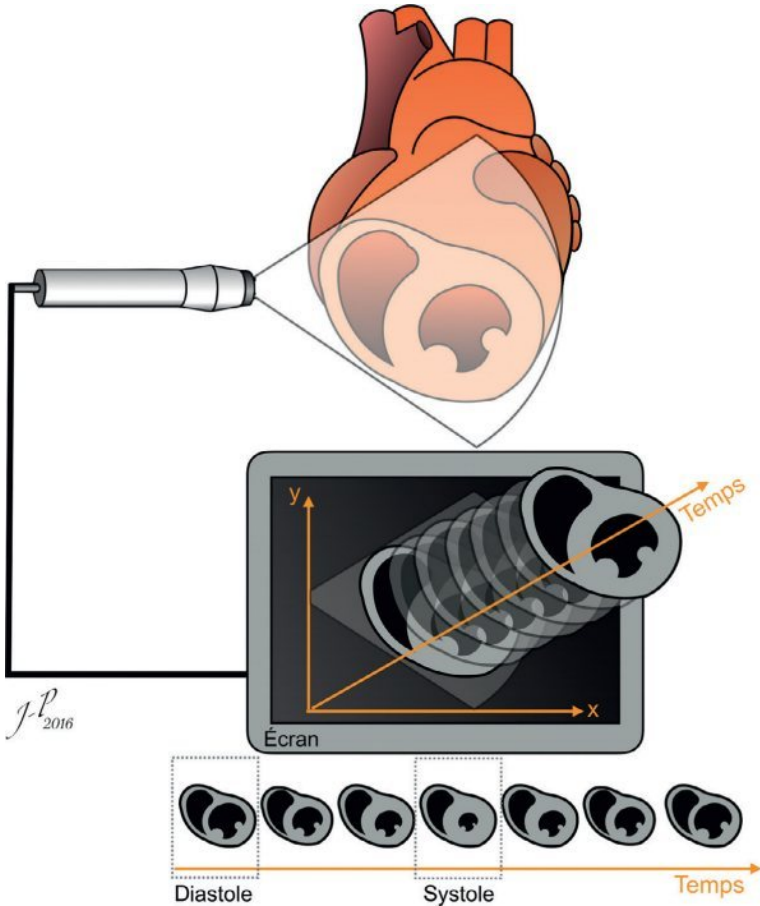


Fig. 1.15 Principe de mode TR.

« larges » avec un nombre élevé d'éléments (256 à 512). Ce type de sonde peut présenter une surface plane ou courbée.

Les sondes « plates » proposent des champs de vues (FOV) rectangulaires. Elles sont utilisées pour réaliser des images de structures ou de vaisseaux superficiels ($f > 4$ MHz), donc fréquemment en imagerie musculosquelettique (fig. 1.16a). Les sondes incurvées (convexes) proposent des FOV larges et divergents. Elles sont utilisées pour les explorations abdominales et obstétricales ($f < 2,5-3,5$ MHz) (fig. 1.16b).

Sondes en réseau phasé

Les impulsions US sont simultanées (ou avec des décalages choisis). Ces émissions se réalisent de manière rapprochée pour obtenir une acquisition dynamique.

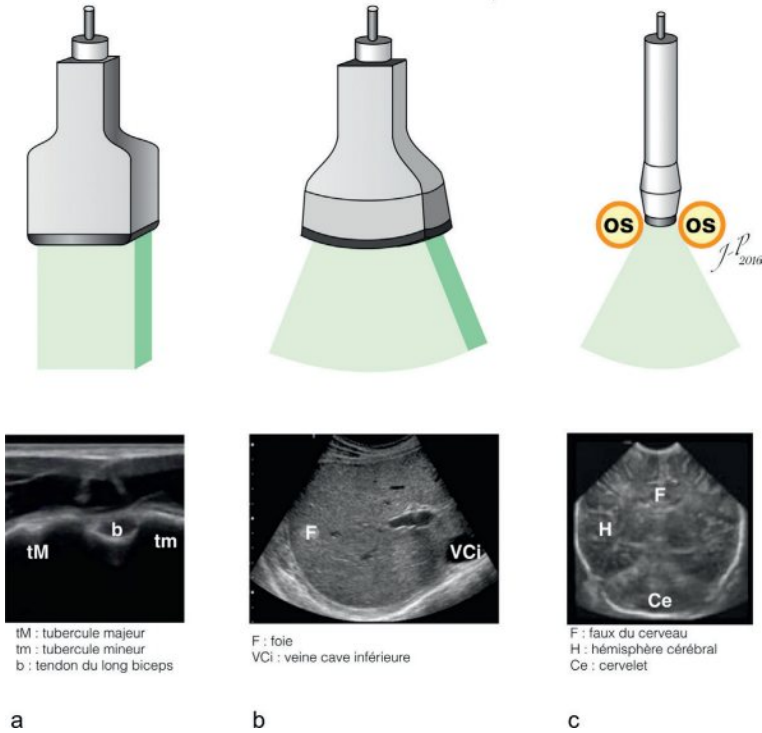


Fig. 1.16 Types de sondes échographiques.

a. Sonde plate à balayage linéaire permettant un champ d'exploration rectangulaire.
b. Sonde courbe à balayage linéaire permettant un champ d'exploration sectoriel.
c. Sonde en réseau phasé permettant un champ d'exploration sectoriel. L'intérêt est dans ce cas est d'utiliser une source de taille limitée permettant d'émettre entre 2 structures osseuses et de bénéficier d'un champ de vue sectoriel.

Ces sondes possèdent l'avantage de pouvoir réaliser des focalisations électroniques laissant accès à différentes focales et permettant des angles de tir obliques (*cf. supra*). Ces sondes présentent des dimensions limitées et comprennent 64 à 128 éléments mais fournissent un faisceau fortement divergent, ce qui permet des explorations à FOV larges. L'intérêt de ces sondes est de pouvoir émettre dans un intervalle osseux (p. ex. entre deux côtes, au travers d'une fontanelle), ce qui facilite les explorations cardiaques et transcâniennes (pédiatrie) (*fig. 1.16c*).

Ces sondes électroniques peuvent aussi avoir une *configuration annulaire* qui permet de réaliser des coupes à partir d'une cavité du patient. Parmi les voies et les études endocavitaires, on retrouve (*fig. 1.17*) :

- la voie *endovaginale* pour l'étude du contenu utérin;
- la voie *transrectale* pour l'étude de la prostate;

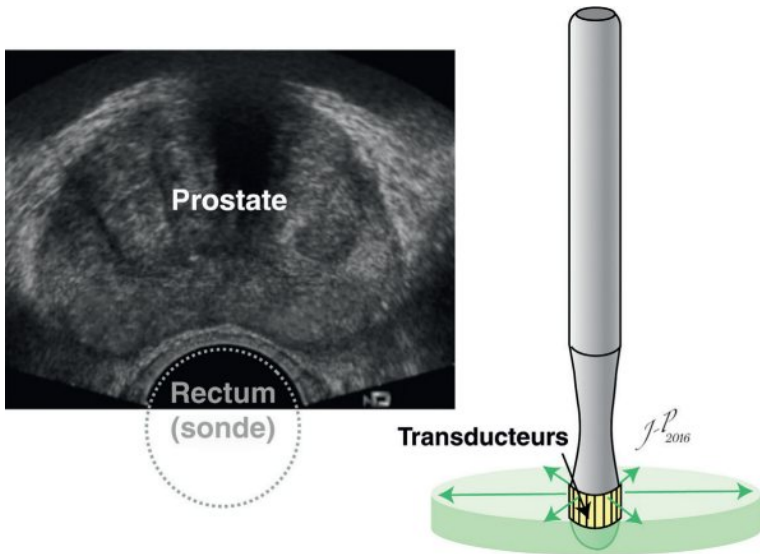


Fig. 1.17 Exemple de sonde à configuration annulaire exploitée par voie endorectale pour l'étude de la prostate.

- la voie *transœsophagienne* pour l'étude cardiaque;
- la voie intravasculaire (rare) pour l'étude de la paroi des vaisseaux.

Modes 3D et 4D

L'échographie 3D a vu le jour au début des années 2000. Elle conduit à l'acquisition de tout un *volume*, ce qui permet d'obtenir directement une visualisation des *trois plans de l'espace* et d'y effectuer des techniques de *post-traitement* (3D de surface). Les premières acquisitions 3D consistaient en un *balayage manuel* de la zone explorée avec une sonde multi-éléments. Cette acquisition est aujourd'hui dépassée par des sondes plus performantes qui permettent l'acquisition du *volume en temps réel* (4D). Dans ce cas, deux technologies existent (fig. 1.18) :

- les sondes 2D à balayage mécanique du volume (balayage rotationnel ou pyramidal);
- les *sondes matricielles* où les éléments piézoélectriques ne sont plus alignés sous forme de barrettes, mais sous forme d'une matrice carrée. L'inconvénient de cette technologie réside dans la cadence limitée des images (25 images/seconde).

Chaîne de formation de l'image échographique

D'un point de vue technologique, la chaîne de formation de l'image échographique met en jeu un certain nombre de composants (fig. 1.19) : une unité de formation de faisceau (*beam former*), un émetteur d'impulsions (*pulser*),

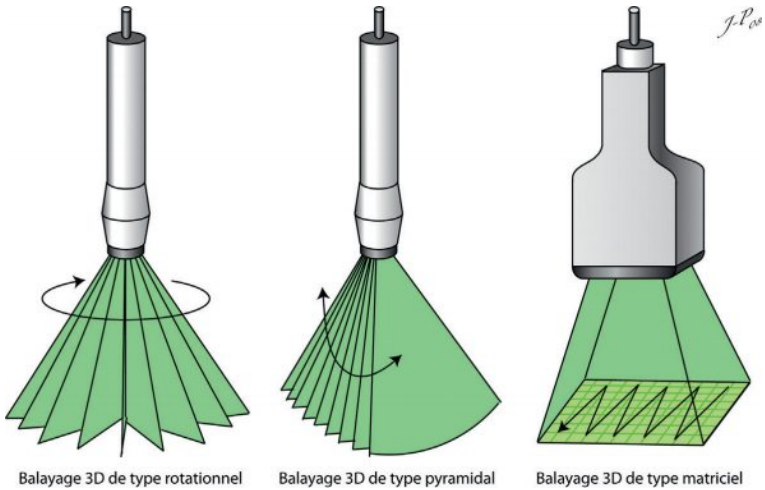


Fig. 1.18 Différents principes de balayage permettant une acquisition volumique.

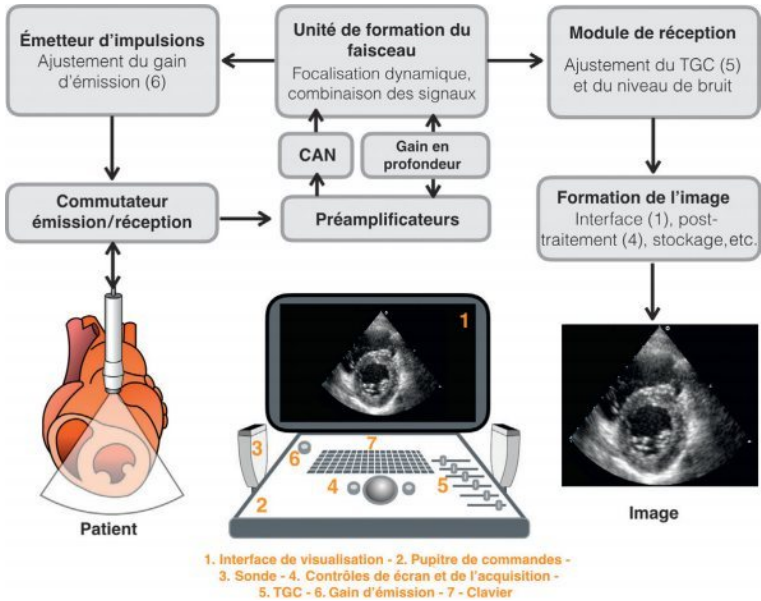


Fig. 1.19 Schéma synoptique des éléments de la chaîne de formation de l'image échographique.

des commutateurs d'émission et de réception (*transmit/receive switch*), des pré-amplificateurs, des convertisseurs analogiques numériques, un module de réception, etc.

Unité de formation de faisceau(x)

Elle est chargée de générer les retards électroniques pour les différents transducteurs de la matrice afin d'agir sur la forme du faisceau émis (focalisation, direction, ouverture, etc.) et de gérer, lors de la réception, les délais temporels agissant sur la focalisation dynamique de réception (*cf. supra* Forme du faisceau ultrasonore). Cette unité contrôle également les commutateurs d'émission et de réception (*transmit/receive switch*), ainsi que la pré-amplification globale et l'amplification en profondeur (*Time Gain Compensation* : TGC).

Émetteur d'impulsions (*pulser* ou *transmitter*)

Il fournit la tension électrique pour exciter les éléments piézoélectriques du transducteur, et commande ainsi la puissance de l'émission en fonction de l'ajustement de la tension appliquée. Ce paramètre peut être accessible à l'utilisateur, on parle de réglage du gain à l'émission (*transmit gain*). Plus la puissance d'émission est importante, meilleur sera le rapport signal sur bruit de l'image finale. Cependant une augmentation de puissance génère davantage de dépôt d'énergie dans le patient ; ainsi, pour des raisons de sécurité, les réglages proposés en imagerie obstétricale sont réduits afin de limiter le dépôt d'énergie au niveau du fœtus. Ce dépôt d'énergie est généralement exprimé par unité de surface (W/cm^2). Des indicateurs thermiques sont fournis par l'appareil. L'indice thermique correspond au rapport entre la puissance acoustique produite par le transducteur et la puissance nécessaire pour élever de $1^\circ C$ la température tissulaire dans la zone du faisceau. Cet indice est estimé à partir d'algorithmes qui tiennent compte de la fréquence des ultrasons, de la région explorée et de la puissance acoustique à la sortie du transducteur. Le nombre d'impulsions générées par seconde correspond à la fréquence de répétition des impulsions (PRF : *Pulse Repetition Frequency*). Elle est généralement comprise entre 2 000 et 5 000 Hz.

Commutateur d'émission et de réception (*transmit/receive switch*)

Il est synchronisé avec le générateur d'impulsions et isole la tension d'émission (≈ 150 V) de la tension générée lors de la réception des échos (≈ 1 à $2 \mu V$). Le commutateur est réglé de manière détecter la tension réceptionnée (1 à $2 \mu V$) entre 2 impulsions d'émission, on parle alors de période de répétition

des impulsions (PRP : *Pulse Repetition Period*) qui est l'inverse de la PRF. Plus la PRF est élevée et plus la PRP est courte, ce qui limite la profondeur d'exploration du fait que les échos en provenance d'interfaces profondes ne pourront pas atteindre la sonde durant la PRP. Cette portée maximale (en cm) correspond au produit de la vitesse du son dans la matière par PRP/2 (distance aller-retour/2).



Exemple

Une PRP de 250 μs correspond à une PRF de 4 kHz, ce qui limite la profondeur d'exploration à 19,3 cm (en considérant un vitesse ultrasonore de 1540 m/s).

Pré-amplification et conversion analogique numérique (CAN)

Dans les sondes multi-éléments, chaque transducteur génère une tension faible (1 à 2 μV) proportionnelle à la pression acoustique des échos réceptionnés. Une pré-amplification initiale augmente les tensions détectées à des valeurs de signal exploitables. Cette amplification globale est associée à une amplification de profondeur fixe qui vise à compenser l'atténuation exponentielle des échos selon la distance parcourue. Cette amplification en profondeur pourra encore être affinée manuellement par l'utilisateur (cf. *infra* [Module de réception](#)). Actuellement, chaque élément piézoélectrique est associé à un couple pré-amplificateur-CAN propre. La fréquence d'échantillonnage des CAN exploités est de l'ordre de 20–40 MHz pour des profondeurs de 8 à 12 bits.

Direction de faisceau, focalisation dynamique et combinaison de signaux

La réception des échos comprend des retards électroniques afin de pouvoir réaliser des focalisations dynamiques à la réception (ce qui correspond à des « mises au point » rétrospectives) (cf. *supra* Mode B : brillance [brightness]).

Module de réception

Il accepte les données qui lui sont transmises pendant la PRP. Cela représente l'ensemble des échos réceptionnés au cours du temps, donc selon une profondeur. Les signaux sont ensuite traités en suivant différentes étapes :

- adaptation du gain en profondeur. L'utilisateur peut régler manuellement le gain en profondeur (TGC) des échos afin d'optimiser le réglage fixe proposé lors de l'étape initiale d'amplification en profondeur (cf. *supra* [Pré-amplification et](#)

conversion analogique numérique [CAN]). Ce réglage est réalisé directement sur le pupitre de l'échographe par l'intermédiaire de potentiomètres réglables correspondant à une profondeur donnée (cf. fig. 1.12 et 1.21);

■ réglage fréquentiel dynamique. Ce réglage peut être utilisé uniquement pour les sondes échographiques à bande passante d'émission large. Il est alors possible de choisir d'amplifier les fréquences réceptionnées les plus élevées lorsqu'on souhaite étudier une région proche de la sonde, ou au contraire amplifier davantage les fréquences les plus basses pour une étude en profondeur;

■ seuillage du bruit. Il est possible de déterminer un seuil minimal d'amplitudes de signal autorisées à passer l'étape de numérisation. Cette opération permet de supprimer une quantité importante de bruit (issu d'échos dispersés, ou en provenance de la chaîne électronique) et par conséquent d'améliorer le rapport S/B de l'image final. Un seuil trop élevé risque cependant de masquer certains détails;

■ adaptation de la dynamique. Le système propose une adaptation de la chaîne d'amplification afin d'éviter l'atteinte des plages de saturation. La dynamique des signaux exploités doit se situer aux alentours de 20 à 30 dB pour satisfaire la dynamique d'affichage de l'échographe.

Prise en main de l'appareil

- Choix d'une sonde de fréquence adaptée à l'examen pratiqué.
- Utilisation d'un gel de contact entre la sonde et la peau pour assurer une bonne transmission des ultrasons.
- Réception, traitement et affichage des données échographiques en temps réel à l'écran.
- Réglage de la focalisation en profondeur (en mm).
- Réglage de la puissance d'émission (en dB).
- Réglage du gain global (en dB) agissant de façon identique à toutes les profondeurs.
- Réglage de la pente de gain qui fixe l'accroissement du niveau de l'amplification en fonction de la profondeur et qui compense l'effet de l'atténuation.
- Post-traitements sur l'image : fenêtrage, zoom régional, renforcement de contours, mesure de distance ou de surface.
- Enregistrement des images ou boucles cinétiques de référence.
- Transfert sur réseau radiologique (*Picture Archiving and Communication System* : PACS) et/ou impression.

Points essentiels

- **Amplification en profondeur** : amplification qui compense l'atténuation en profondeur du faisceau afin d'obtenir une image homogène.
- Modes échographiques :
 - mode A (amplitude) : ancien, calibration des appareils (temps/distance);
 - mode TM (temps mouvement) : exploité en échographie cardiaque;
 - mode B (brillance) : tomographie figée;
 - mode TR (temps réel) : tomographie (B) dynamique (45 images/seconde), utilise actuellement des sondes électroniques;
 - mode 3D/4D : acquisition d'un volume (3D) au cours du temps (4D).
- Éléments de la chaîne de formation de l'image :
 - unité de formation de faisceau : génère les retards électroniques afin d'agir sur la forme du faisceau émis (focalisation, direction, ouverture, etc.);
 - émetteur d'impulsions : commande la puissance d'émission et la PRF;
 - commutateur : synchronise émission et réception;
 - pré-amplification : $\mu V \Rightarrow V$;
 - module de réception : commande TGC, niveau de bruit, dynamique.
- Paramètres accessibles :
 - profondeur de focalisation;
 - fréquence de répétition des impulsions (PRF);
 - puissance d'émission;
 - gain global;
 - gain en profondeur (TGC);
 - post-traitements (fenêtrage en distances, volumes, etc.).

Critères de qualité d'une image échographique

Les différentes résolutions

On distinguera ici les résolutions spatiales et la résolution temporelle.

Résolution spatiale (RS)

Elle correspond à la faculté qu'a un système échographique à *distinguer deux cibles rapprochées*, c'est-à-dire son pouvoir de discrimination spatiale. La résolution spatiale doit être évaluée dans les 3 directions de l'espace (fig. 1.20). On distingue alors :

- la résolution axiale;
- la résolution latérale;
- la **résolution verticale** (épaisseur de coupe).

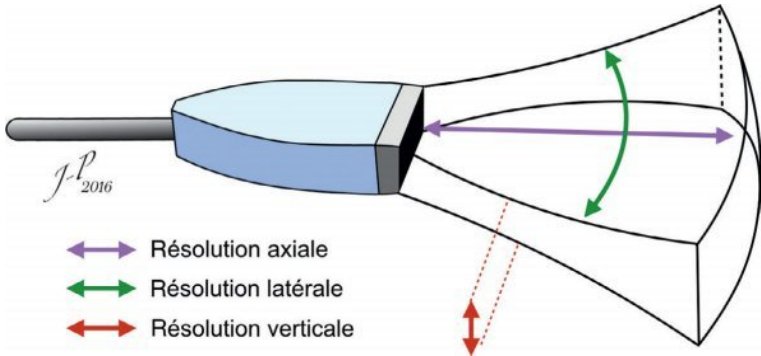


Fig. 1.20 Différents axes d'analyse de la résolution spatiale en échographie.

Résolution axiale

Elle correspond à la capacité qu'a la sonde à distinguer deux objets proches le long de l'axe du faisceau US. Pour cela, il faut que les échos qui retournent vers la sonde ne soient pas superposés. Cette résolution est limitée par la durée de l'impulsion et par la longueur d'onde du faisceau ultrasonore. On peut ainsi décrire la **longueur de l'impulsion** (SPL : *Spatial Pulse Length*) qui correspond au produit entre la longueur d'onde et le nombre de cycles par impulsion. Ainsi plus l'écho est « court », meilleur sera la résolution axiale. On définit la résolution axiale maximale comme étant égale à la moitié de la SPL. Les objets espacés d'une demi-SPL ne pourront être séparés.



Application numérique

Calcul de la plus petite distance pouvant séparer 2 échos avec une sonde émettant dans un muscle à 5 MHz et proposant des impulsions à 3 cycles :

- $c_{\text{muscle}} = 1580 \text{ m/s}$
- $\lambda = 0,31 \text{ mm}$
- $\text{SPL} = 3 \times 0,31 \text{ mm} = 0,93 \text{ mm}$

Distance minimale (RS axiale = $\frac{1}{2}$ SPL) = 0,47 mm

Résolution latérale

Elle correspond à la capacité qu'a la sonde à distinguer deux objets proches placés perpendiculairement à l'axe du faisceau US. Cette résolution n'est pas homogène dans le plan de coupe, elle dépend de plusieurs paramètres :

- la largeur des éléments unitaires de la sonde : plus ces éléments sont fins, meilleure sera la RS latérale ;
- l'éloignement par rapport à la sonde. La résolution latérale est la plus élevée dans la zone de focalisation, et se dégrade fortement au fur et à mesure que le faisceau diverge (zone de Fraunhofer).

Ainsi, pour une sonde donnée, plus la zone de focalisation est étroite, meilleure sera la RS latérale. Les sondes en réseau phasé permettant une focalisation dynamique (cf. fig. 1.10c) proposent une zone focale allongée, ce qui est en faveur de la RS latérale.

Résolution verticale

L'épaisseur de coupe n'est pas la même dans toute la coupe, elle dépend principalement de la distance par rapport à la source. Plus la coupe est fine, plus il sera possible de distinguer des objets proches « empilés » verticalement, on peut alors parler de résolution verticale. Cette résolution dépend :

- de la hauteur des éléments unitaires de la sonde : plus leur hauteur est fine, meilleure sera la RS verticale;
- de l'éloignement par rapport à la sonde. La résolution verticale est optimale dans la zone de focalisation, et se dégrade fortement dans la zone de Fraunhofer. En effet, dans cette zone, des objets proches situés sur un même axe vertical sont noyés dans l'épaisseur de coupe et confondus par effet de volume partiel.

Ainsi, pour une sonde donnée, la RS verticale est la plus élevée dans la zone de focalisation. Aussi, les sondes récentes à configuration matricielle (cf. fig. 1.18) permettent d'appliquer le principe de la focalisation dynamique sur l'axe vertical, ce qui est en faveur d'une augmentation de la RS verticale. Malheureusement, les sondes matricielles proposent une fréquence d'acquisition moindre (images/seconde).

Résolution temporelle

Elle est définie par le nombre d'images acquises par seconde. Cette cadence dépend :

- du nombre d'éléments unitaires exploités par coupe : plus ce nombre est important, plus la durée d'un cycle est élevée, plus la cadence image sera limitée;
- de la vitesse de propagation des échos qui est fixe (1 500 m/s en moyenne);
- de la profondeur d'exploration : plus l'exploration est profonde, plus la distance parcourue par l'écho est élevée (profondeur $\times 2$), plus faible sera la résolution temporelle;
- du nombre de focales lors d'une acquisition en focalisation dynamique (sonde en réseau phasé). Plus ce nombre augmente, plus la cadence-image diminue.

La cadence-image peut atteindre 45 images/seconde en mode 2D et 25 images/seconde pour les sondes matricielles (3D).

Échogénicité

Elle correspond à l'intensité d'une structure sur l'image échographique reconstruite, elle s'estime par rapport au parenchyme voisin (cf. fig. 1.21a). Elle dépend principalement des interactions de diffusion de chaque tissu.

Échogène signifie : « qui génère des échos » :

- une structure *hyperéchogène* apparaît « blanche » ou « brillante » sur l'image;
- une structure *anééchogène* apparaît « noire » sur l'image;
- une structure « échogène » est plus ou moins « grise ».

Les structures *liquidiennes* (sang, bile, urine, épanchement, kystes, etc.) sont *anéchoïques* (noires).

Les organes pleins sont *échogènes* (gris).

La graisse présente deux aspects : elle est hyperéchogène autour des organes et hypoéchogène au niveau sous-cutané, mammaire ou du hile hépatique.

L'os et l'air, au regard des interfaces qu'ils génèrent avec les autres tissus, ne permettent pas une transmission suffisante des échos pour être explorés. Les échos sont alors pour l'essentiel réfléchis, on parle de *miroir acoustique*. L'interface « miroir » est ainsi hyperéchogène.

Principaux artefacts échographiques

Renforcements postérieurs

Ils apparaissent quand la structure est moins atténuante que les tissus voisins ; dans ce cas, les échos émis en arrière de cette structure paraîtront plus intenses (fig. 1.21).

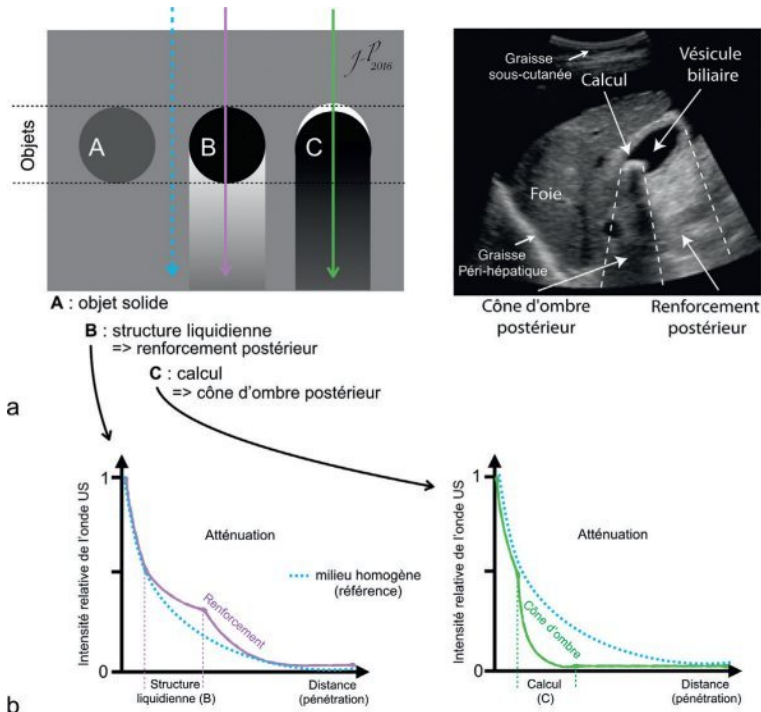


Fig. 1.21 Échogénicités des tissus en échographie (a) et principes d'apparition des cônes d'ombres et des renforcements postérieurs (b).

Cônes d'ombres postérieurs

Ils apparaissent quand les ultrasons rencontrent une structure plus atténuante que les structures voisines; dans ce cas (os, calcifications, air), il n'y a plus d'échos émis en arrière de la structure, d'où la présence d'une zone anéchogène = cône d'ombre (fig. 1.21).

Ombres acoustiques de bord

Elles sont dues à la réflexion marquée ou totale des ultrasons sur des interfaces lisses et inclinées dans un plan parallèle à la direction des ondes ultrasonore émises (fig. 1.22). Elles peuvent être à l'origine d'erreurs diagnostiques (p. ex. micro-lithiases, fausses fistules, etc.).

Artefacts issus des lobes secondaires

Le faisceau principal est supposé être la seule source d'échos, mais les sondes génèrent souvent de multiples lobes latéraux dits secondaires. Un écho réfléchi en provenance d'un lobe secondaire sera interprété comme s'il provenait du faisceau principal. Des structures situées en dehors du faisceau principal viennent alors se superposer au champ de vue primaire (fig. 1.23). Heureusement, ces échos en provenance des lobes secondaires sont de faible intensité et sont par conséquent visibles uniquement au niveau de structures peu échogènes (vessie, kystes, vésicule biliaire, etc.). Un changement d'angle d'abord ou une réduction du gain permettra de faire disparaître ces superpositions.

Artefacts en miroir

Ils apparaissent en présence d'une membrane (interface) réfléchissante dans le trajet du faisceau primaire. Les ondes émises sont réfléchies au niveau de cette interface et rencontrent une autre structure (p. ex. nodule). Les ondes ultrasonores sont à nouveau réfléchies vers l'interface précédente et sont ensuite dirigées vers le transducteur.

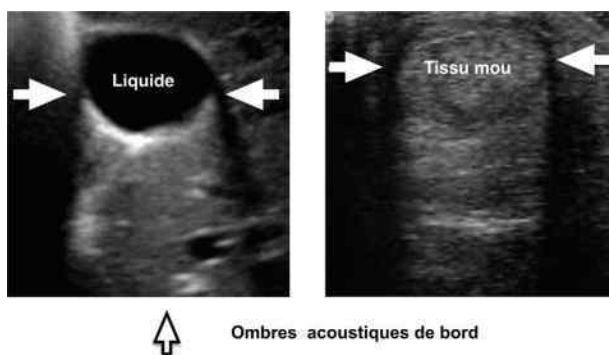


Fig. 1.22 Artefacts d'ombres acoustiques de bord au niveau d'une masse liquidienne et molle.

L'interprétation de la distance à laquelle se situent les échos réfléchis par l'interface est faussée; la structure (p. ex. nodule) réfléchi par l'interface apparaît sur l'image reconstruite en miroir de l'autre côté de la membrane réfléchissante (fig. 1.24).

Échos multiples et réverbération acoustique

Le phénomène d'échos multiples est en général visible en superficie. Il se produit lorsqu'un faisceau ultrasonore rencontre deux interfaces parallèles à forte réflexion. Dans ce cas, les ondes ultrasonores effectuent des « allers et retours » entre ces deux interfaces. Le transducteur réceptionne ainsi en provenance de ces deux interfaces une succession d'échos réfléchis de moins en moins intenses.

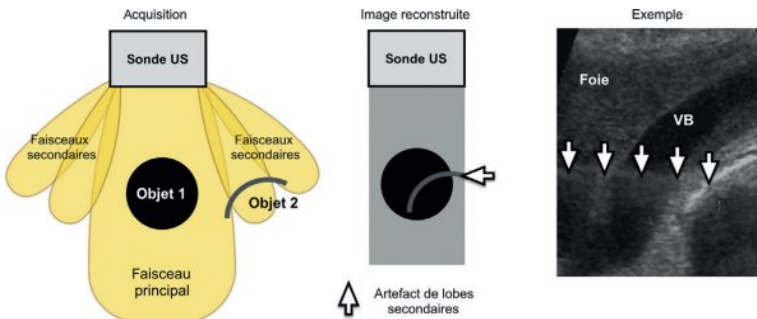


Fig. 1.23 Principe d'apparition et illustrations d'artefacts issus des lobes secondaires. VB : vésicule biliaire.

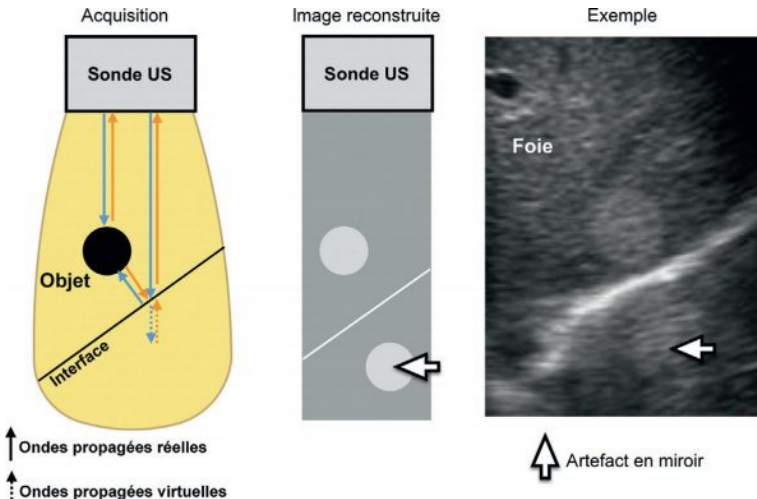


Fig. 1.24 Principe d'apparition et illustrations d'artefacts en miroir.

Cette succession d'échos sera interprétée comme les signaux en provenance de couches plus profondes. Parfois, les échos multiples sont dus à des réverbérations multiples à l'intérieur d'une structure de forte impédance (corps étranger, aiguille de ponction) (fig. 1.25). Dans ce cas, il s'ensuit une série d'échos rapprochés dont l'amplitude décroît rapidement et présentant l'aspect caractéristique de « queue de comète ». Des réverbérations peuvent également se voir en présence de gaz dont l'impédance acoustique est très faible.

Points essentiels

- **Résolution spatiale :**
 - **axiale** : capacité de la sonde à distinguer deux objets proches le long de l'axe du faisceau US. Dépend de la durée de l'impulsion et de la longueur d'onde des ultrasons;
 - **latérale** : capacité de la sonde à distinguer deux objets proches placés perpendiculairement à l'axe du faisceau US. Résolution non homogène dans le plan de coupe, qui dépend de la largeur des éléments unitaires de la sonde. Est maximale dans la zone de focalisation;
 - **verticale = épaisseur de coupe** : résolution non homogène qui dépend de la hauteur des éléments unitaires de la sonde. Est optimale dans la zone de focalisation.
- **Résolution temporelle** : définie par le nombre d'images acquises par seconde (45 i/s en 2D et 35 i/s en 3D) :
 - plus le nombre de transducteurs est important, plus la cadence image sera limitée;
 - plus l'exploration est profonde, plus la distance parcourue par l'écho est élevée (profondeur $\times 2$), plus faible sera la résolution temporelle;
 - En focalisation dynamique augmenter le nombre de focales diminue la cadence-image.
- **Artefacts :**
 - **renforcement postérieur** : zone hyperéchogène dans le prolongement d'une structure peu atténuante (structures liquidiennes);
 - **cône d'ombre postérieur** : zone peu échogène dans le prolongement d'une structure très atténuante (os, air);
 - **ombres acoustiques de bords** : perte d'intensité dans le prolongement du faisceau US lorsqu'il est tangent aux parois de structures;
 - **artefacts de lobes secondaires** : superposition dans le champ d'exploration d'une structure située en dehors du faisceau principal;
 - **artefacts en miroir** : image fantôme d'une structure en miroir d'une interface acoustique à forte réflexion;
 - **échos multiples et réverbération** : se produit quand les ondes ultrasonores effectuent plusieurs « allers et retours » entre ces deux interfaces.

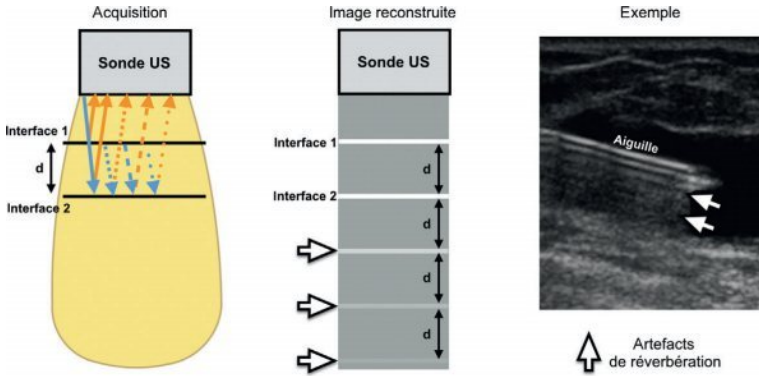


Fig. 1.25 Principe d'apparition et illustrations d'échos multiples.

La présence d'une aiguille dans le champ d'exploration lors de ponctions échoguidées peut être à l'origine d'échos multiples rapprochés, on parle alors de réverbération.

Explorations Doppler (notions)

Principe de base et application médicale de l'effet Doppler

L'effet Doppler fut décrit en 1843 par un physicien autrichien : Christian Doppler (1803–1953).

Principe : « Tout phénomène périodique propagé est perçu par le récepteur à une fréquence de réception différente de sa fréquence d'émission, lorsqu'il existe un déplacement relatif entre l'émetteur et le récepteur. »

L'exemple du passage d'une formule 1 illustre bien ce phénomène. Bien que le moteur émette en réalité le même son (à vitesse constante), ce dernier est perçu différemment par un observateur selon l'état de rapprochement ou d'éloignement du véhicule :

- lorsque le véhicule s'approche de l'observateur, le son du moteur lui paraît plus aigu ;
- lorsque le véhicule s'en éloigne, le son lui paraît plus grave.

Dans l'exemple ci-dessus, l'émetteur est en mouvement et le récepteur est fixe mais la réciproque fonctionne également.

L'effet Doppler s'applique aussi en médecine (fig. 1.26) et permet l'étude du flux sanguin :

- lorsqu'un faisceau ultrasonore émis par une sonde rencontre un organe fixe, la fréquence réfléchiée par cette cible est identique à la fréquence émise ;
- quand la cible se déplace (flux sanguin), la fréquence réfléchiée est différente de la fréquence émise.

La différence entre la fréquence d'émission et la fréquence de réception définit la *fréquence Doppler* qui, dans le cadre d'un flux sanguin, se situe dans un spectre audible.

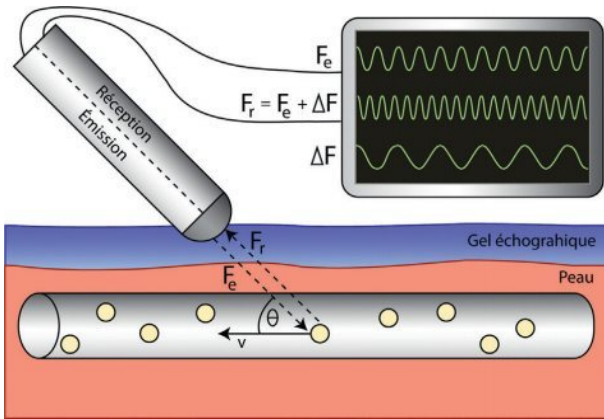


Fig. 1.26 Principe du mode Doppler continu.

La fréquence Doppler dépend de la *vitesse du flux sanguin*, de son *sens* par rapport à l'axe du faisceau ultrasonore. La connaissance de la fréquence Doppler permettra d'estimer la vitesse du flux sanguin.

$$\Delta F = F_r - F_e = (2 F_e v \cos \alpha) / c$$

Avec :

- ΔF = fréquence Doppler;
- F_r = fréquence de réception;
- F_e = fréquence d'émission;
- v = vitesse des éléments circulants (globules rouges, etc.);
- α = angle formé par l'axe du vaisseau et l'axe de faisceau ultrasonore;
- c = célérité des ondes ultrasonores dans le milieu (1540 m/s dans le corps humain).

L'angle d'abord est un paramètre capital :

- pour un *angle de 90°* entre le vaisseau et l'axe de tir, le *signal Doppler est nul* ($\cos 90^\circ = 0$);
- pour un *angle proche de 0°* entre le vaisseau et l'axe de tir, le *signal Doppler est maximal* ($\cos 0^\circ = 1$).

En pratique, pour évaluer précisément la vitesse du flux sanguin, il est important d'*orienter la sonde* de manière à être le plus *parallèle* possible à l'*axe du vaisseau étudié*. À titre d'exemple, une inclinaison de 25° génère une erreur de mesure de la vitesse de l'ordre de 2,5 %. Plus l'angulation est élevée, plus l'erreur de mesure de la vitesse du flux sera élevée.

Les différents modes Doppler

Mode continu

Dans ce mode, le signal ultrasonore est émis en continu, parallèlement à la réception continue du signal Doppler. La sonde est ainsi constituée de deux transducteurs (cf. fig. 1.26) :

- le premier fournit l'émission continue du faisceau ultrasonore ;
- le second assure la réception en continu du signal Doppler.

L'inconvénient de mode réside dans la superposition de signaux Doppler de profondeurs différentes. Il est donc impossible dans cette situation de connaître l'origine (temporelle et spatiale) des signaux, c'est-à-dire des vaisseaux : on ne peut pas faire la différence entre deux vaisseaux. Ce mode peut cependant trouver son intérêt dans l'étude des **vaisseaux superficiels**. En effet, l'opérateur peut dans cette situation évaluer l'axe des vaisseaux et donc adapter la ligne de « tir » au seul vaisseau à étudier.

Mode pulsé (tableau 1.2)

Le mode pulsé utilise un seul transducteur émettant régulièrement des impulsions ultrasonores, puis réceptionnant, dans les intervalles libres, des « échos ou signaux » Doppler (fig. 1.27).

Cette technique permet d'étudier les signaux Doppler correspondant à une profondeur donnée. Pour cela, on sélectionne sur l'image échographique (provenant de la même sonde = duplex écho-Doppler), à l'aide d'un curseur, le vaisseau à

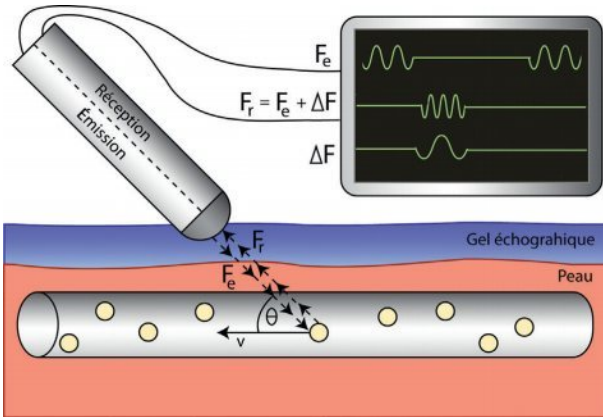


Fig. 1.27 Principe du mode Doppler pulsé.

Tableau 1.2 Avantages et inconvénients du mode Doppler pulsé.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> – Connaissance topographique des signaux Doppler – Identification précise du vaisseau sur une image échographique (positionnement de la fenêtre) – Évaluation au centre du vaisseau 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficulté à étudier les flux très rapides (limite supérieure de la fréquence PRF) – Difficulté d'étude des vaisseaux profonds car une PRF trop basse fausse l'origine spatiale des fréquences Doppler mesurées – Rapport signal/bruit moyen

étudier. Une fois la profondeur du vaisseau connue, on peut déduire la plage temporelle des « signaux Doppler » correspondants. Il suffit alors de ne retenir, pour l'étude Doppler, que les « échos » correspondant à cette plage temporelle : on parle alors de *fenêtre d'intégration* ou fenêtre électronique.

La fréquence de répétition des impulsions ultrasonores (PRF = *Pulse Repetition Frequency*) détermine, comme en échographie, la profondeur d'exploration (fig. 1.28) :

■ une PRF faible allonge la profondeur d'exploration, ce qui permet d'étudier des vaisseaux profonds ;

■ une PRF élevée limite la profondeur d'exploration, ce qui convient à l'étude des vaisseaux superficiels.

Une PRF faible laisse le temps aux échos de revenir à la sonde avant une nouvelle impulsion ; cela permet une étude en profondeur des structures. Une PRF élevée ne permet pas aux échos profonds de revenir à la sonde avant une nouvelle impulsion ; cela entraîne une erreur de localisation spatiale (repliement spatial : une structure profonde sera considérée comme superficielle) ; ainsi une PRF élevée limite la profondeur d'exploration (fig. 1.28).

L'usage d'une PRF faible a pour avantage de permettre l'accès à des vaisseaux profonds, cependant un inconvénient majeur découle de l'usage d'une telle PRF. En effet la valeur de la PRF impacte la vitesse maximale de flux interprétable selon la relation suivante :

$$V_{\max} = \frac{c \times PRF}{4 \times f_0 \times \cos(\theta)}$$

Un repliement fréquentiel (= interprétation d'une haute fréquence en basse fréquence) opère lorsque les fréquences (Δf) du signal échantillonné sont supérieures à la moitié de la PRF, la PRF est ainsi considérée comme la fréquence d'échantillonnage. Ainsi, pour éviter ce phénomène de repliement fréquentiel (*aliasing*), la PRF doit être au moins égale au double de la fréquence Doppler maximale (Δf_{\max}) contenue dans le signal réceptionné. L'étude de flux rapides nécessite l'usage d'une PRF élevée.

$$\Delta f_{\max} = \frac{PRF}{2} = \frac{2 f_0 V_{\max} \cos(\theta)}{c}$$

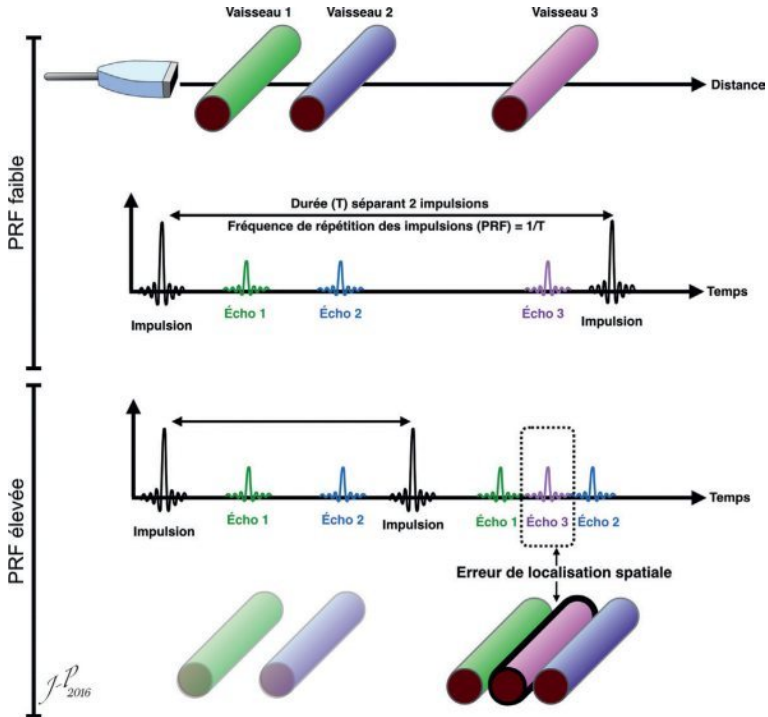


Fig. 1.28 PRF, profondeur d'exploration et erreur de localisation spatiale.

Une PRF faible laisse le temps aux échos de revenir à la sonde avant une nouvelle impulsion; cela permet une étude en profondeur des structures. Une PRF élevée ne permet pas aux échos profonds de revenir à la sonde avant une nouvelle impulsion; cela entraîne une erreur de localisation spatiale (repliement : une structure profonde sera considérée comme superficielle); ainsi une PRF élevée limite la profondeur d'exploration.

Analyse du signal Doppler (fig. 1.29)

Signal auditif

Le signal Doppler peut s'étudier sous forme sonore. Les variations d'intensités sonores au cours du temps correspondent aux variations de vitesse du flux sanguin du vaisseau étudié.

Courbe spectrale

Le tracé spectral représente une *analyse fréquentielle en temps réel* du signal Doppler (abscisses = temps, ordonnées = fréquence Doppler ou vitesse de flux). Cela permet d'évaluer en temps réel la distribution des vitesses contenues dans un vaisseau.

L'aspect du tracé (spectre) permet ainsi d'évaluer le *type d'écoulement* (flux laminaire, perturbé, etc.) présent dans le vaisseau et par conséquent de visualiser

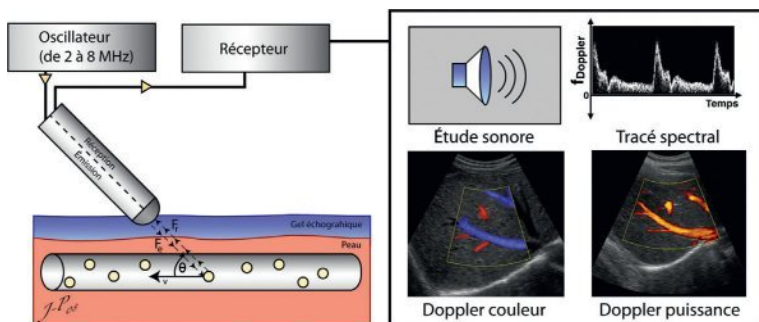


Fig. 1.29 Les principaux modes d'analyse du signal Doppler.

certaines pathologies induisant des modifications de vitesses d'écoulement (rétrécissements vasculaires dus à des plaques d'athérome, etc.).

Par convention, en analyse spectrale :

- les flux qui se rapprochent de la sonde ont une fréquence Doppler positive;
- ceux qui s'en éloignent ont une fréquence Doppler négative.

Analyse spectrale 2D : Doppler couleur fréquentiel

Cette analyse permet de représenter l'analyse spectrale du signal sous forme d'image. Les variations temporelles de vitesse se manifestent sous forme de fluctuation colorimétrique. On parle alors de mode Doppler couleur ou d'imagerie couleur des écoulements.

Par convention, en mode Doppler couleur :

- les flux qui se rapprochent de la sonde sont codés en intensités de rouges (fréquences Doppler positives);
- les flux qui s'éloignent de la sonde sont codés en intensités de bleus (fréquences Doppler négatives).

Cette analyse colorimétrique se superpose à l'image échographique du même plan : on parle alors de « **mode duplex** ». Cependant, un compromis doit se faire entre la qualité de l'image échographique et la précision des mesures Doppler. En effet, une étude échographique de qualité requiert une orientation de l'axe de tir perpendiculaire à la paroi de la structure à étudier, tandis qu'en mode Doppler, l'axe de tir doit être le plus parallèle possible au flux étudié.

Doppler énergie ou Doppler puissance ou mode angiographie

L'imagerie Doppler puissance représente une cartographie en couleur des écoulements, mais que ne tient pas compte du sens et de la vitesse des flux (fréquences Doppler). On perd alors toute notion d'hémodynamique. La puissance Doppler se calcule par l'intégration des spectres Doppler en temps réel en chaque point (pixel). Ce mode analyse la puissance ultrasonore diffusée, qui est codée en intensité de couleur « orange ».

La puissance ultrasonore diffusée dépend :

- de la taille des globules rouges;
- de la concentration du sang en éléments figurés;
- de la fréquence ultrasonore.

Bien que le principal inconvénient de cette méthode soit l'absence du codage des flux, plusieurs avantages la rendent intéressante :

- bonne visualisation de la *lumière vasculaire* des vaisseaux même à flux lents (meilleure sensibilité et meilleure résolution spatiale);
- faible dépendance par rapport à l'angle de tir;
- visualisation de l'ensemble du trajet d'un *vaisseau à trajet sinueux*;
- *absence* de phénomène d'*aliasing* fréquentiel.

Principaux paramètres réglables en pratique

Choix de sonde

Tout comme en échographie, la fréquence d'émission de la sonde doit être adaptée à la région explorée :

- des sondes de 2 à 3 MHz servent à l'étude de *vaisseaux profonds*;
- des sondes de 5 à 13 MHz sont adaptées à l'étude des *vaisseaux superficiels*.

Angle de tir

L'analyse spectrale du signal Doppler requiert une *inclinaison de l'axe* de la sonde *la plus parallèle possible au trajet vasculaire* étudié. Un angle de tir supérieur à 40° ne permet pas une étude suffisamment précise des flux (erreur > 20 %).

Taille de la fenêtre

En mode pulsé, l'étendue de la *fenêtre* doit être *limitée au vaisseau étudié*. On se repère ainsi sur une coupe échographique.

PRF (fréquence de répétition des impulsions)

- Une PRF élevée limite l'étude en profondeur.
- Une PRF faible permet l'étude en profondeur.

Autres réglages (non abordés dans ce chapitre)

D'autres réglages interviennent lors d'une acquisition en mode Doppler. Nous ne les expliquerons pas volontairement pour une première approche.

Parmi ces paramètres réglables on trouve :

- la gamme des vitesses;
- les filtres de parois;
- le gain;
- la porte Doppler, etc.

Points essentiels

- **Principe de base** : lorsqu'un faisceau ultrasonore rencontre une cible mobile (flux sanguin), on observe une différence entre la fréquence d'émission (f_e) et celle de réception (f_r).
- **Fréquence Doppler** = $f_r - f_e \Rightarrow$ spectre audible.
- **Angle d'abord** de la sonde par rapport au flux :
 - perpendiculaire à l'axe du vaisseau \Rightarrow fréquence Doppler nulle;
 - parallèle à l'axe du vaisseau \Rightarrow fréquence Doppler maximale.
- **Mode Doppler continu** : émission et réception des ultrasons par deux transducteurs distincts. Non-connaissance de l'origine spatiale du signal réceptionné.
- **Mode Doppler pulsé** : émission et réception des ultrasons par le même transducteur :
 - utilisation d'une fenêtre d'intégration permettant de connaître et de sélectionner l'origine spatiale des signaux;
 - PRF = fréquence de répétition des impulsions ultrasonores.
 - une PRF faible permet l'étude des vaisseaux profonds, et inversement;
 - l'étude de flux rapides nécessite l'usage d'une PRF élevée.
- Types de signaux Doppler :
 - **signal sonore** : intensité sonore = variations de fréquences Doppler (spectre auditif) au cours du temps;
 - **tracé spectral** = variations de fréquences Doppler au cours du temps;
 - **cartographie colorimétrique flux** (analyse spectrale selon deux axes) : flux se rapprochant de la sonde \Rightarrow rouge; flux s'éloignant de la sonde \Rightarrow bleu;
 - **cartographie de puissance** : codage couleur (jaune) de la puissance ultrasonore diffusée.

Nouvelles techniques échographiques (notions)

Depuis quelques années, on assiste à l'arrivée de nouveaux procédés échographiques tels que l'usage de produits de contraste spécifique, la mise en place de l'imagerie d'harmoniques ainsi que celle de combinaison.

Principe de base des produits de contraste échographiques

La plupart des produits de contraste spécifiques à l'échographie sont constitués de « **microbulles** » de 3 à 5 μm de diamètre contenant de l'air ou des composés gazeux inertes. Leurs capsules sont constituées d'albumine humaine permettant de contenir le gaz. Afin de maintenir le gaz dans les capsules, celles-ci

doivent rester suffisamment stables dans le temps pour être maintenues assez longtemps dans la vascularisation après l'injection. Réagissant aux ultrasons et apportant un renfort de signal par diffusion, ces produits sont actuellement utilisés pour l'étude du rein et l'évaluation de tumeurs. La base de la formation des échos « retours » réside dans la grande différence d'impédance existant entre le gaz dans la capsule et le milieu environnant (sang, tissus). Lorsqu'une onde US rencontre des microbulles, celles-ci, avant d'« exploser », se déforment et émettent des échos par diffusion dont les fréquences dépendent à la fois de la fréquence incidente et du diamètre de la bulle. Le récepteur doit ainsi utiliser une bande passante de réception suffisamment large pour intégrer ces échos dans la formation de l'image.

Imagerie d'harmoniques

Lors de la propagation d'une onde US d'une fréquence f_0 (fréquence centrale de l'émission = fréquence fondamentale), des échos vont être générés avec des fréquences plus élevées. Ces fréquences sont des multiples entiers de f_0 ($f_1 = 2 f_0$, $f_2 = 3 f_0$ etc.) : on parle alors de fréquences harmoniques. Leur origine est complexe et provient d'une « distorsion » de l'onde ultrasonore émise. L'imagerie d'harmoniques consiste à réceptionner des échos « harmoniques » afin d'*augmenter le signal disponible en profondeur* et d'améliorer en partie la résolution spatiale latérale. Pour ce faire, le transducteur utilise une bande passante de réception plus large et décalée vers les fréquences élevées afin de contenir l'ensemble des fréquences réfléchies (f_0 et $f_{\text{harmoniques}}$). Lors du traitement, seules les fréquences harmoniques seront exploitées pour la formation de l'image ($f_n = N f_0$) (fig. 1.30). L'usage de cette technique n'est pas systématiquement probant ; il convient donc à l'utilisateur d'évaluer les situations dans lesquelles cette technique peut apporter des bénéfices.

Imagerie de combinaison

L'imagerie de combinaison ou *compounding imaging* est accessible sur les sondes en réseau phasé. Le principe de cette technique consiste à moyenniser des images obtenues à des angulations différentes par balayage électronique (cf. *supra* **Orientation électronique du faisceau ultrasonore**). En pratique, le formateur de faisceau balaie la tranche de section avec des angles différents, et reconstruit une image (fig. 1.31) à partir de 5 à 9 balayages spatiaux. La combinaison permet une amélioration du rapport S/B, un échantillonnage spatial plus important, ce qui améliore la résolution spatiale, une *diminution* par moyennage *des cônes d'ombres et des renforcements postérieurs*. Malheureusement, la cadence-image est réduite du fait du nombre de projections nécessaires à la combinaison d'une image.

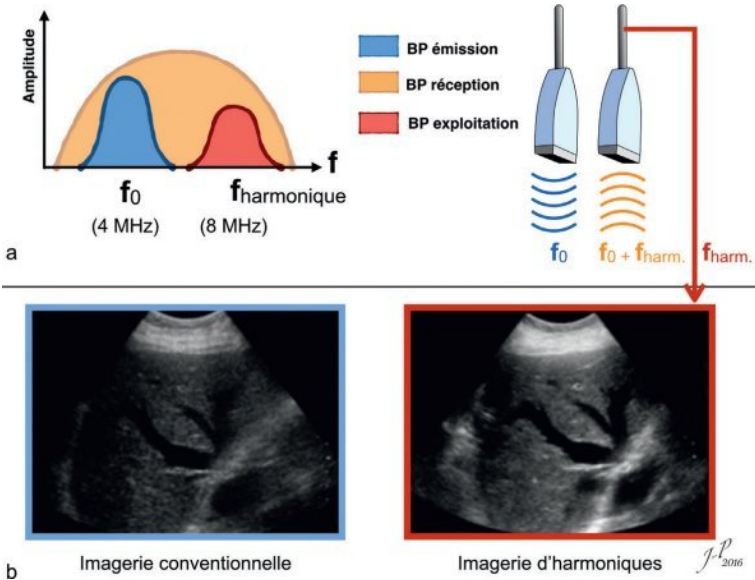


Fig. 1.30 Principe d'acquisition et de formation en imagerie d'harmoniques.

La sonde échographique émet une onde ultrasonore de fréquence f_0 et réceptionne un spectre fréquentiel plus large contenant les fréquences harmoniques. Le signal est ensuite filtré de manière à ne tenir compte, lors de la reconstruction de l'image, que des fréquences harmoniques (a). Comparaison d'une imagerie échographique conventionnelle avec une imagerie d'harmoniques (b).

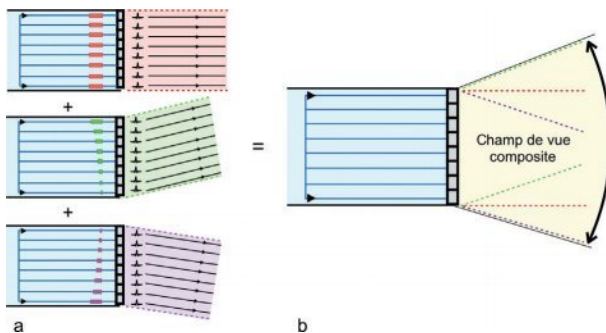


Fig. 1.31 Principe d'acquisition (a) et de formation d'une imagerie de combinaison (b).

Élastographie impulsionnelle ultrasonore

L'objectif de cette technique est de caractériser des propriétés mécaniques des tissus par application de contraintes mécaniques. L'application d'une contrainte est à l'origine de deux types d'ondes qui se propagent dans le tissu :

- une onde de compression qui résulte directement de la pression exercée axialement sur le matériau. Elle définit ainsi un module d'élasticité de Young noté E (en kPa) qui correspond au rapport entre contrainte et déformation ;
- une onde de cisaillement (*shear wave*) qui résulte de la torsion du matériau. Elle définit un module de cisaillement noté μ (en kPa).

Ces deux modules sont reliés par la relation suivante : $\mu = E/3$ (en kPa)

Les méthodes élastographiques quantitatives permettent de mesurer la vitesse de propagation (V_c) des ondes de cisaillement, ce qui permet de calculer le module de cisaillement selon la relation suivante : $\mu = V_c^2 \rho$ (en kPa) avec ρ = densité du milieu. En considérant ρ constante, il sera possible à l'aide de l'estimation de V_c de recalculer μ et E et de reconstruire des images paramétriques : les élastogrammes. La technique d'acquisition élastographique impulsionnelle passe par trois étapes :

- excitation = transmission d'une contrainte dans le tissu ;
- réception = recueil des signaux échographiques des tissus ayant subi la contrainte ;
- traitement = analyse informatique du degré de déformation faisant suite à la contrainte. Les détails techniques et les traitements concernant cette analyse ne seront pas décrits ici.

Les méthodes d'élastographie quantitatives se distinguent principalement par le procédé en jeu lors de l'excitation. La phase d'excitation peut soit être réalisée mécaniquement à l'aide d'un vibreur couplé à une sonde échographique, soit directement à l'aide d'un faisceau ultrasonore.

Excitation par vibreur

Cette méthode associe dans une sonde échographique un vibreur et un transducteur. Le vibreur va générer une onde de cisaillement pulsée tandis que le transducteur mesurera la vitesse de propagation (V_c) et l'amplitude de l'onde de cisaillement. Le système permet également de calculer l'atténuation des ondes en dB/m. Une valeur moyenne de V_c est obtenue sur une profondeur de 2,5 à 6,5 cm après la réalisation successive d'une dizaine d'excitations. Une cartographie paramétrique est obtenue secondairement.

Excitation par une onde ultrasonore focalisée (fig. 1.32)

On applique ce type d'onde sur une zone d'intérêt préalablement repérée sur l'image échographique (la profondeur peut ainsi être choisie directement par l'opérateur). La vitesse de cisaillement est mesurée et le degré de déplacement

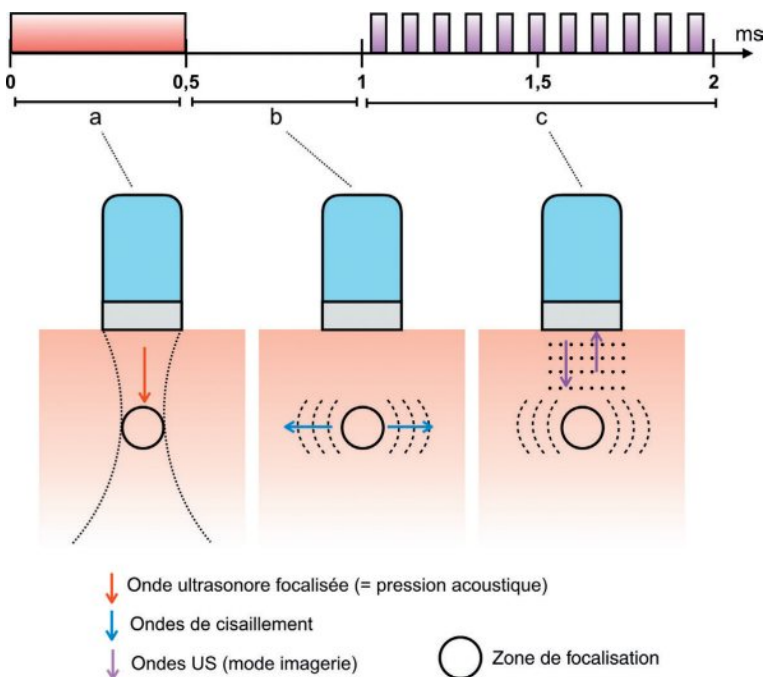


Fig. 1.32 Déroulement de l'acquisition d'élastographie à onde ultrasonore focalisée.

a. Génération de la pression acoustique par une onde ultrasonore focalisée. Cette pression engendre une onde de cisaillement. b. La sonde cesse d'émettre tout signal pendant un court laps de temps de manière à laisser se dissiper les signaux ultrasonores provenant des ondes de cisaillement produites lors de l'excitation. c. La sonde se met en mode échographique. Elle émet un front d'ondes planes pour imagier le tissu et observer la propagation des ondes de cisaillement.

peut être également évalué. Actuellement, il est possible avec cette méthode d'effectuer une mesure en temps réel de V_c et par conséquent d'obtenir directement des cartographies paramétriques (*shear wave elastography*).

Les principales applications de l'élastographie ultrasonore concernent plusieurs organes :

- le foie :
 - évaluation de la fibrose hépatique (+++),
 - prédiction de complications de cirrhose,
 - évaluation de stéatose,
 - caractérisation des tumeurs hépatiques;
- le sein : caractérisation d'une lésion préalablement détectée en échographie (fig. 1.33);

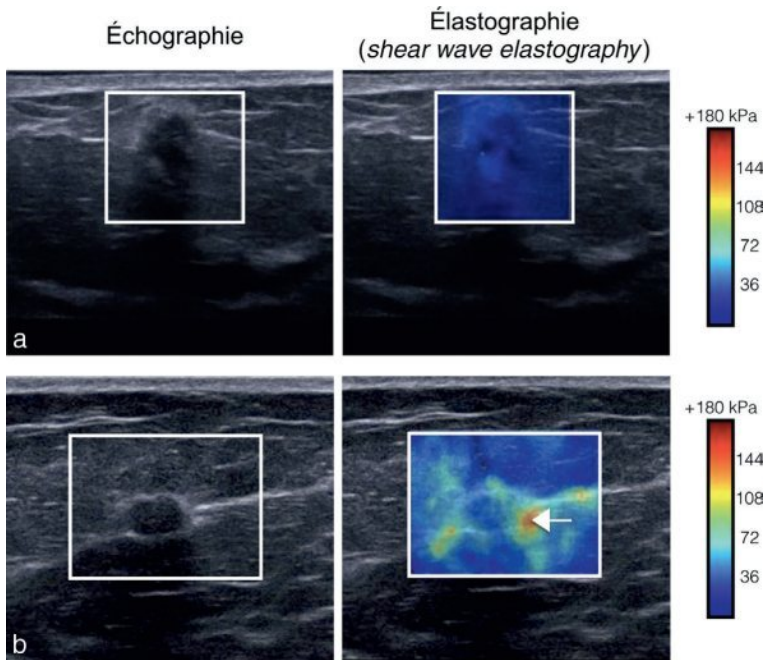


Fig. 1.33 Échographie et élastographie quantitative mammaire.

a. Fibroadénome bénin : l'image échographique est suspecte mais l'image d'élastographie présente une description bénigne (moyenne = 37 kPa). b. Lésion cancéreuse invasive : l'image d'élastographie décrit des rigidités péri-tumorales suspectes (flèche blanche, 150 kPa).

Evans A et al. Quantitative shear wave ultrasound elastography : initial experience in solid breast masses. *Breast Cancer Res* 2010; 12 (6) : R104.

- la thyroïde : caractérisation nodulaire en complément de l'échographie;
- le rein (complexe car valeurs d'élasticités normales peu connues) : mesure de fibrose intrarénale, caractérisation des tumeurs rénales;
- la prostate : détection de zones dures, ciblage des biopsies.

Points essentiels

- **Produits de contraste** : microbulles dont le diamètre permet de maximiser le phénomène de diffusion = rehaussement échogène.
- **Imagerie d'harmoniques** : prise en compte de l'ensemble des fréquences (fondamentales et harmoniques) lors de l'analyse du signal. L'intégration des fréquences harmoniques permet un gain de signal en profondeur.

- **Imagerie de combinaison** : combinaisons de plusieurs images échographiques obtenues à des angles de tir différents (5 à 9). Nécessite des sondes électroniques en réseau phasé. Permet une diminution des cônes d'ombres, une amélioration du S/B et de la résolution latérale mais limite les cadences d'acquisition.
- **Élastographie quantitative** :
 - obtention d'une cartographie correspondant aux propriétés mécaniques des tissus;
 - émission d'impulsions mécaniques (\pm focalisées) traversant les tissus;
 - analyse des vitesses de cisaillement \Rightarrow quantification des déformations en kPa;
 - cartographie accessible en temps réel et superposable à une image échographique morphologique;
 - applications principales : évaluation de la fibrose hépatique et caractérisations lésionnelles (foie, sein, thyroïde).

Gros vaisseaux de l'abdomen

P. Legmann

PLAN DU CHAPITRE

■ Aorte

- Technique d'examen
- Aspect normal
- Tronc coeliaque
- Artère mésentérique supérieure
- Artères rénales
- Artères iliaques primitives

■ Veine cave inférieure

- Technique d'examen
- Aspect normal

■ Branches de la veine cave inférieure

■ Système porte

- Branches d'origine
- Tronc porte
- Bifurcation portale

L'échographie, associée ou non au Doppler pulsé et/ou couleur, permet l'exploration des gros vaisseaux abdominaux : aorte, veine cave inférieure et vaisseaux digestifs (tronc porte).

L'aorte est le repère capital du pancréas et du foie gauche, la veine cave inférieure celui du foie droit.

Aorte

L'aorte pénètre dans la cavité abdominale par l'orifice diaphragmatique (T12), elle descend ensuite le long du bord gauche du rachis jusqu'à L4, où elle se divise en deux branches terminales que sont les artères iliaques primitives. Ses branches collatérales principales naissent soit à sa face antérieure pour le tronc cœliaque et les mésentériques supérieure et inférieure, soit de ses bords latéraux pour les artères rénales (fig. 2.1 à 2.4).

Technique d'examen

Le sujet est en décubitus dorsal.



Fig. 2.1 Aorte : coupe longitudinale.

1. Aorte. 2. Tronc cœliaque. 3. Artère mésentérique supérieure.



Fig. 2.2 Aorte : coupe transversale.

1. Aorte. 2. Tronc cœliaque. 3. Veine cave inférieure.

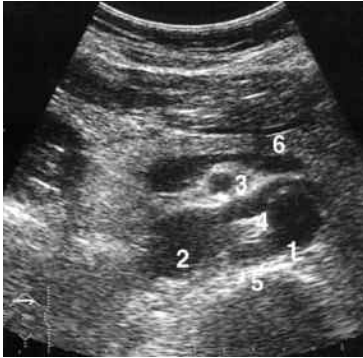


Fig. 2.3 Aorte : coupe transversale passant par la pince mésentérique.

1. Aorte. 2. Veine cave inférieure. 3. Artère mésentérique supérieure. 4. Veine rénale gauche. 5. Artère rénale droite. 6. Veine splénique.



Fig. 2.4 Aorte : coupe longitudinale.

1. Veine cave inférieure. 2. Tronc porte.

On réalise des coupes sagittales puis en oblique postérieur gauche passant par le grand axe de l'aorte, et des coupes transversales passant par les grosses collatérales : tronc coeliaque, artères rénales, artère mésentérique supérieure. On peut éventuellement compléter l'examen par des coupes frontales.

Aspect normal

Le trajet de l'aorte est oblique de haut en bas et d'avant en arrière.

Ses bords sont strictement parallèles en coupe longitudinale et possèdent des mouvements systoliques.

Sa lumière n'est pas toujours totalement anéchogène (des phénomènes de flux turbulents sont responsables de fins échos).

En coupe transversale, sa section est circulaire, au-dessus des artères rénales le diamètre normal n'excède pas 30 mm et 25 mm au-dessous.

Ses collatérales sont repérées sur les coupes transversales passant par leur émergence : tronc coeliaque, artère mésentérique supérieure, artères rénales.

Tronc coélique

Il naît de la face antérieure de l'aorte en regard du bord inférieur de T12, et est situé au-dessus du bord supérieur du pancréas, son calibre est de 10 mm environ, après 1 à 3 cm de trajet il se divise en trois branches : l'artère coronaire stomacique, l'artère hépatique et l'artère splénique. Seules ces deux dernières branches sont habituellement visibles en échographie.

L'aspect typique du tronc coélique en coupe transversale est représenté par une image en forme de « mouette », formée par l'artère hépatique à droite et l'artère splénique à gauche. L'artère hépatique est suivie à gauche du tronc porte dans le pédicule et une coupe transversale, légèrement oblique, perpendiculaire au tronc porte permet de retrouver les trois structures du pédicule hépatique, image en « tête de Mickey » : le tronc porte en arrière, l'artère hépatique en avant à gauche, la voie biliaire principale en avant à droite.

L'artère splénique, de plus gros calibre (égal au calibre du tronc coélique), chemine sur le bord supérieur de l'isthme, du corps et de la queue du pancréas, puis se dirige vers le hile de la rate.

Artère mésentérique supérieure

Elle naît de la face antérieure de l'aorte, 1 cm environ au-dessous du tronc coélique, et descend en avant de l'aorte sur plusieurs cm, son trajet est parallèle à la veine mésentérique supérieure dessinant un aspect en « lunettes » en coupe transversale. Son calibre est de 10 mm.

La veine rénale gauche passe dans la pince mésentérique formée par l'artère mésentérique en avant et l'aorte en arrière.

Artères rénales

Elles naissent des faces latérales de l'aorte, pratiquement à la même hauteur que l'artère mésentérique supérieure, et se dirigent en dehors et en bas, jusqu'au hile rénal.

L'artère rénale droite passe en arrière de la veine cave inférieure et de la veine rénale droite.

L'artère rénale gauche est également postérieure à la veine rénale gauche.

Artères iliaques primitives

L'aorte se divise au niveau du bord inférieur de L4, en trois branches terminales :

- l'artère sacrée moyenne ;
- les artères iliaques primitives droite et gauche : ces dernières sont visibles en coupe transversale et sagittale, leur calibre est de 8 à 10 mm.

Veine cave inférieure

Elle naît au niveau de L5, de la réunion des deux veines iliaques primitives, et monte ensuite le long du flanc droit du rachis, jusqu'à son abouchement dans l'oreillette droite.

Elle reçoit principalement, au cours de son trajet abdominal, les veines rénales et les veines sus-hépatiques (fig. 2.5 à 2.8).

Technique d'examen

Le sujet étant en décubitus dorsal puis en oblique postérieure gauche, on pratique des coupes sagittales, passant par le grand axe de la veine cave inférieure, et des coupes transversales.

Les collatérales sont étudiées pour les veines rénales en coupe transversale et pour les veines sus-hépatiques en coupe oblique sous-costale.

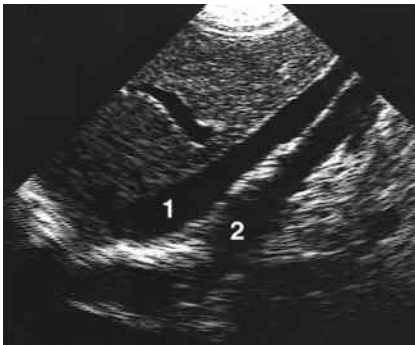


Fig. 2.5 Veine cave inférieure : coupe frontale.

1. Veine cave inférieure. 2. Aorte.

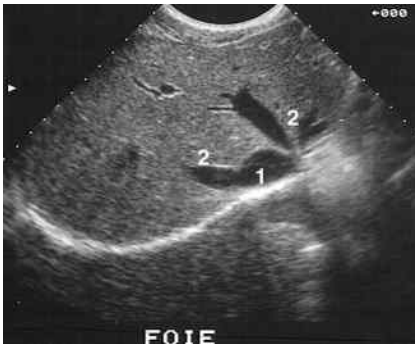


Fig. 2.6 Veine cave inférieure : coupe oblique passant par les veines sus-hépatiques.

1. Veine cave inférieure. 2. Veines sus-hépatiques.



Fig. 2.7 Veine cave inférieure : coupe transversale passant par la veine splénique et le confluent spléno-mésaraïque.

1. Confluent spléno-mésaraïque. 2. Artère mésentérique supérieure. 3. Tronc spléno-mésaraïque. 4. Aorte. 5. Veine cave inférieure.



Fig. 2.8 Origine du tronc porte : coupe sagittale.

1. Veine mésentérique supérieure. 2. Veine cave inférieure.

Aspect normal

En coupe transversale, la section de la veine cave inférieure est ovalaire, ses bords sont fins et nets, son calibre varie au cours du cycle respiratoire : il est maximum en inspiration bloquée (manœuvre de Valsalva) et minimum, voire collabé, en fin d'expiration. Cette cinétique est un critère important de normalité hémodynamique. Le diamètre en expiration profonde ne doit pas dépasser 25 mm.

Branches de la veine cave inférieure

- Les veines rénales sont antérieures au plan artériel. La veine rénale droite est courte, la veine rénale gauche est plus longue et croise l'aorte en passant dans la pince mésentérique.
- Les veines hépatiques sont au nombre de trois :
 - veine hépatique droite;
 - veine hépatique sagittale médiane;
 - veine hépatique gauche.

Elles se présentent sous la forme de structures allongées à parois tubulées fines, convergeant vers la veine cave inférieure, ce qui permet de les différencier facilement des structures portales et biliaires à parois plus hyperéchogènes et dont l'orientation anatomique est différente.

Points essentiels

- L'aorte est le repère capital du pancréas et du foie gauche.
- La veine cave inférieure est le repère du foie droit, son calibre varie au cours du cycle respiratoire.
- Les veines hépatiques sont au nombre de trois et forment des structures allongées à parois fines, convergeant vers la veine cave inférieure.

Système porte

Branches d'origine (fig. 2.9 à 2.10)

Veine splénique

Elle s'étudie sur des coupes transversales et forme le repère essentiel du pancréas. Elle naît de la convergence de plusieurs veines issues du hile de la rate, et chemine en arrière de la queue et du corps du pancréas sous le tronc artériel. Elle reçoit la veine mésentérique inférieure pour former le tronc spléno-mésaraïque, avant de s'unir à la veine mésentérique supérieure et former le tronc porte en arrière de l'isthme du pancréas.



Fig. 2.9 Système porte : coupe oblique passant par la bifurcation portale.

1. Bifurcation portale. 2. Veine cave inférieure.



Fig. 2.10 Système porte : coupe oblique dite « tête de Mickey ».

1. Tronc porte. 2. Artère hépatique. 3. Voie biliaire principale. 4. Veine cave inférieure.

Veine mésentérique supérieure

Son trajet se situe à droite de l'artère mésentérique supérieure parallèlement à la veine cave inférieure.

Elle progresse entre le petit pancréas de Winslow en arrière, et l'isthme pancréatique en avant où elle rejoint le tronc spléno-mésaraïque pour former le tronc porte.

Tronc porte

Il est étudié par une coupe oblique suivant son grand axe, en sachant que l'axe moyen du tronc porte avec l'horizontale est de 45°.

L'étude en coupes transversales par rapport à son grand axe donne l'image dite en « tête de Mickey » (tronc porte en arrière, voie biliaire principale en avant à droite et artère hépatique en avant à gauche).

L'aspect échographique du tronc porte est celui d'une structure tubulée anéchogène.

Il croise obliquement en avant la veine cave inférieure au-dessus de l'isthme pancréatique. Sur une coupe longitudinale passant par la veine cave, le tronc porte est en avant, et oblique en avant et à droite.

Bifurcation portale

Elle est mise en évidence sur une coupe oblique perpendiculaire à l'axe du tronc porte, où l'on visualise les branches portes droite et gauche.

Points essentiels

- La veine splénique forme le repère essentiel du pancréas.
- L'aspect échographique du tronc porte est celui d'une structure tubulée anéchogène, passant en avant de la veine cave, il mesure jusqu'à 12 mm.

Foie

M. Ben Arfi

PLAN DU CHAPITRE

- **Rappel anatomique**
 - Description et moyens de fixité
 - Vascularisation et voies biliaires intrahépatiques
 - Segmentation hépatique
- **Place de l'échographie**
- **Technique d'examen**
 - Échographie B bidimensionnelle
 - Examen Doppler
 - Élasticité
- **Échoanatomie**
 - Morphologie du foie
 - Vascularisation hépatique
 - Voies biliaires intrahépatiques
- **Variantes du foie normal**
 - Variations de localisation
 - Variations de forme
 - Variations de vascularisation
- **Hépatopathies diffuses non tumorales**
 - Hépatopathies non vasculaires
 - Hépatopathies vasculaires
- **Hépatopathies tumorales**
 - Tumeurs bénignes
 - Tumeurs malignes primitives
 - Tumeurs malignes secondaires
- **Hépatopathies infectieuses et parasitaires**
 - Abscès hépatiques
 - Parasitoses hépatiques
 - Tuberculose
 - Hépatites et périhépatites
- **Traumatismes hépatiques**

Rappel anatomique

Description et moyens de fixité

Le foie est un organe intrapéritonéal situé sous l'hémidiaphragme droit, mais peut traverser la ligne médiane et s'étendre à l'hémidiaphragme gauche et à la rate chez certains patients.

Il présente une face diaphragmatique supérieure convexe, une face viscérale inférieure légèrement concave et inclinée et quatre lobes : le lobe gauche, le lobe droit, le lobe carré et le lobe caudé ou lobe de Spiegel (fig. 3.1).

La face diaphragmatique est amarrée au diaphragme et à la paroi abdominale antérieure par des structures ligamentaires. En avant, le ligament falciforme est en continuité en bas avec le ligament rond, vestige de la veine ombilicale qui rejoint l'ombilic. En haut, le ligament falciforme rejoint le ligament coronaire et les ligaments triangulaires droit et gauche qui fixent le foie au diaphragme.

À droite, le ligament triangulaire est prolongé par le ligament hépatorénal. Le ligament coronaire est en continuité avec le petit épiploon.

La face viscérale présente plusieurs sillons et empreintes : le sillon du ligament rond, le sillon d'Arantius, l'empreinte du lit vésiculaire, l'empreinte de la veine cave inférieure et le sillon du hile hépatique.

Le petit épiploon est un repli péritonéal tendu entre le hile hépatique et la petite courbure gastrique (ligament hépato-gastrique) d'une part et le duodénum d'autre part (ligament hépato-duodéal) qui contient sur son bord libre le pédicule hépatique.

La capsule de Glisson recouvre le foie et s'invagine dans le hile formant des gaines qui entourent les vaisseaux et les voies biliaires jusqu'aux espaces portes.

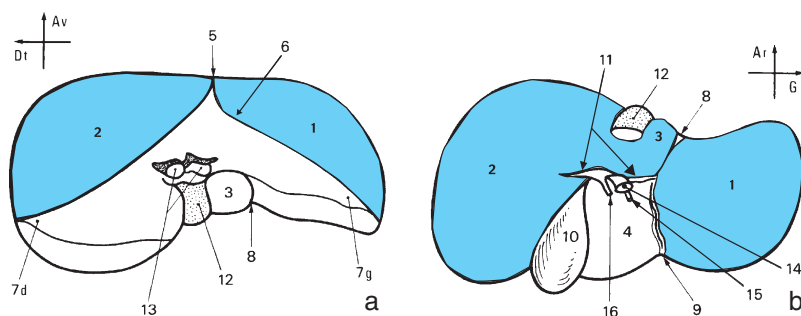


Fig. 3.1 Anatomie du foie.

- a.** Face supérieure du foie (diaphragmatique). **b.** Face inférieure du foie (viscérale).
 1. Lobe gauche. 2. Lobe droit. 3. Lobe caudé (segment I). 4. Lobe carré (segment IV).
 5. Ligament falciforme. 6. Ligament coronaire. 7. Ligaments triangulaires droit et gauche. 8. Sillon d'Arantius. 9. Sillon du ligament rond. 10. Lit vésiculaire. 11. Hile hépatique. 12. Veine cave inférieure. 13. Veines sus-hépatiques. 14. Veine porte et branches. 15. Artère hépatique. 16. Voie biliaire principale.

Vascularisation et voies biliaires intrahépatiques

Apport vasculaire

Le foie reçoit une double vascularisation, à la fois veineuse portale (collectant le sang veineux splénique et mésentérique) et artérielle hépatique (branche du tronc coéliqua) dans un rapport de 2/3 et 1/3 :

- la veine porte se divise dans le hile hépatique au niveau de la bifurcation portale en deux branches portales intrahépatiques. La veine porte gauche, de trajet d'abord horizontal, puis circulant dans la scissure ombilicale en se dirigeant vers le ligament rond, se distribue au foie gauche, qui correspond anatomiquement au lobe gauche et au lobe carré, par deux branches segmentaires, l'une postérolatérale, l'autre antérieure. La veine porte droite se distribue au foie droit qui correspond anatomiquement au lobe droit par deux branches segmentaires antérieure et postérieure;
- l'artère hépatique est le plus souvent unique. Elle chemine dans le pédicule hépatique en avant de la veine porte et en avant et à gauche de la voie biliaire principale pour bifurquer au niveau du hile hépatique en artère hépatique droite et en artère hépatique gauche dont la segmentation suit celle du système porte.

Drainage vasculaire

Le foie se draine en périphérie par les veines hépatiques qui se jettent dans trois troncs veineux centraux regroupés à la partie postérosupérieure du foie : veines sus-hépatiques (VSH) droite, médiane et gauche.

Voies biliaires intrahépatiques

Le drainage biliaire suit à contre-courant le système porte en longeant habituellement la face antérosupérieure des ramifications portales. Le canal biliaire gauche s'unit au droit dans le hile hépatique, en avant et en haut de la bifurcation portale.

Segmentation hépatique

Le foie est divisé en huit segments par la vascularisation segmentaire portale (fig. 3.2) :

- le lobe caudé ou de Spiegel correspond au segment I. Il est limité en avant par le hile, à gauche par le sillon d'Arantius et, à droite et en arrière, par la veine cave inférieure. La segmentation se distribue ensuite selon le sens inverse des aiguilles d'une montre;
- le lobe gauche ou secteur latéral est divisé en deux segments : le segment II est postérieur et supérieur et le segment III est antérieur et inférieur;
- le lobe carré, qui correspond au segment IV ou secteur paramédian, est situé, en haut (IVa), entre les veines sus-hépatiques gauche et médiane et il est limité, en bas (IVb), par le lit vésiculaire et le sillon du ligament rond. Il est en avant de la bifurcation portale;

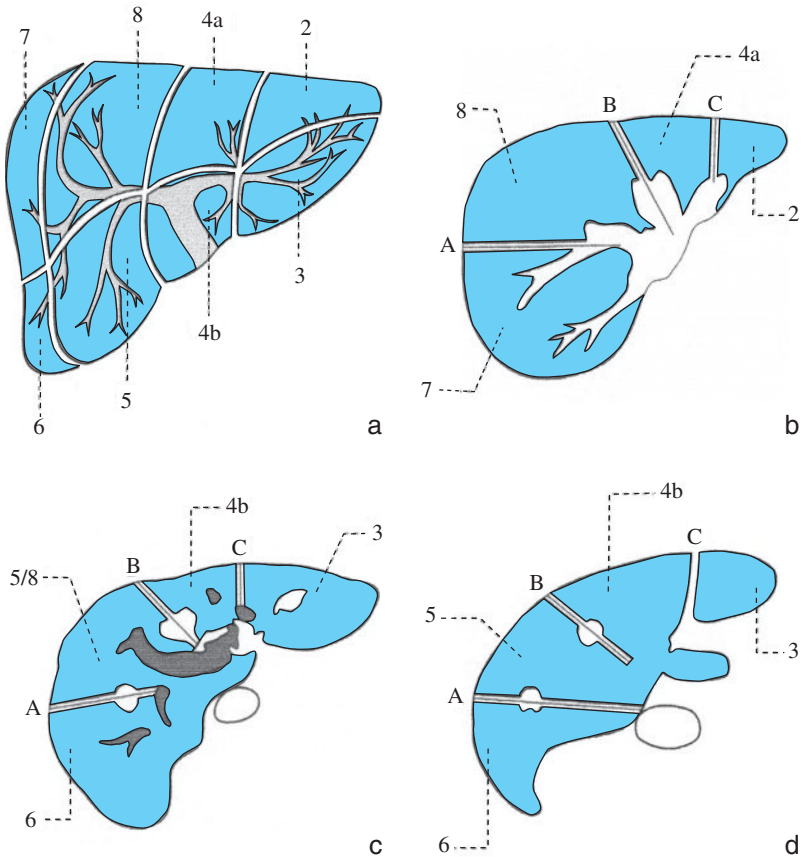


Fig. 3.2 Anatomie segmentaire du foie.

Les veines sus-hépatiques droite (A), médiane (B) et gauche (C) divisent le foie en quatre secteurs. Ces secteurs sont divisés horizontalement par le plan de la bifurcation portale en segments craniaux et caudaux (numérotés de 1 à 8).

a. Coupe frontale du foie. b. Coupe axiale passant par le plan des veines sus-hépatiques. c. Coupe axiale passant par la bifurcation portale. d. Coupe axiale passant sous la bifurcation portale.

D'après O. H. Wegener.

■ le lobe droit est divisé en deux secteurs antérieur et postérieur et quatre segments qui sont séparés les uns des autres, verticalement, par le plan des veines sus-hépatiques médiane et droite et, horizontalement, par le plan de la bifurcation portale. De gauche à droite et d'avant en arrière, les segments inférieurs sont les segments V et VI et les segments supérieurs sont les segments VII et VIII. Les segments V et VIII sont aussi appelés paramédians droits ou antérieurs et les segments VI et VII postérieurs droits.

Les branches segmentaires portales traversent les segments alors que les veines sus-hépatiques sont en position intersegmentaire et déterminent la sectorisation hépatique.

Points essentiels

Le foie reçoit une double vascularisation, à la fois veineuse portale (collectant le sang veineux splénique et mésentérique) et artérielle hépatique (branche du tronc coélicae) dans un rapport de 2/3 et 1/3.

Les branches segmentaires portales traversent les segments alors que les veines sus-hépatiques sont en position intersegmentaire et déterminent la sectorisation hépatique.

Place de l'échographie

L'échographie est l'examen d'imagerie pratiqué en 1^{re} intention en cas de suspicion de pathologie hépatique. Elle peut être demandée devant des douleurs abdominales non étiquetées, une masse palpable, une anomalie du bilan biologique hépatique, pour le diagnostic ou la surveillance d'une néoplasie connue. L'échographie en mode B est souvent la technique la plus simple et la plus efficace pour explorer les anomalies morphologiques du foie :

- les modes Doppler couleur (codage coloré du signal Doppler) et Doppler pulsé (analyse spectrale du signal Doppler) permettent le repérage et l'étude des flux sanguins dans les différentes structures vasculaires intrahépatiques. L'analyse de la vascularisation de certaines lésions focales hépatiques est à même de fournir des renseignements utiles pour leur caractérisation tissulaire;
- la ponction du foie sous échographie peut être utilisée dans un but de diagnostic histologique (ponction-biopsie à l'aiguille fine) ou dans un but thérapeutique (drainage d'abcès par exemple).

Technique d'examen

Échographie B bidimensionnelle

Elle utilise habituellement une sonde sectorielle de 3,5 à 5 MHz pour les plans superficiels ou chez les sujets minces :

- un jeûne d'au moins 6 heures est nécessaire pour analyser la vésicule biliaire, le cholédoque, le pédicule hépatique, le pancréas et la région coéliomésentérique. Un remplissage gastrique en faisant boire deux grands verres d'eau peut être utile pour l'étude du pédicule hépatique et de la région coéliomésentérique;

- le décubitus dorsal permet l'étude du foie gauche. L'analyse du foie droit et du pédicule hépatique est facilitée par le décubitus latéral gauche. Parfois, il sera utile de compléter l'examen en position debout pour dégager le côlon;
- le foie est habituellement visualisé par voie sous-costale, au cours d'une apnée en inspiration profonde. Dans certains cas (patient non coopérant, foie haut placé, paralysie phrénique droite), il sera nécessaire de passer par voie inter-costale. En mobilisant la sonde dans les différents espaces intercostaux et en faisant varier le temps respiratoire, une étude complète du foie est alors presque toujours possible;
- des coupes échographiques réalisées à la fois dans le plan sagittal et dans le plan axial plus ou moins oblique et récurrent sont nécessaires à l'exploration complète du foie.

Examen Doppler

La fréquence de sonde utilisée en Doppler (2,5 MHz) est plus basse que celle de l'échographie B et la technique d'examen en est très voisine, sous réserve de quelques adaptations concernant notamment l'angle d'inclinaison du faisceau ultrasonore par rapport aux structures vasculaires qui doit être inférieur à 60° pour un meilleur recueil du signal Doppler.

Élasticité

La consistance du foie ou son élasticité font appel à des techniques spécifiques d'imagerie par ultrasons, utilisées dans le cadre de la surveillance des hépatopathies chroniques pour déterminer le degré de fibrose (Fibrotest®).

Points essentiels

L'échographie est l'examen d'imagerie pratiqué en 1^{re} intention en cas de suspicion de pathologie hépatique.

L'analyse de la vascularisation de certaines lésions focales hépatiques est à même de fournir des renseignements utiles pour leur caractérisation tissulaire.

Échoanatomie

Morphologie du foie

Elle est bien appréciée en échographie B bidimensionnelle (fig. 3.3 et 3.4) :

- le volume hépatique est estimé sur des coupes sagittales passant par l'aorte pour le foie gauche et par la ligne médioclaviculaire droite pour le foie droit. On mesure la distance entre le point le plus haut du dôme et le bord inférieur du

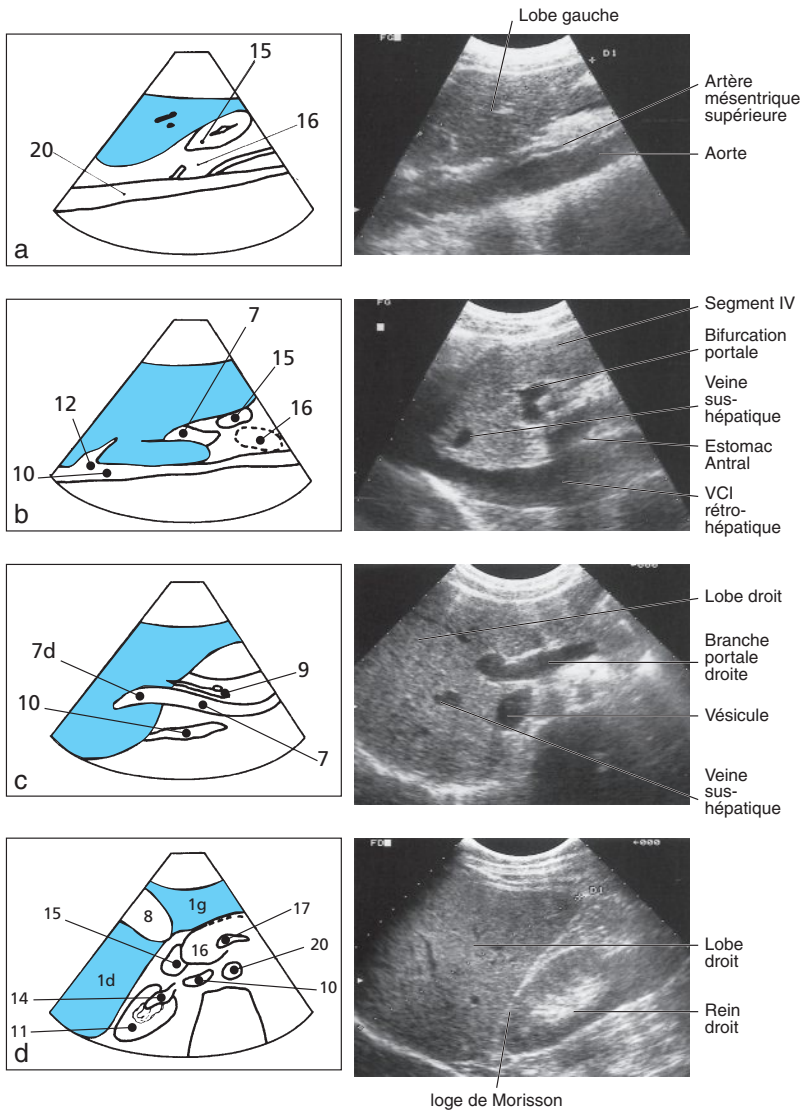


Fig. 3.3 Coupes de référence : coupes sagittales.

a. Coupe passant par le foie gauche et l'aorte. b. Coupe passant par la veine cave inférieure et le tronc porte. c. Coupe passant par le pédicule hépatique (orientée dans l'axe du pédicule). d. Coupe passant par le foie et le rein droit.

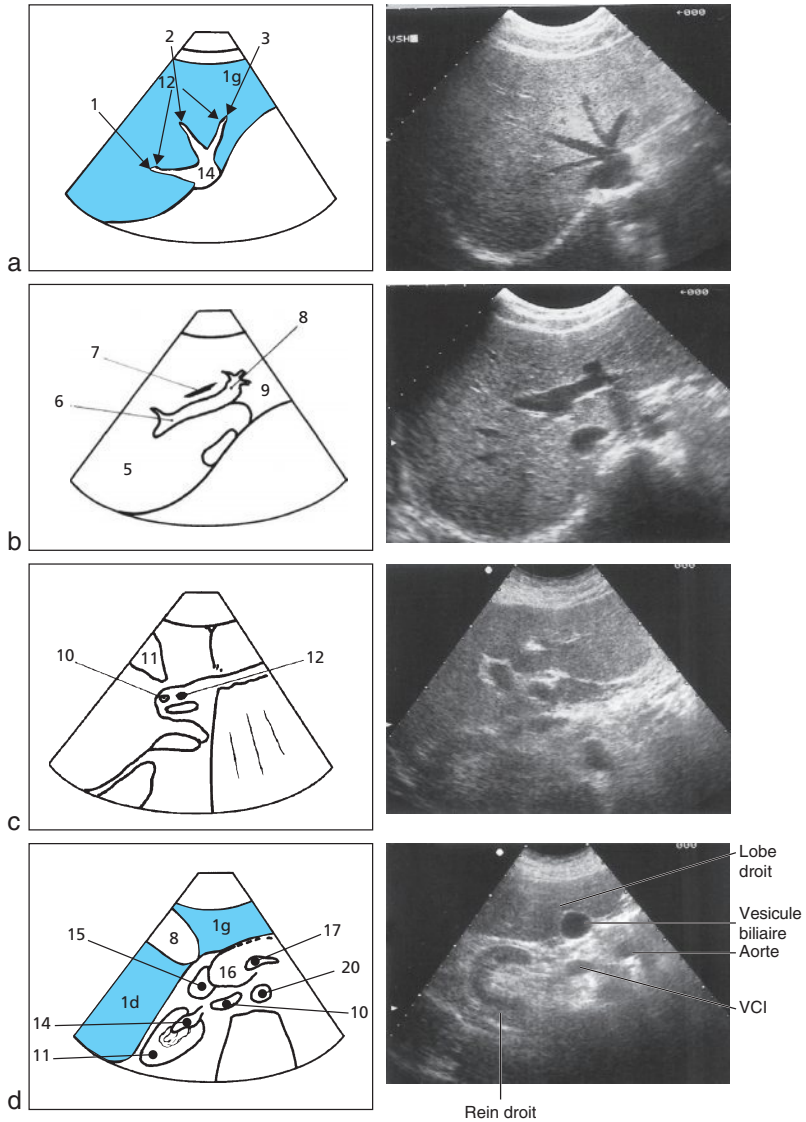


Fig. 3.4 Coupes de référence : coupes axiales.

a. Coupe passant par la convergence sus-hépatique. **b.** Coupe passant par la bifurcation portale. **c.** Coupe passant par le pédicule hépatique. **d.** Coupe passant par le foie et le rein droit.

1. VSH gauche. 2. VSH médiane. 3. VSH droite. 4. VCI. 5. Lobe droit. 6. Branche portale droite. 7. Segment. 8. Branche portale gauche. 9. Lobe gauche. 10. Voie biliaire principale. 11. Vésicule biliaire. 12. Artère hépatique. 13. Rein droit. 14. Aorte.

foie, comme au cours de l'examen clinique. On considère comme anormales une mesure du foie gauche supérieure à 100 mm et une mesure du foie droit supérieure à 150 mm. Dans de nombreuses hépatopathies, le lobe caudé (segment I) est hypertrophié;

- les contours hépatiques sont normalement parfaitement lisses, soulignés par un fin liseré échogène correspondant à la capsule. Les courbures sont harmonieuses, en principe sans encoche ni nodulation, avec des empreintes épousant parfaitement les organes de voisinage;

- le foie est mobile avec la respiration et les changements de posture. Il existe une interface de glissement entre le rein droit et le foie dans l'espace de Morisson. Le parenchyme hépatique est parfaitement homogène et finement granuleux. Sa tonalité iso, hypo ou hyperéchogène est appréciée par rapport à celle du cortex du rein droit : elles sont quasiment équivalentes.

Points essentiels

Le volume hépatique est estimé sur des coupes sagittales passant par l'aorte pour le foie gauche et par la ligne médioclaviculaire droite pour le foie droit.

Le parenchyme hépatique est parfaitement homogène et finement granuleux.

Sa tonalité iso, hypo ou hyperéchogène est appréciée par rapport à celle du cortex du rein droit.

Vascularisation hépatique

Elle est analysée par l'examen en mode Doppler (fig. 3.5).

Veines sus-hépatiques

Elles sont bien visualisées par un balayage axial oblique. Leurs parois sont fines et régulières et pratiquement invisibles quand la veine est coupée tangentiellement. Leur diamètre croît progressivement de haut en bas jusqu'à leur terminaison et augmente en inspiration bloquée. Leur trajet est harmonieusement concave vers la veine cave inférieure. En Doppler couleur, les troncs veineux sus-hépatiques droit, médian et gauche sont codés en bleu, le flux sanguin se dirigeant vers la veine cave inférieure et s'éloignant donc de la sonde. En analyse spectrale, les veines sus-hépatiques présentent une modulation veineuse triphasée, liée à l'activité de l'oreillette et du ventricule droits. Les manœuvres d'inspiration profonde augmentent la vitesse du flux dans les veines sus-hépatiques et entraînent la disparition de la modulation triphasée.

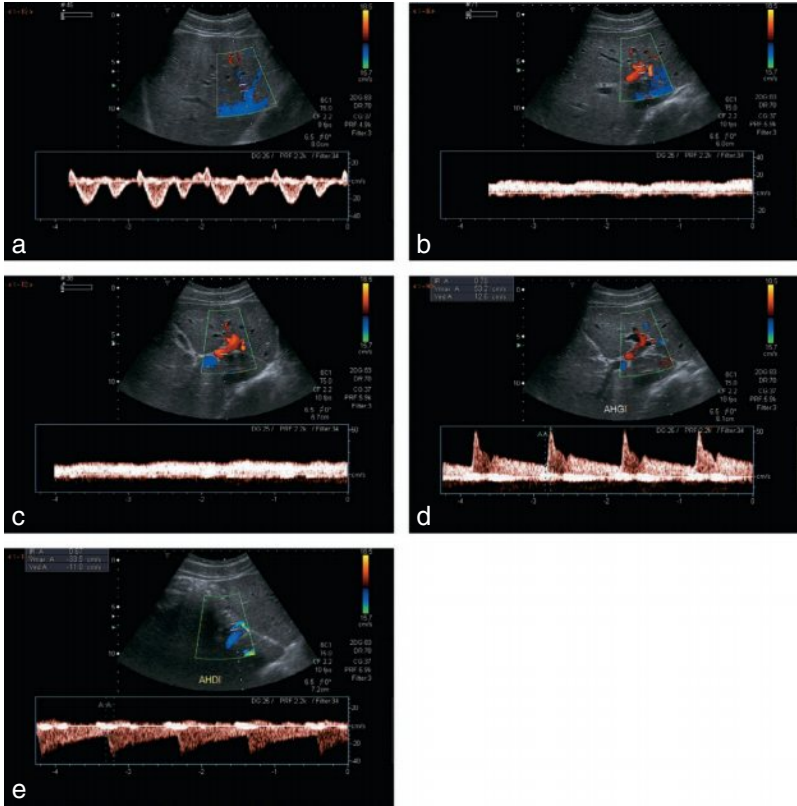


Fig. 3.5 Écho-Doppler hépatique.

a. Veines sus-hépatiques. En mode couleur, elles sont codées en bleu, le flux sanguin se dirigeant vers la veine cave inférieure. L'analyse spectrale montre une modulation triphasée du flux veineux sus-hépatique avec deux déflexions initiales traduisant les phases de remplissage auriculaire puis ventriculaire et une dernière déflexion en sens inverse reflétant le reflux sanguin lors de la contraction auriculaire. **b.** Veine porte. En mode couleur, elle est codée en bleu dans le pédicule hépatique. L'analyse spectrale montre un flux veineux faiblement modulé par la respiration. **c.** Bifurcation portale. En mode couleur, la branche portale gauche est codée en rouge, alors que la branche portale droite est codée en bleu, traduisant un flux portal intra-hépatique hépatopète. **d.** Artère hépatique gauche. Après son repérage en mode couleur, l'analyse spectrale met en évidence un flux artériel intra-hépatique de type basse résistance avec une montée systolique franche, suivie d'une descente en pente douce témoignant d'un flux persistant pendant toute la diastole. **e.** Artère hépatique droite.

Balance artérioportale

Il existe un double apport vasculaire afférent du foie, qui se compose d'une vascularisation systémique par l'artère hépatique et d'une vascularisation fonctionnelle d'origine splanchnique par le réseau porte. Ce double apport vasculaire est à l'origine d'une balance artérioportale. Cette balance est soumise à un mécanisme d'autorégulation bien particulier. Ainsi toute diminution de l'apport sanguin portal va induire une augmentation de l'apport sanguin artériel, alors que l'inverse n'est pas vrai. L'exemple le plus commun est celui de la cirrhose avec une augmentation compensatoire du flux artériel en réponse à une réduction du débit de la veine porte.

Veine porte

- Formée par la confluence des veines mésentérique supérieure et splénique, elle est explorée par un abord plus ou moins perpendiculaire aux bords costaux, de préférence en décubitus latéral gauche et en inspiration.
- Son diamètre et son débit sont mesurés en utilisant une approche intercostale à un angle proche de 0°, juste avant la bifurcation en branches droite et gauche. Elle présente un diamètre antéropostérieur normalement inférieur à 12 mm en respiration spontanée.
- Son diamètre varie moins, au cours de la respiration, que celui des veines sus-hépatiques. Ses parois sont bien visibles.
- En Doppler couleur, la veine porte ainsi que sa branche droite intrahépatique sont codées en bleu, alors que la branche portale gauche intrahépatique est codée en rouge, traduisant un flux portal hépatopète.
- En Doppler pulsé, le flux veineux portal est peu modulé surtout si on le compare à celui des veines sus-hépatiques, avec des valeurs normales comprises entre 12 et 24 cm/s. L'étude des branches droites en décubitus latéral gauche montre un flux hépatopète avec codage en rouge des branches V-VIII et VI-VII.

Artère hépatique

Pas toujours visible en échographie, elle est souvent repérée à son origine et dans le pédicule hépatique. Chez l'adulte, le Doppler couleur permet la plupart du temps un repérage facile de l'artère hépatique propre et des branches artérielles intrahépatiques dont la modulation artérielle en analyse spectrale est celle d'un territoire à basse résistance.

Voies biliaires intrahépatiques

Elles ne sont habituellement pas visibles. Elles peuvent le devenir chez des sujets âgés, cholécystectomisés ou avec des antécédents d'obstacle. Leur convergence siège en avant de la bifurcation portale et c'est à ce niveau qu'il faut chercher une dilatation débutante. Leur calibre normal est inférieur à 3 mm. La voie biliaire principale est mesurée dans le pédicule. Son calibre normal est inférieur à 6 mm.

Variantes du foie normal

Les variations anatomiques du foie sont nombreuses, portant essentiellement sur le volume respectif des différents lobes et segments et sur la vascularisation hépatique. Elles sont d'un intérêt capital dans le bilan préchirurgical des hépatectomies partielles et des transplantations hépatiques.

Variations de localisation

Le foie peut être entièrement sous-costal. Le dôme hépatique peut être intrathoracique en cas de hernie diaphragmatique. Inversement, le foie peut être ptosé, avec un bord inférieur pouvant atteindre la crête iliaque, notamment chez les sujets âgés cyphotiques.

Variations de forme

La forme globale du foie est variable, celui-ci peut être horizontalisé, épais en profondeur, avec un bord inférieur dont l'angle est relativement ouvert, ne dépassant pas le gril costal. À l'inverse, le foie peut être verticalisé (sujets âgés ou longilignes), avec allongement du lobe droit.

Le lobe de Riedel est le lobe accessoire le plus fréquent, correspondant à une languette de parenchyme appendue à la pointe du lobe droit.

Variations de vascularisation

Les variations anatomiques du système porte sont fréquentes, retrouvées dans 15 à 20 % des cas. Il peut s'agir de l'absence de segment horizontal de la branche portale gauche, la vascularisation du foie gauche étant alors assurée par un rameau antérieur naissant de la branche segmentaire antérieure portale droite ou encore de l'absence de branche portale droite, le foie droit étant alors vascularisé par des rameaux naissant directement de la branche portale gauche ou du tronc porte principal. Ces éléments sont importants à décrire avant toute résection hépatique.

Points essentiels

- Le flux veineux portal est peu modulé surtout si on le compare à celui des veines sus-hépatiques.
- Le Doppler couleur permet la plupart du temps un repérage facile de l'artère hépatique.
- Les variations anatomiques du système porte sont fréquentes.
- Le calibre normal du cholédoque est inférieur à 6 mm.

Hépatopathies diffuses non tumorales

Hépatopathies non vasculaires

Stéatose hépatique

Elle est très fréquente et correspond histologiquement à une surcharge lipidique des hépatocytes. Ses étiologies sont multiples, le plus souvent retrouvées étant l'intoxication alcoolique, le diabète, l'obésité et les hyperlipidémies. Sur le plan évolutif, la stéatose peut se modifier relativement vite dans le temps.

La sensibilité et la spécificité de la détection de la stéatose hépatique par l'examen échographique en mode B sont très élevées.

Le foie peut être de taille normale, mais il existe le plus souvent une hépatomégalie harmonieuse.

La stéatose est le plus souvent homogène, se traduisant par une échogénicité accentuée du parenchyme hépatique, touchant l'ensemble du foie ou un lobe ou un segment, les limites de séparation entre foie sain et foie stéatosique étant alors nettes.

Il faut se référer à l'échogénicité du cortex rénal, le gradient hépatorénal étant augmenté. Il n'y a pas d'effet de masse : les structures vasculaires, notamment veineuses, traversent les plages stéatosiques sans être déviées ni comprimées et les contours hépatiques sont respectés.

Plus rarement, la stéatose est hétérogène, se manifestant par une ou plusieurs plages hyperéchogènes, de contours géographiques, d'aspect pseudo-tumoral (fig. 3.6).

À l'inverse, la stéatose peut également toucher l'ensemble du foie à l'exception d'une ou plusieurs zones de foie sain plus ou moins nodulaires, à différencier de lésions focales suspectes.

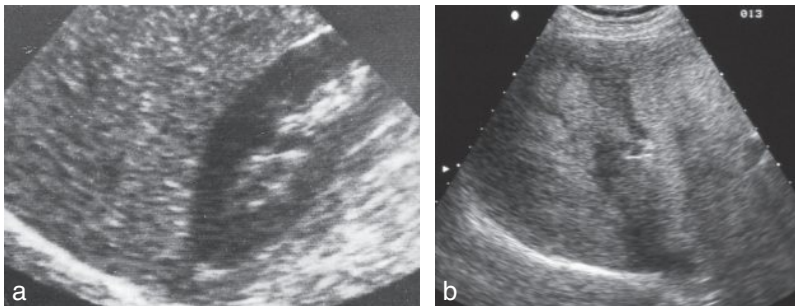


Fig. 3.6 Stéatose hépatique.

a. Coupe sagittale passant par le foie et le rein droit : aspect brillant hyperéchogène du foie droit avec majoration du gradient d'échogénicité hépatorénal. **b.** Stéatose hépatique en carte de géographie.

Cirrhose hépatique

La cirrhose est une entité anatomopathologique définie par l'association de lésions hépatocytaires, d'une fibrose désorganisant l'architecture lobulaire du foie et de nodules de régénération limités par la fibrose.

Les étiologies de la cirrhose sont diverses, les plus fréquentes étant la cirrhose éthylique (60 à 70 % des cas en Occident) et la cirrhose posthépatitique d'origine virale B ou C. Les autres causes de cirrhose (notamment cirrhose biliaire primitive, cirrhose sur hémochromatose) n'ont pas de caractères particuliers.

À l'échographie, le foie peut paraître strictement normal, mais il existe souvent des signes qui doivent attirer l'attention (fig. 3.7a) :

- dans la phase initiale, le foie est augmenté de taille, tandis que dans les stades tardifs de la cirrhose, le foie s'atrophie. Il est plus souvent atrophique dans la cirrhose éthylique que dans la cirrhose posthépatitique. Les modifications de volume sont généralement dysharmonieuses, avec une tendance à l'hypertrophie du segment I et du foie gauche par rapport au foie droit;
- les contours hépatiques sont plus ou moins finement bosselés. Les macronodules, fréquents dans les cirrhoses posthépatitiques, sont plus faciles à visualiser que les micronodules, dont la taille est de 1 à 3 mm. Le bord hépatique inférieur peut être émoussé ou déformé. Les parois vésiculaires sont souvent épaissies;
- le parenchyme hépatique reste habituellement homogène. Une hétérogénéité peut être en rapport avec une stéatose focale, avec des macronodules de régénération ou des zones de fibrose périportale, mais elle doit toujours faire craindre la survenue d'une greffe néoplasique;
- il existe une augmentation de la pression portale avec un ralentissement puis une inversion du flux portal;
- il se développe des dérivations portosystémiques et une hypertrophie de la rate. L'ensemble est en rapport avec des signes d'hypertension portale, à rechercher au même titre que l'ascite;
- il est indispensable de détecter l'apparition d'un éventuel hépatocarcinome.

Hémochromatose et autres hépatopathies rares de surcharge

La surcharge en fer (hémochromatose) ne présente pas de spécificité. Hépatomégalie, augmentation de l'échogénicité et atténuation ultrasonore sont habituelles. Le risque de carcinome hépato-cellulaire nécessite une surveillance.

Les autres hépatopathies rares de surcharge (glycogénoses, amylose, etc.) n'ont pas de caractère échographique spécifique.

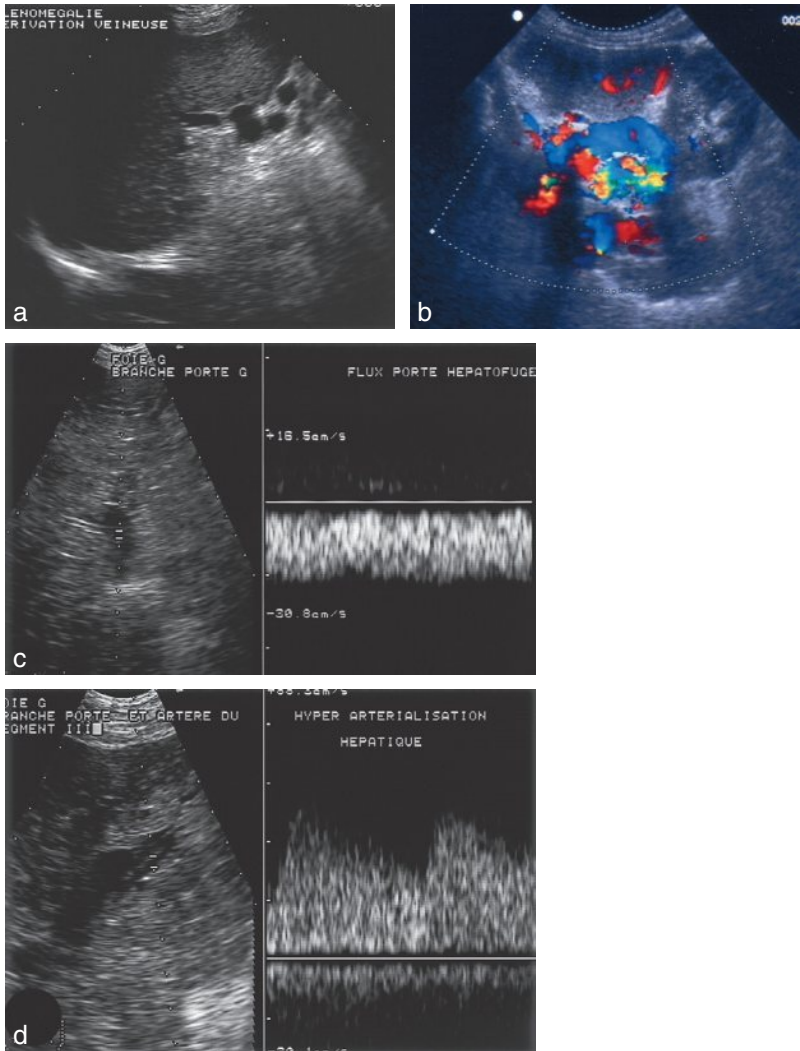


Fig. 3.7 Hypertension portale (HTP) sur cirrhose hépatique.

a, b. HTP et voies de dérivation veineuses spléno-rénales : splénomégalie homogène et volumineuses voies de dérivation spléno-rénales visualisées dans le hile de la rate et mieux illustrées par l'étude en Doppler pulsé. **c.** HTP et modifications du flux veineux portal : l'analyse spectrale du flux dans la branche portale gauche met en évidence une inversion du sens du flux = flux portal hépatofuge. **d.** HTP et artérialisation hépatique : grosse artère du segment III dont le débit est augmenté comme le montre l'analyse spectrale en Doppler pulsé.

Points essentiels

La stéatose est le plus souvent homogène, plus rarement hétérogène, prenant un aspect pseudo-tumoral.

Dans la cirrhose, les modifications de volume sont souvent dysharmonieuses, avec une tendance à l'hypertrophie du segment I, il faut rechercher des signes d'hypertension portale et de greffe néoplasique.

Hépatopathies vasculaires

Hypertension portale (cf. fig. 3.7)

Elle se définit par une pression portale supérieure à 15 mmHg et/ou un gradient porto-cave supérieur à 5 mmHg. Elle est liée à un obstacle qui peut se situer à trois niveaux : supra-hépatique (veines sus-hépatiques), intra-hépatique (cause la plus fréquente : cirrhose) ou encore infra-hépatique (veine porte).

Le diagnostic écho-Doppler d'HTP repose sur les modifications des structures veineuses en amont du foie et sur leur retentissement :

- le calibre de la veine porte est augmenté, il est supérieur à 12 mm et surtout il n'est pas modifié par le cycle respiratoire. L'examen Doppler met en évidence des anomalies du flux portal et dans l'HTP évoluée, le flux portal s'inverse, devenant hépatofuge;
- la mise en évidence de voies de dérivations veineuses portosystémiques, par l'étude en mode Doppler pulsé et couleur, signe le diagnostic d'HTP :
 - reperméabilisation de la veine ombilicale dans le ligament rond si l'obstacle est supra ou intra-hépatique,
 - dilatation de la veine coronaire stomacique (ou gastrique) en arrière du lobe gauche du foie, associée à des varices dans le petit épiploon ou autour du cardia,
 - dérivations spléno-rénales fréquentes et bien visibles autour du hile de la rate;
- les autres signes échographiques d'HTP sont l'existence d'une splénomégalie homogène, d'une ascite et l'examen Doppler peut mettre en évidence une artérialisation du foie, l'augmentation du débit sanguin dans l'artère hépatique et ses branches compensant la diminution du débit portal.

Thrombose portale

Elle peut être segmentaire ou globale. Elle est cruorique ou néoplasique.

Les thromboses cruoriques (fig. 3.8a et c) compliquent les sepsis, la chirurgie lourde intra-abdominale, les pancréatites, les infarctus intestinaux, les troubles de l'hémostase et l'hypertension portale. En cas d'hypertension portale sur cirrhose, une thrombose portale doit faire rechercher une greffe néoplasique.

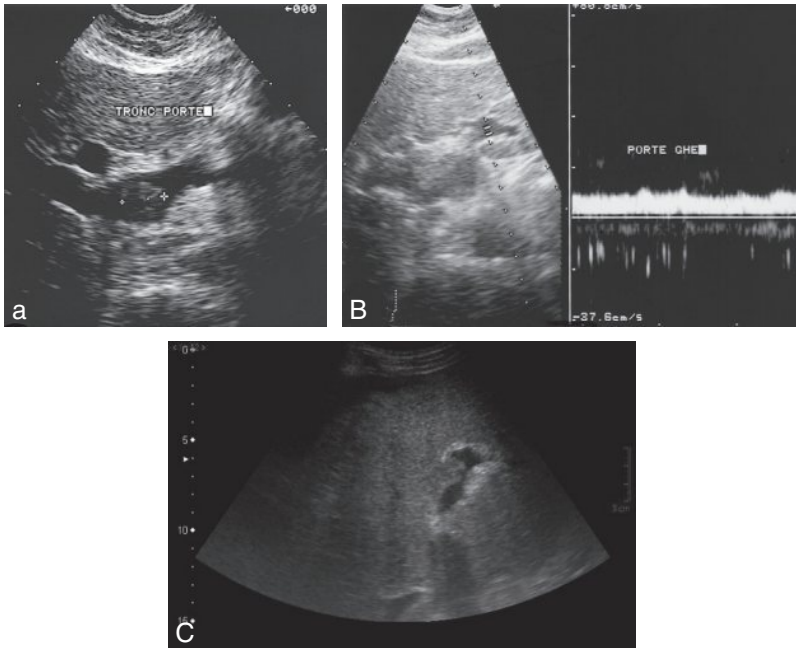


Fig. 3.8 Thrombose portale en échographie.

a, c. Thrombose crurique : la veine porte contient un matériel échogène occupant les 2/3 de sa lumière (**a**). Flux veineux portal hépatopète conservé dans la branche portale gauche en aval de la thrombose partielle du tronc porte (**c**). **b.** Thrombose tumorale partielle de la branche portale gauche (ascite).

Au stade aigu, l'échographie met en évidence une veine plutôt dilatée dont la lumière est obstruée par un matériel plus ou moins échogène. Au début, le thrombus peut être relativement hypoéchogène et la veine peut apparaître normale : l'examen Doppler est souvent indispensable pour affirmer le diagnostic, montrant, en cas de thrombose complète, une absence totale de signal et, en cas de thrombose partielle, une marginalisation du flux coloré dans la lumière portale en Doppler couleur.

Au stade chronique, la veine devient atrésique, pratiquement invisible, et il apparaît dans le pédicule hépatique un cavernome portal, fait d'un réseau variqueux de suppléance, dont la visualisation en Doppler couleur est immédiate.

Les thromboses néoplasiques compliquent souvent les hépatocarcinomes, plus rarement les néoplasies biliaires ou pancréatiques. La veine est plus ou moins

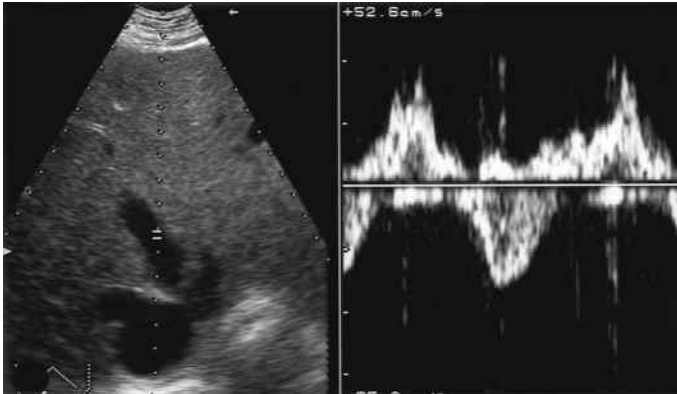


Fig. 3.9 Foie cardiaque : veine sus-hépatique médiane dilatée avec modifications de son analyse spectrale, se traduisant par une majoration du reflux sanguin lors de la contraction auriculaire.

comblée par du tissu de même échogénéicité que la tumeur. Elle est souvent très dilatée et déformée. L'utilisation de PCUS peut montrer la vascularisation tumorale du thrombus.

Foie cardiaque

L'insuffisance cardiaque droite doit être suspectée devant une hépatomégalie douloureuse avec des veines hépatiques dilatées, dont le calibre n'est pas modifié au cours du cycle respiratoire et dont les abouchements dans la veine cave inférieure sont béants. Celle-ci est dilatée, même en expiration et les flux enregistrés dans les veines hépatiques reflètent la défaillance de la contraction auriculaire droite (fig. 3.9). On recherchera une ascite, un épanchement pleural, un épanchement péricardique ou une dilatation de l'oreillette droite.

Syndrome de Budd-Chiari

Il correspond à un obstacle sur le drainage veineux sus-hépatique qui peut être global ou segmentaire, aigu ou chronique.

Des modifications écho-Doppler sont presque toujours notées.

Typiquement, le foie est volumineux et l'hypertrophie siège surtout sur le segment I qui prend en charge le drainage veineux sus-hépatique, celui-ci se faisant soit directement dans la veine cave inférieure, soit par l'intermédiaire de connexions veineuses intra-hépatiques. Le segment I est parfois énorme, refoulant et comprimant la veine porte et surtout la veine cave inférieure. L'échogénéicité du foie est habituellement diminuée de façon globale. Dans les formes chroniques, le segment I a tendance à s'atrophier et le foie prend un aspect cirrhotique non spécifique.

L'aspect des veines sus-hépatiques et de la veine cave inférieure permet en général d'évoquer la cause du syndrome de Budd-Chiari : thrombose veineuse crurorique ou néoplasique, compression extrinsèque du confluent sus-hépatique par une tumeur intra-hépatique plus souvent qu'extra-hépatique, anomalie congénitale dans les formes chroniques (diaphragme veineux cave ou sus-hépatique, agénésie ou hypoplasie veineuse globale ou segmentaire).

Aéroportie

La présence d'air dans le système porte, se traduisant par un aspect hyperéchogène et réfléchissant visualisé jusqu'à la périphérie du foie, confirmé par l'ASP (abdomen sans préparation), complique chez l'adulte l'infarctus mésentérique à un stade évolué. Le diagnostic différentiel de l'aéroportie est l'aérobilie qui correspond à la présence d'air dans les voies biliaires, conséquence d'un iléus biliaire ou d'une anastomose bilio-digestive chirurgicale et qui siège dans la région centrale biliaire.

Autres causes d'hépatopathies vasculaires

Elles sont rares et regroupent :

- la maladie veino-occlusive, liée à un rétrécissement de la lumière des petites veines sus-hépatiques centro et sus-lobulaires, conduisant à un tableau clinique identique à celui du syndrome de Budd-Chiari;
- la maladie de Rendu-Osler, où des fistules artérioveineuses multiples entraînent une hypervascularisation du foie avec augmentation du calibre de l'artère hépatique et des veines sus-hépatiques;
- les fistules artérioportales intra-parenchymateuses, où l'écho-Doppler met en évidence une dilatation artérioveineuse segmentaire à gros débit;
- l'infarctus hépatique d'origine artérielle ou artérioportale, souvent lié à un traumatisme chirurgical et où l'échographie révèle des remaniements aspécifiques de l'échostructure hépatique.

Points essentiels

Diagnostic écho-Doppler d'HTP : le calibre de la veine porte est supérieur à 12 mm, il existe des voies de dérivations veineuses porto-systémiques, une splénomégalie homogène, une ascite.

La thrombose porte peut être segmentaire ou globale. Elle est crurorique ou néoplasique.

Hépatopathies tumorales

Tumeurs bénignes

Kyste biliaire

Formation kystique très fréquente, le kyste biliaire est le plus souvent totalement asymptomatique.

L'échographie est la technique la plus performante pour en affirmer la nature kystique. Dans sa forme isolée, non compliquée, le kyste se présente comme une image anéchogène (fig. 3.10), arrondie ou polylobée, avec un renforcement postérieur. Il est habituellement de petite taille, une grande taille étant le plus souvent observée chez les sujets âgés. Il n'y a ni paroi ni cloison, et le kyste ne communique pas avec les voies biliaires.

Les kystes multiples sont fréquents, de sémiologie identique à celle du kyste simple. La polykystose hépatorénale associe des kystes rénaux aux kystes hépatiques dont la taille, le nombre et la situation sont très variables, aboutissant parfois à une hépatomégalie importante.

Les kystes peuvent grandir lentement pour dépasser 10 cm, devenant palpables. À l'inverse, certains kystes peuvent régresser. La ponction, si elle est pratiquée, ramène un liquide séreux.

Les complications, infectieuses ou hémorragiques, des kystes sont rares, pratiquement toujours réservées à la polykystose, avec apparition de fins échos intrakystiques, responsables d'un aspect en verre dépoli avec ou sans sédiment.

Les pièges diagnostiques sont les métastases nécrosées et les masses hypoéchogènes, notamment les lymphomes ou le kyste hydatique jeune, la maladie de Caroli.



Fig. 3.10 Kyste biliaire simple : formation arrondie anéchogène à contours nets avec renforcement postérieur.

Angiome hépatique

Tumeur vasculaire de type caverneux comportant des lacs sanguins capillaires à circulation lente, l'angiome hépatique est très fréquent, pratiquement toujours asymptomatique et solitaire dans 90 % des cas.

À l'échographie (fig. 3.11) :

- dans sa forme typique, l'angiome se présente comme une petite formation arrondie de taille inférieure à 3 cm, de contours nets et réguliers. Son échostructure est habituellement hyperéchogène, homogène avec un renforcement acoustique postérieur et sans halo hypoéchogène périphérique. Il est théoriquement compressible sous la sonde quand il est de siège périphérique et n'entraîne pas d'effet de masse. En Doppler, la plupart du temps, l'angiome ne donne pas de signal;
- les vaisseaux nourriciers et de drainage peuvent être visualisés au bord de la lésion;
- plus rarement, l'angiome hépatique est hypoéchogène, homogène (notamment au sein d'un foie stéatosique) ou hétérogène avec des zones centrales hypoéchogènes et alors volontiers volumineux.

Les complications de l'angiome (nécrose, hémorragie) sont rares.

Le diagnostic différentiel se pose dans la forme typique avec certaines métastases hyperéchogènes (endocrines).

Adénome hépatique

Tumeur hépatocytaire rare bénigne vascularisée et entourée d'une capsule fibreuse, l'adénome hépatique se voit essentiellement chez la femme (90 % des cas) jeune (25 à 35 ans) et sa survenue est favorisée par la prise d'œstroprogestatifs lourdement dosés ou d'androgènes. Souvent palpable ou responsable de douleurs, sa découverte est néanmoins fortuite dans 30 % des cas.

L'échographie montre une lésion focale arrondie ou ovalaire, bien limitée, dont l'échostructure est variable, hypoéchogène ou faiblement hyperéchogène, en principe homogène sauf en cas de remaniements nécrotiques ou hémorragiques. Le Doppler peut favoriser le repérage d'une lésion isoéchogène en montrant, si l'adénome est important, une augmentation du calibre et du flux dans l'artère hépatique ou dans la branche artérielle segmentaire alimentant la lésion. En cas d'adénome non remanié, un signal Doppler de type artériel pulsatile peut être identifié au sein de la tumeur.

Des complications évolutives sont possibles : nécrose et surtout hémorragie pour les lésions volumineuses (l'hémorragie intrapéritonéale est parfois cliniquement inaugurale), dégénérescence pour ceux avec atypies cellulaires.

Le diagnostic différentiel se pose avec les autres lésions focales intrahépatiques bénignes, notamment l'hyperplasie nodulaire focale, et surtout malignes comme l'hépatocarcinome dans sa forme nodulaire.

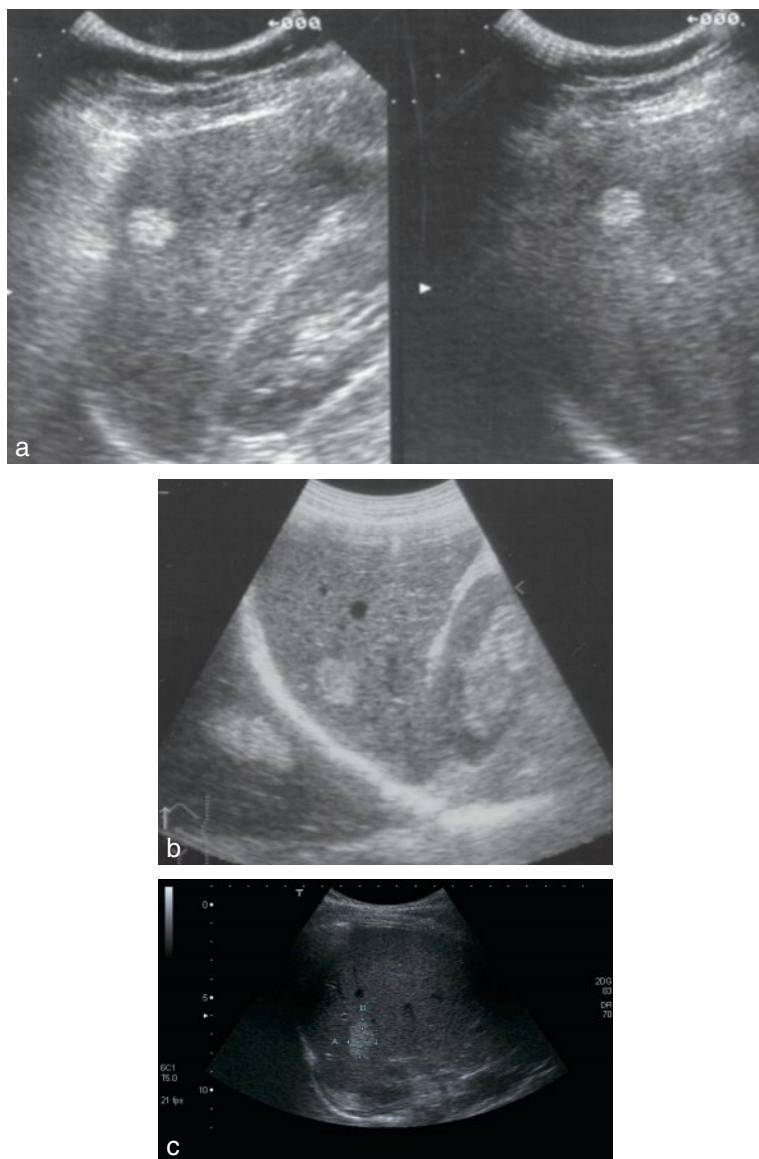


Fig. 3.11 Angiome hépatique.

a. Formation nodulaire arrondie à contours bien limités, hyperéchogène ou homogène, siégeant dans le segment VI en regard du rein droit. **b.** Angiome du segment VI avec image fantôme en miroir sus-diaphragmatique. **c.** Angiome hépatique du segment VII : image hyperéchogène à contours nets et bien limités avec renfort postérieur.

Hyperplasie nodulaire focale (HNF)

Lésion nodulaire bénigne du foie constituée d'hépatocytes, de cellules de Kupfer et de canaux biliaires, et centrée sur une région fibreuse renfermant des structures vasculaires (« cicatrice »), l'HNF se rencontre essentiellement mais non exclusivement chez la femme (80 % des cas) en moyenne plus âgée (40 ans) que pour l'adénome. Classiquement, sa survenue est sans relation avec la prise d'œstrogènes. Elle est le plus souvent unique, parfois multifocale (20 % des cas) et, la plupart du temps, asymptomatique de découverte fortuite.

À l'échographie, l'HNF réalise une tumeur arrondie aux limites mal visibles (fig. 3.12), dont l'échostructure est variable, souvent isoéchogène au parenchyme hépatique voisin, parfois hyperéchogène ou au contraire faiblement hypoéchogène. Elle est pratiquement toujours homogène et peut être responsable d'un syndrome de masse avec déviation des vaisseaux portes ou sus-hépatiques ou d'une voussure sous-capsulaire. La zone fibreuse centrale est rarement visible à l'échographie sous forme d'une ligne échogène, en revanche, le Doppler permet de confirmer la présence de structures vasculaires en son sein, sous forme d'un signal de type artériel pulsatile.

Les complications de l'HNF (hémorragie, nécrose) sont exceptionnelles.

Le diagnostic différentiel est constitué par l'adénome, l'hépatocarcinome surtout dans sa forme fibrolamellaire et les métastases.

L'apport des PCUS est essentiel pour le diagnostic positif.

Autres tumeurs bénignes du foie

Les lésions graisseuses regroupent :

- le lipome hépatique qui se présente à l'échographie comme une masse arrondie homogène et hyperéchogène ;
- l'angiomyolipome hépatique qui s'observe au cours de la sclérose tubéreuse de Bourneville et réalise, à l'échographie, une formation plus ou moins hyperéchogène suivant l'importance de sa composante graisseuse ;
- le cystadénome bénin, rare. C'est une tumeur à composante kystique parfois compressive, qu'il faut différencier du kyste simple. Il peut dégénérer en cystadénocarcinome. La ponction est utile, ramenant un liquide de type mucoïde.

Points essentiels

Le kyste se présente comme une image anéchogène, arrondie ou polylobée, avec un renforcement postérieur. Il n'y a ni paroi, ni cloison.

L'angiome se présente comme une petite formation arrondie de taille inférieure à 3 cm, de contours nets et réguliers, hyperéchogène, homogène avec un renforcement acoustique postérieur.

L'apport des PCUS est essentiel pour le diagnostic positif de l'HNF.

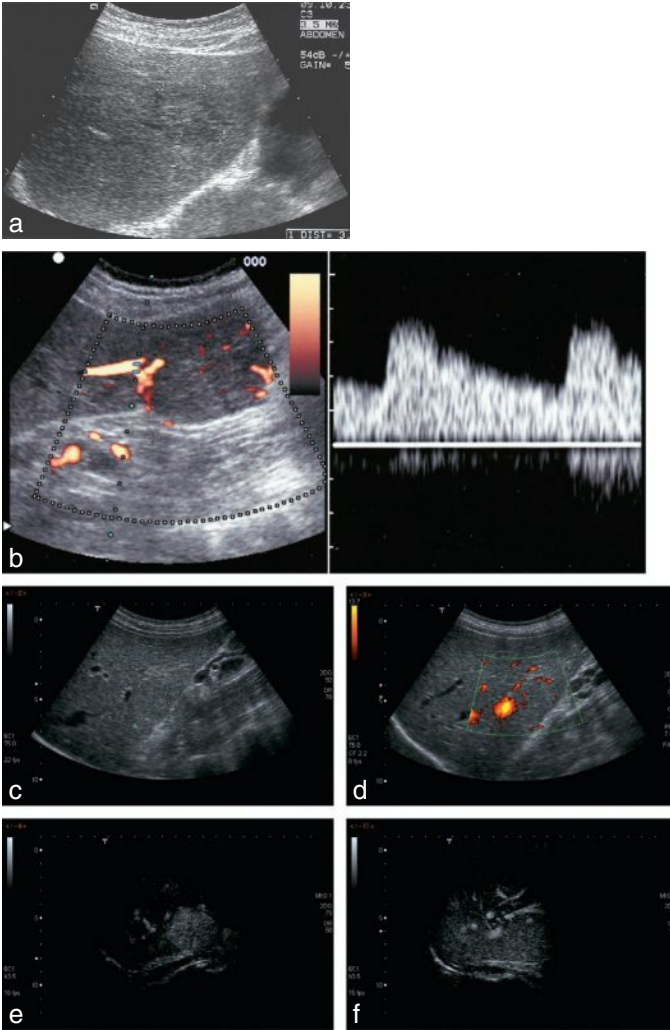


Fig. 3.12 Hyperplasie nodulaire focale.

a. Formation nodulaire intrahépatique aux contours mal limités, pratiquement isoéchogène au parenchyme hépatique adjacent. **b.** Formation iso ou hypoéchogène, avec signal artériel en Doppler couleur et en analyse spectrale. **c.** Formation isoéchogène du parenchyme hépatique de siège sous-capsulaire (soulignée par les croix). **d.** Même image en Doppler puissance : noter la cicatrice centrale hypervasculaire. **e.** Après injection intraveineuse de PCUS : prise de contraste en travée d'aspect étoilé. Lors de la phase artérielle plus tardive : forte imprégnation donnant une image hyperéchogène après injection. **f.** Lors de la phase veineuse : lavage précoce du produit de contraste.

Tumeurs malignes primitives

Hépatocarcinome ou carcinome hépatocellulaire (CHC)

Le CHC est la tumeur primitive du foie la plus fréquente. Dans 90 % des cas, elle survient sur un foie pathologique : en France, la cirrhose hépatique d'origine alcoolique est l'étiologie première de ce type de carcinome.

En Afrique et en Asie du Sud-Est, il s'agit de la cirrhose posthépatitique et de l'hépatite chronique active. Le CHC complique également fréquemment l'hémochromatose.

Le CHC est une prolifération hépatocytaire maligne, pouvant se présenter sur le plan macroscopique essentiellement sous deux aspects, nodulaire (encapsulé) ou infiltratif. La tumeur est vascularisée à partir du réseau artériel hépatique, envahissant rapidement les structures veineuses portales et sus-hépatiques, le foie étant ensuite colonisé par des nodules filles.

L'échographie est l'examen de dépistage du CHC sur cirrhose (fig. 3.13a) :

- dans la forme nodulaire, la tumeur est ronde ou polylobée (fig. 3.13b et c), plutôt hypoéchogène quand elle est de petite taille, hyperéchogène quand elle est de grande taille. Un halo hypoéchogène périphérique est très évocateur. La

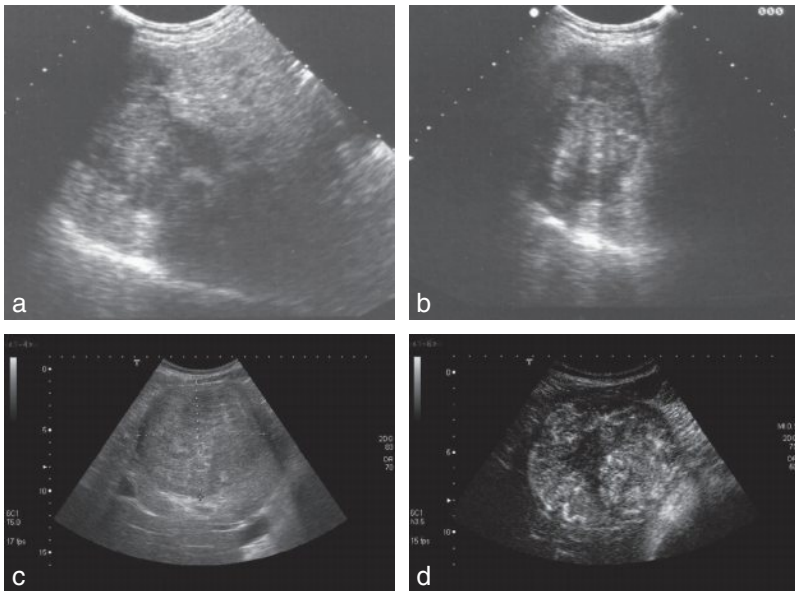


Fig. 3.13 Carcinome hépatocellulaire.

a. Carcinome hépatocellulaire sur cirrhose, masse nodulaire polylobée, hétérogène solide. **b.** Gros nodule hétérogène du lobe droit. **c.** Volumineuse masse hétérogène du foie droit à contours polylobés. **d.** Après injection de PCUS : la masse prend un aspect hypervascularisé lors du temps artériel précoce.

grande variabilité de l'échogénicité tient à la présence de nécrose et d'hémorragie, au contenu lipidique plus ou moins important de la tumeur et aussi à l'échogénicité du parenchyme hépatique environnant ;

- le nodule est unique ou multiple (CHC multifocal) et, la tumeur étant vascularisée, le Doppler peut mettre en évidence des signaux vasculaires qui sont soit de type artériel pulsatile, soit de type veineux continu ;

- dans la forme nodulaire encapsulée, la capsule se présente sous forme d'un halo hypoéchogène périphérique. Le nodule est toujours rond, bien limité, de contours réguliers. Cette forme est d'évolution lente, le nodule pouvant atteindre jusqu'à 10 cm, voire plus sans envahissement portal ;

- dans la forme infiltrative, on retrouve une plage d'échostructure hétérogène mal limitée, pouvant être difficile à différencier du reste du foie sain.

L'échographie permet en outre de faire le bilan d'extension du CHC :

- l'extension vasculaire : l'envahissement portal est le plus fréquent. Le bourgeon tumoral se traduit par la présence de matériel échogène intraluminal dans une branche portale élargie. La paroi du vaisseau porte reste visible sous forme d'un liseré hyperéchogène et le Doppler pulsé et couleur augmente la sensibilité de détection de ces thromboses néoplasiques. L'extension veineuse sus-hépatique est plus rare ;

- l'extension biliaire n'est pas exceptionnelle ; le bourgeon tumoral intrabiliaire peut être responsable d'une dilatation asymétrique des voies biliaires intra-hépatiques ;

- l'extension ganglionnaire ; notamment au niveau du pédicule hépatique et cœliomésentérique.

La découverte d'un syndrome tumoral sur une hépatopathie chronique est très évocatrice de CHC. Il peut cependant s'agir de nodules de régénération.

En échographie de contraste, le CHC est hypervasculaire (fig. 3.13d) par rapport au tissu hépatique environnant qui ne présente pas d'effet de contraste perceptible à un temps précoce. Ceci est un signe de la néovascularisation de la tumeur.

Les nodules de régénération peuvent également présenter un caractère hypervasculaire. L'analyse de la phase veineuse portale permet de différencier ces nodules, iso-intenses, du caractère hypoéchogène du CHC. L'échographie de contraste a prouvé son efficacité dans le diagnostic différentiel des nodules cirrhotiques (de régénération et hyperplasiques).

Une élévation significative de l'alphafoetoprotéine ou un bourgeon endovasculaire portal permettent d'évoquer le diagnostic de CHC. La ponction échoguidée permet d'obtenir la preuve histologique.

D'un point de vue de diagnostic différentiel, il est également nécessaire d'envisager les angiomes non typiques, les adénomes, les métastases de tumeurs hypervasculaires (rein, sein, tumeurs carcinoïdes, etc.).

Les métastases de tumeurs primitives extrahépatiques sont cependant rares dans un foie cirrhotique.

Autres tumeurs malignes primitives du foie

Carcinome fibrolamellaire

Tumeur rare, survenant chez le sujet jeune au foie sain, sans élévation de l'alphafoetoprotéine, son pronostic est meilleur que celui du CHC.

La lésion peut se présenter de façon analogue à une HNF, dont elle constitue le diagnostic différentiel, avec une zone fibreuse centrale. L'aspect peut être également celui d'un CHC classique réalisant une formation nodulaire bien limitée avec souvent des calcifications centrales.

Cholangiocarcinome intrahépatique (CCC)

Deuxième tumeur primitive hépatique en fréquence après le CHC, elle peut se développer en extra-hépatique le long des voies biliaires, dans le hile du foie tumeur de Klatskin (le CCC hilair est le plus fréquent), mais ils peuvent aussi apparaître comme des tumeurs solides primaires dans le foie développées à partir des voies biliaires intra-hépatiques (CCC périphérique).

Pour le type périphérique, l'aspect à l'échographie est celui d'une tumeur souvent unique, hyperéchogène, homogène.

On peut retrouver des nodules satellites multiples, des adénopathies pédiculaires et une dilatation localisée, asymétrique, des voies biliaires intra-hépatiques. Il est difficile de différencier cette tumeur du CHC quand existe une élévation de l'alphafoetoprotéine (25 % des cas). Contrairement au CHC qui est observé le plus souvent sur un foie de cirrhose, le CCC se développe le plus souvent sur un foie non cirrhotique.

Cystadénocarcinome biliaire

Tumeur rare provenant de la dégénérescence d'un cystadénome biliaire, elle prédomine chez la femme autour de la cinquantaine. À l'échographie, elle se présente comme une formation kystique avec des septa, des bourgeons et des épaissements localisés de la paroi.

Hémangioendothéliome épithélioïde

Tumeur rare correspondant à une prolifération vasculaire maligne d'évolution lente, elle se traduit à l'échographie, dans les formes évocatrices, par de multiples lésions focales hypoéchogènes parfois calcifiées essentiellement sous capsulaires.

Angiosarcome

Tumeur également rare d'origine vasculaire, décrite comme conséquence d'une exposition à certains agents physiques ou chimiques, elle se présente à l'échographie comme une formation bien limitée hyperéchogène et hétérogène.

Très proches histologiquement, les lésions hépatiques du sarcome de Kaposi au cours du sida sont presque toujours associées à une atteinte cutanée ou digestive. À l'échographie, l'atteinte hépatique peut se manifester par de multiples nodules hyperéchogènes disséminés dans le foie ou par une infiltration hyperéchogène périportale en bande.

Points essentiels

L'échographie est l'examen de dépistage du CHC sur cirrhose.
Le nodule est unique ou multiple (CHC multifocal).
Dans la forme infiltrative, on retrouve une plage d'échostructure hétérogène.
L'échographie permet de faire le bilan d'extension vasculaire du CHC.

Tumeurs malignes secondaires

Métastases

Ce sont les tumeurs hépatiques les plus fréquentes.

Les caractéristiques particulières du réseau veineux porte favorisent les métastases hémotogènes dans le foie. Les cancers coliques sont responsables de 50 % des localisations secondaires hépatiques, viennent ensuite les cancers du poumon et du sein.

L'échographie (fig. 3.14) est une technique très sensible pour la détection de ces lésions (près de 5 % de lésions supérieures à 2 cm sont dépistées à l'échographie) :

- uniques ou multiples, elles sont rondes, ovalaires, polylobées, parfois confluentes. Leurs contours sont mal limités. Elles sont responsables d'un effet de masse, bosselant les contours du foie pour les lésions superficielles, refoulant et déviant les vaisseaux portes et sus-hépatiques pour les localisations plus profondes;
- leur échostructure est très polymorphe. Les nodules hyperéchogènes sont les plus fréquents (60 % des cas), les nodules hypoéchogènes ne sont pas rares ainsi que les formes mixtes;
- un nodule en cocarde à centre hyperéchogène entouré d'un halo hypoéchogène est très évocateur d'une lésion secondaire intra-hépatique. Un centre hypoéchogène correspond souvent à une nécrose centrale. Un aspect en damier hyper et hypoéchogène est en rapport avec la juxtaposition de zones nécrosées et de zones hémorragiques.

Il n'y a pas de corrélation franche entre l'aspect échographique et le type histologique de la tumeur primitive. On peut néanmoins signaler quelques formes particulières : les métastases hypervasculaires des cancers endocriniens et des carcinoïdes sont volontiers hyperéchogènes, mimant les angiomes, donnant un signal Doppler analogue à celui du CHC; les métastases à contenu pseudo-kystique, simulant un kyste ou un abcès, sont observées notamment dans les localisations secondaires de mélanome qui sont rapidement extensives, se compliquant de nécrose centrale; les formes infiltrantes ont des contours mal circonscrits et dans les atteintes diffuses (souvent observé dans les cancers du sein), l'aspect échographique de remaniement architectural mal défini du foie est très trompeur.

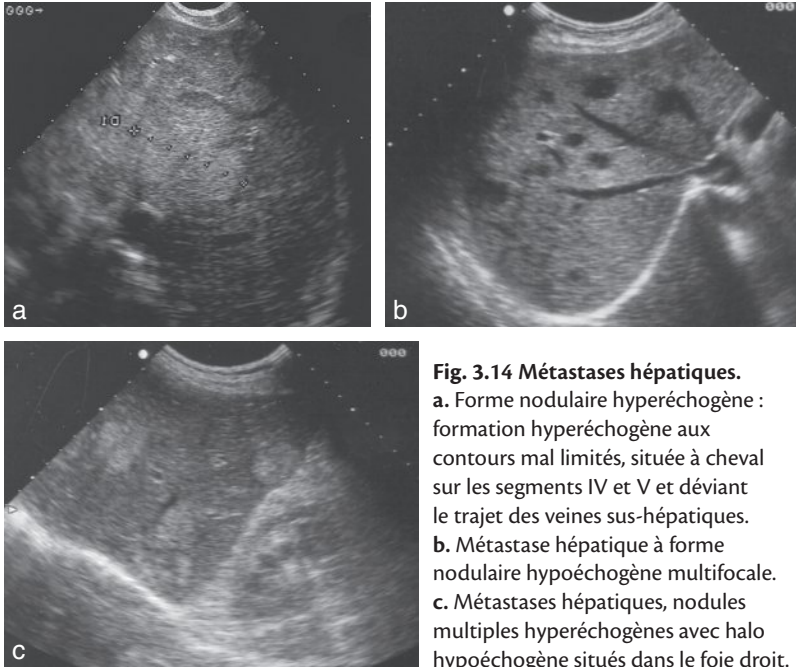


Fig. 3.14 Métastases hépatiques.

a. Forme nodulaire hyperéchogène : formation hyperéchogène aux contours mal limités, située à cheval sur les segments IV et V et déviant le trajet des veines sus-hépatiques.

b. Métastase hépatique à forme nodulaire hypoéchogène multifocale.

c. Métastases hépatiques, nodules multiples hyperéchogènes avec halo hypoéchogène situés dans le foie droit.

Outre son rôle diagnostique, l'échographie permet également de faire le bilan d'extension abdominale de la néoplasie primitive : recherche d'adénopathies coéliquales et mésentériques, envahissement rénal, diaphragmatique ou péritonéal par contiguïté.

Lymphomes

La localisation hépatique s'observe dans 50 % des lymphomes. Il s'agit aussi bien d'une maladie de Hodgkin que de lymphomes non hodgkiniens.

L'aspect échographique est soit celui d'une infiltration hyperéchogène périportale, soit une forme multinodulaire. Les nodules sont alors hypéoéchogènes et il faut savoir les différencier de simples kystes car ces formes pseudo-kystiques n'ont pas de renforcement postérieur.

Points essentiels

Les métastases sont les tumeurs hépatiques les plus fréquentes.
L'échographie est une technique très sensible pour leur détection.
Un nodule en cocarde à centre hyperéchogène entouré d'un halo hypoéchogène est très évocateur d'une lésion secondaire intra-hépatique.

Hépatopathies infectieuses et parasitaires

Abcès hépatiques

Abcès à pyogènes

C'est une suppuration collectée dans le parenchyme hépatique, le plus souvent due à une bactérie Gram négatif.

Dans plus de 2/3 des cas, l'abcès est unique, généralement localisé dans le foie droit, mais il peut être multiple, notamment en cas d'immunodépression. Les causes des abcès sont nombreuses : surinfection d'une lésion hépatique préexistante (hématome traumatique, foyer de nécrose par embolie ou thrombose de l'artère hépatique ou par embolisation ou alcoolisation thérapeutique, kyste), inoculation septique du parenchyme hépatique de contiguïté (abcès vésiculaire ou sous-phrénique), par voie biliaire (angiocholite lithiasique ou sur sténose tumorale), portale (sigmoïdite diverticulaire) ou artérielle (septicémie).

Devant un tableau clinique associant hépatomégalie fébrile et douloureuse avec hyperleucocytose, l'échographie est l'examen essentiel pour le diagnostic, montrant des images variables suivant le stade évolutif : au début, la lésion est plutôt hyperéchogène, de contours flous ; très vite, le centre de la lésion devient hypoéchogène, cette variabilité dans le temps étant très évocatrice d'une pathologie infectieuse ; quelques jours plus tard, la lésion a encore augmenté, globalement hypoéchogène avec des échos internes rassemblés parfois en partie déclive donnant un niveau horizontal, entourée d'une coque plus ou moins épaisse et s'accompagnant d'un net renforcement postérieur : l'abcès est alors collecté.

La ponction de la lésion par voie percutanée sous guidage échographique permet d'affirmer formellement le diagnostic en retirant du pus, éliminant ainsi une lésion focale tumorale (métastase nécrosée, CHC, lymphome), d'isoler le germe responsable pour le choix de l'antibiothérapie et enfin de mettre en place éventuellement un drainage de l'abcès.

Abcès amibien

L'amibiase hépatique fait toujours suite à une atteinte intestinale, due au passage des amibes à travers la paroi colique vers le foie. La phase d'envahissement du parenchyme hépatique (hépatite amibienne) est suivie d'une phase de collection



Fig. 3.15 **Abcès amibien du foie.** Formation hypoéchogène, d'échostructure finement échogène située dans le foie droit à proximité du rein droit et s'accompagnant d'un renforcement postérieur. La structure hyperéchogène au sein de l'abcès correspond au drain d'évacuation.

(abcès amibien). Le tableau clinique, hépatomégalie douloureuse et fébrile chez un patient revenant d'un séjour outre-mer, impose le sérodiagnostic qui permet d'affirmer la maladie.

À l'échographie (fig. 3.15), le kyste amibien est le plus souvent unique, localisé au foie droit. La lésion est arrondie, hypoéchogène, sans image nette de coque, mais avec un net renforcement postérieur.

Points essentiels

L'abcès collecté est globalement hypoéchogène avec des échos internes rassemblés parfois en partie déclive donnant un niveau horizontal, entouré d'une coque plus ou moins épaisse et s'accompagnant d'un net renforcement postérieur.

Parasitoses hépatiques

Échinococcoses

Hydatidose

C'est la plus fréquente des échinococcoses. Chez l'homme, hôte intermédiaire accidentel, le kyste hydatique est lié au développement de la larve d'*Echinococcus granulosus*, tænia du chien. Les kystes hydatiques hépatiques se développent très lentement sur plusieurs années et la symptomatologie clinique reste longtemps discrète.

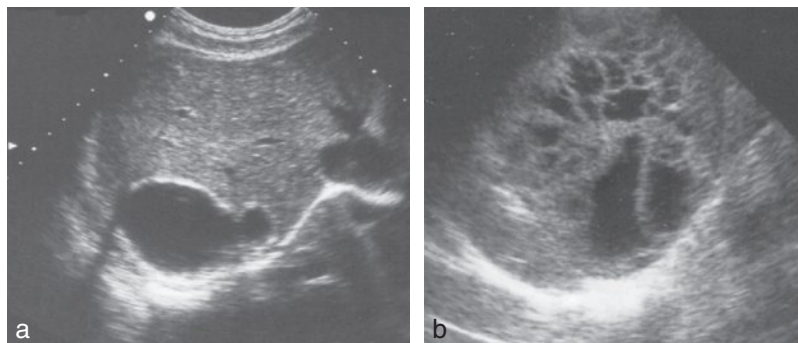


Fig. 3.16 Kyste hydatique.

- a.** Formation ronde liquidienne. La présence d'une paroi et d'un fin granité échogène interne permet de la différencier d'un kyste biliaire simple. Kyste de type 1.
- b.** Formations kystiques hydatiques, hydatides filles entourant la lésion centrale, lui donnant un aspect en nid d'abeille. Kyste de type 3.

L'échographie est très performante pour dépister les kystes hydatiques (fig. 3.16) à différents stades de développement et la classification de Gharbi permet de séparer cinq types évolutifs échographiques :

- le type 1 correspond à une lésion ronde, purement liquidienne avec renforcement postérieur. La recherche d'un épaissement localisé de la paroi, de calcifications pariétales, de sable hydatique sous forme d'un granité échogène, peuvent permettre de différencier cette lésion d'un kyste biliaire simple ;
- le type 2 voit l'apparition d'un décollement de la membrane prolifère qui flotte dans la lumière du kyste et est pathognomonique de l'affection ;
- le type 3 répond au développement de kystes à parois propres à l'intérieur de la lésion mère, lui aussi pathognomonique. L'échographie visualise alors des cloisons internes, parfois non visibles en tomodensitométrie ;
- le type 4 est trompeur puisque la lésion prend l'aspect d'une masse solide hyperéchogène et hétérogène. L'étude attentive recherche un aspect feuilleté, une couronne liquidienne ou des vésicules filles ;
- le type 5 est entièrement calcifié, responsable d'une image hyperéchogène curviligne projetant un net cône d'ombre postérieur.

Des complications sont possibles. L'infection du kyste se traduit par une disparition de sa forme ronde et par la présence de gaz à l'intérieur. Sa rupture intrabiliaire est responsable d'un effondrement du kyste et de la présence de matériel échogène dans les voies biliaires intra-hépatiques ou dans la vésicule.

Échinococcose alvéolaire du foie

Il s'agit d'une parasitose rare et de mauvais pronostic, limitée, en France au quart nord-est du pays. Elle est liée à l'infection par *Echinococcus multilocularis* et, chez l'homme, hôte intermédiaire accidentel, le développement intra-hépatique du parasite provoque une infiltration rapide du parenchyme avec envahissement des structures vasculaires et biliaires.

L'échographie retrouve une infiltration hyperéchogène du foie associée à des plages hypoéchogènes, liquidiennes, mal limitées et à des calcifications. L'atteinte hilare avec dilatation des voies biliaires intra-hépatiques est quasi constante.

Distomatoses

La plus fréquente en Occident est l'infection à *Fasciola hepatica*, liée à l'ingestion de végétaux aquatiques sauvages comme le cresson. Le parasite franchit la muqueuse gastrique puis la capsule de Glisson. Il migre ensuite dans le parenchyme hépatique, responsable alors cliniquement d'une hépatomégalie douloureuse pour atteindre les voies biliaires périphériques pouvant conduire à des accès d'angiocholite. Le diagnostic repose sur la sérologie et, sous traitement, la maladie régresse en général sans séquelles.

L'échographie retrouve les deux phases cliniques de l'infection :

- à la phase parenchymateuse, des plages mal systématisées, habituellement sous-capsulaires et d'échostructure variable sont mises en évidence;
- à la phase d'état, les parasites peuvent être vus dans la vésicule sous forme de nodules échogènes à centre hypoéchogène, sans renforcement postérieur.

Bilharzioses

L'atteinte hépatique est liée à un essaimage des schistosomes dans le système porte entraînant une hypertension portale dont l'importance varie suivant le type de schistosome en cause.

Les signes échographiques retrouvés, liés à l'hypertension portale, n'ont aucun caractère de spécificité.

Tuberculose

L'atteinte histologique du foie est très fréquente au cours des tuberculoses pulmonaires et péritonéales. Elle n'a, en règle, aucune traduction échographique. Des macronodules tuberculeux pseudo-tumoraux ont été décrits, mais sont très rares : ils sont hypoéchogènes, hétérogènes et partiellement nécrosés. Des adénopathies du pédicule hépatique ou de la région coélique peuvent être associées.

Points essentiels

L'échographie est très performante pour dépister les kystes hydatiques. La classification de Gharbi permet de séparer cinq types évolutifs échographiques.

Hépatites et périhépatites

Hépatites

Au stade aigu, l'échographie est le plus souvent normale. Cependant, il peut exister une hépatomégalie, une douleur au passage de la sonde et un épaississement modéré des parois de la vésicule. Fait important, les voies biliaires ne sont pas dilatées, ce qui élimine un obstacle.

Au stade chronique, outre l'hépatomégalie, on peut observer des signes d'évolution vers la cirrhose.

Périhépatites

L'infection génitale à *Chlamydia* ou à gonocoques peut se propager au péritoine périhépatique et donner un tableau clinique proche de la cholécystite aiguë (syndrome de Fitz-Hugh-Curtis).

L'échographie permet d'éliminer une cholécystite aiguë lithiasique, parfois de retrouver un épaississement péri hépatique, une douleur au passage de la sonde.

Traumatismes hépatiques

Les contusions fermées sont les plus fréquentes et l'association à d'autres atteintes notamment abdominales grèvent lourdement le pronostic.

En cas de lésion hépatique fermée, l'examen clinique est assez fréquemment en défaut et l'échographie, qui peut être de réalisation technique difficile, est l'examen de débrouillage (fig. 3.17) :

- dans les traumatismes hépatiques sans rupture de la capsule, l'échographie objective une zone hyperéchogène sous-capsulaire de forme bilentriculaire ou une zone arrondie hyperéchogène centrohépatique. L'évolution spontanée de ces lésions se fait vers la liquéfaction, l'image devenant hypoéchogène ;
- en cas de rupture de la capsule, l'échographie retrouve un épanchement intrapéritonéal, allant de la petite lame liquidienne difficile à mettre en évidence en interhépatorenal, en inter-hépatodiaphragmatique ou dans le cul-de-sac de Douglas jusqu'au volumineux épanchement dans un tableau clinique de choc hypovolémique.

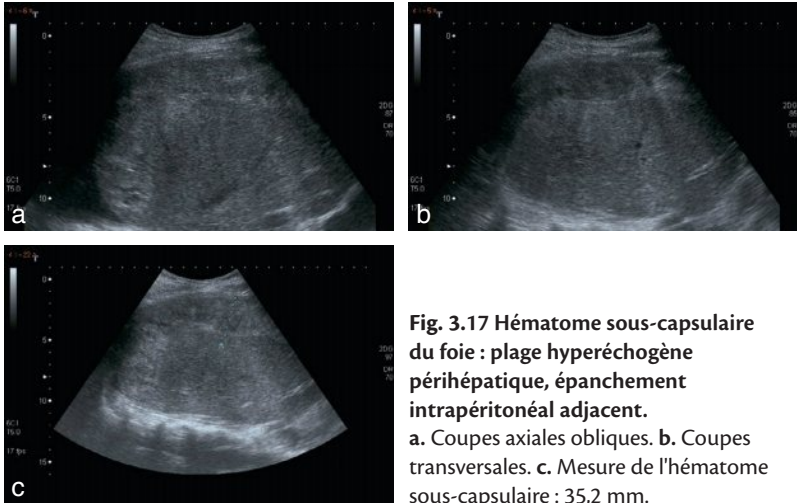


Fig. 3.17 Hématome sous-capsulaire du foie : plage hyperéchogène périhépatique, épanchement intrapéritonéal adjacent.
a. Coupes axiales obliques. b. Coupes transversales. c. Mesure de l'hématome sous-capsulaire : 35,2 mm.

Vésicule et voies biliaires

P. Legmann

PLAN DU CHAPITRE

- Méthode d'exploration
- Échoanatomie
- Buts de l'examen
- Vésicule biliaire
 - Lithiase vésiculaire
 - Hydrocholécyste
 - Cholécystite aiguë
 - Syndrome de Merizzi
 - Cholécystite chronique (inflammation chronique)
 - Tumeurs bénignes
 - Cancer vésiculaire
- Voies biliaires
 - Lithiase et tumeurs bénignes de la voie biliaire principale (VBP)
 - Lithiase intrahépatique
 - Syndrome LPAC : *Low Phospholipid Associated Cholelithiasis*
 - Cancer des voies biliaires
 - Cholangites
 - Malformations congénitales
- Aspect postopératoire

L'exploration de la vésicule et des voies biliaires est l'examen de 1^{re} intention qui doit résoudre la majorité des problèmes biliaires (lithiase vésiculaire simple ou compliquée, ictère obstructif ou non et sa cause) et orienter vers l'examen nécessaire pour compléter le bilan (scanner, cholangio-IRM, échoendoscopie, cholangiographie rétrograde endoscopique, voire transhépatique).

Méthode d'exploration

Un jeûne d'au moins 6 heures est indispensable pour obtenir une bonne réplétion vésiculaire.

Le patient est exploré en décubitus dorsal au cours d'une apnée en inspiration profonde.

Les coupes longitudinales obliques droites sous ou intercostales, transverses et récurrentes permettent l'étude de la vésicule, des voies biliaires intra-hépatiques, du pédicule hépatique, de la tête du pancréas et du rein droit.

L'exploration de la voie biliaire principale extra-hépatique comporte des coupes obliques droites suivant le grand axe du pédicule et des coupes longitudinales obliques et transversales pour la partie basse du cholédoque.

Des changements de position (décubitus latéral gauche, droit, inspiration puis expiration) permettent de dégager la vésicule et les voies biliaires, de mobiliser une image anormale (aérobilie, lithiase, débris endobiliaires).

Un remplissage hydrique de l'estomac peut fournir une excellente « fenêtre acoustique » pour l'étude de la voie biliaire basse.

Dans tous les cas, une exploration complète de la cavité abdominale, comprenant l'étude du foie, du pancréas, de la rate, des loges rénales et surrénaliennes, des gros vaisseaux, du pelvis, est indispensable.

Échoanatomie

La vésicule est reliée à la partie droite du hile par une *fine bande échogène* correspondant au repli de la capsule de Glisson et se situe dans une dépression de la face inférieure du foie ou fossette vésiculaire.

Elle prolonge l'axe de la veine sus-hépatique médiane (qui constitue un repère pour une vésicule difficile à localiser) puis la branche portale droite où s'insère le mésocyste vésiculaire.

Forme, volume et position de la vésicule sont extrêmement variables.

Elle mesure de 8 à 10 cm de longueur pour un diamètre transverse de 3 à 4 cm.

Elle peut aussi être cloisonnée et il faudra toujours se méfier d'une segmentation méconnue pouvant contenir des calculs.

Le contenu est habituellement anéchogène (fig. 4.1), avec renfort postérieur, un dépôt échogène déclive et mobile peut être visible (jeûne prolongé, alimentation

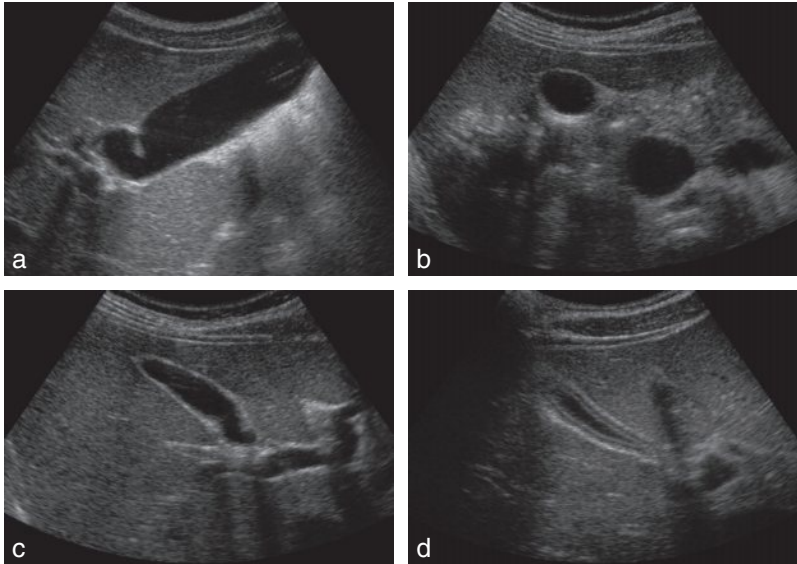


Fig. 4.1 Échoanatomie normale de la vésicule.

a. Coupe longitudinale. **b.** Coupe transversale. **c, d.** Coupe récurrente, vésicule pleine (**c**) et vide (**d**) où la paroi est bien visible.

parentérale totale, hémolyses, cirrhose décompensée, obstacle biliaire prolongé, hémobilie).

La paroi vésiculaire s'étudie par voie transabdominale antérieure sur une incidence axiale parfaitement perpendiculaire et est inférieure ou égale à 3 mm.

Elle peut s'épaissir de façon non pathologique dans des situations cliniques et biologiques variées (vésicule vide, ascite, cirrhose, hépatites aiguës, hypoalbuminémie) et comporte alors une fine bande hypoéchogène centrale encadrée par deux bandes échogènes.

Les canaux biliaires suivent les arborisations portales et sont invisibles à l'état normal. À hauteur de la convergence biliaire supérieure constituée par la confluence du canal biliaire principal droit et gauche en avant de la bifurcation portale, les diamètres de ces canaux mesurent 1–2 mm.

Le canal hépatique commun se situe légèrement à droite de la veine porte, accompagné à sa gauche par l'artère hépatique.

Le cholédoque naît sous l'abouchement du canal cystique (fig. 4.2), il s'écarte de l'axe portal dans sa partie inférieure et se termine au bord externe de la tête du pancréas pour fusionner avec le canal de Wirsung.

Un diamètre inférieur à 7 mm est considéré comme normal; entre 7 et 10 mm, l'interprétation doit tenir compte du contexte clinique (sujet âgé, antécédents de cholécystectomie) et au-dessus de 10 mm, la voie biliaire est dilatée.

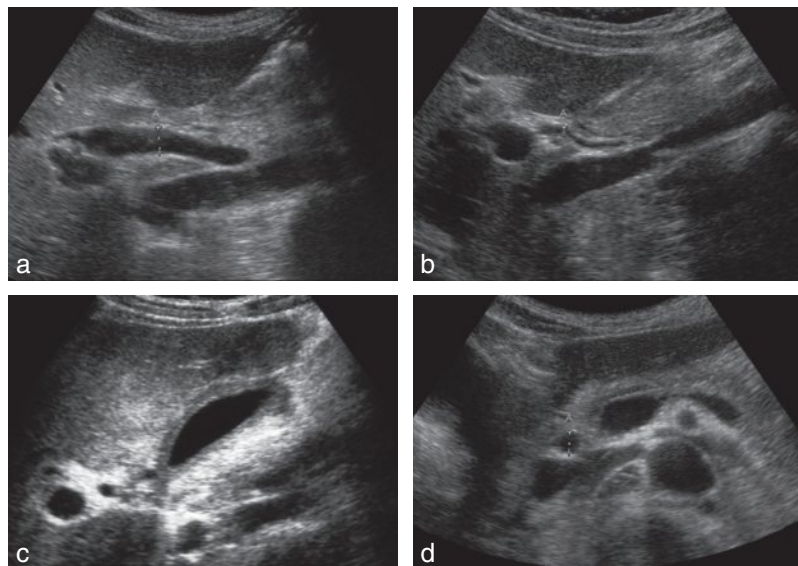


Fig. 4.2 Échoanatomie normale des voies biliaires.

a, b. Coupes longitudinales du cholédoque. **c.** Coupe transversale du pédicule hépatique. La voie biliaire se situe en avant de la coupe de la veine porte et à droite de celle de l'artère hépatique (aspect dit « en tête de Mickey »). **d.** Coupe transversale du cholédoque au niveau de la tête du pancréas.

Points essentiels

Une échographie de la vésicule et des voies biliaires doit de façon systématique :

- apprécier la taille et la situation anatomique de la vésicule ;
- mesurer l'épaisseur de la paroi vésiculaire ;
- explorer le contenu vésiculaire ;
- évaluer la voie biliaire principale à chaque étage (hile, pédicule, pancréas) ;
- étudier le foie, le pancréas et la région cœliomésentérique, la cavité abdominale.

Buts de l'examen

L'échographie est l'examen de 1^{re} intention devant la suspicion d'une pathologie vésiculaire ou biliaire.

Vésicule biliaire

Lithiase vésiculaire

Le calcul apparaît sous la forme d'une image intravésiculaire hyperéchogène avec cône d'ombre postérieur, déclive et mobile sans déformation aux changements de position (fig. 4.3).

L'absence de cône d'ombre n'élimine pas l'hypothèse d'un calcul (petit calcul examiné avec une sonde basse fréquence et en dehors de la profondeur de focalisation du transducteur).

Inversement, un cône d'ombre peut se voir en arrière d'un repli vésiculaire ou d'un gaz digestif, d'où l'importance d'une étude sous de multiples incidences et dans plusieurs positions.

Le siège du calcul doit être précisé (fundus, collet, canal cystique).

Les microlithiases (inférieures à 3 mm) apparaissent comme de petits échos mobiles reposant sur le fond ou flottant entre deux biles de densité différente. La bile microcristalline peut former un dépôt très échogène avec absorption postérieure, facilement mobilisable.

Hydrocholécyste

Le plus souvent en rapport avec un calcul enclavé infundibulaire à rechercher, se traduit par une grosse vésicule (diamètre transverse > 4 cm) distendue (contours externes concaves en dedans) et non déformable (fig. 4.4). La paroi reste fine.

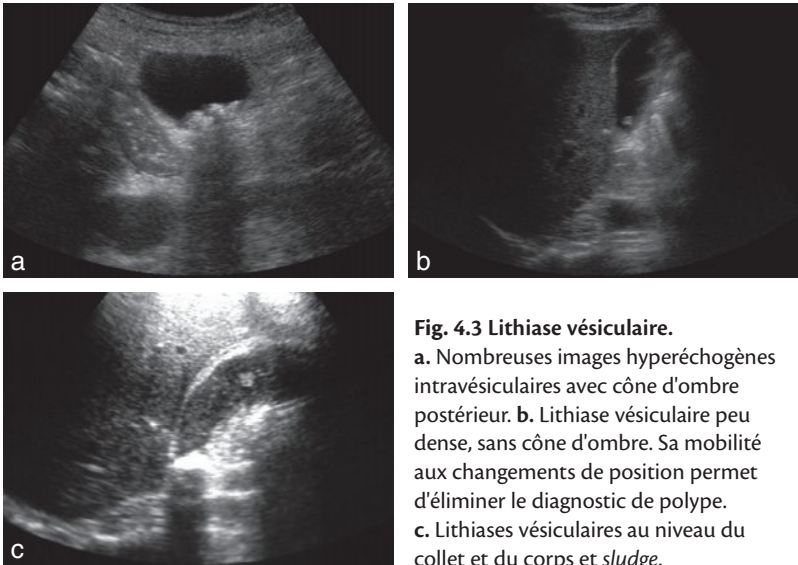


Fig. 4.3 Lithiase vésiculaire.

a. Nombreuses images hyperéchogènes intravésiculaires avec cône d'ombre postérieur. **b.** Lithiase vésiculaire peu dense, sans cône d'ombre. Sa mobilité aux changements de position permet d'éliminer le diagnostic de polype. **c.** Lithiases vésiculaires au niveau du collet et du corps et *sludge*.



Fig. 4.4 Hydrocholécyste.

Conséquence d'une lithiasie du collet vésiculaire.

Cholécystite aiguë

Lithiasique ou plus rarement alithiasique (postopératoire, réanimation, immunodéprimé), elle se traduit par une douleur de l'hypocondre droit avec fièvre et douleur provoquée (signe de Murphy).

Elle peut constituer l'étape suivante de l'hydrocholécyste (distension vésiculaire) avec une paroi épaissie dépassant 3 mm.

Cet épaississement pariétal est non spécifique (*cf. supra*) et une étude en Doppler couleur s'attachera à rechercher une hypervascularisation pariétale évocatrice témoignant des phénomènes inflammatoires (*fig. 4.5*). La présence de bulles d'air dans la paroi signe la cholécystite emphysémateuse (diabétique).

La douleur au passage de la sonde (signe de Murphy échographique), quasi constante, est hautement évocatrice.

Le liquide vésiculaire peut être échogène, avec petits échos peu échogènes sans cône d'ombre en suspension, en rapport avec la présence de pus, de sang, de débris (*sludge*).



Diagnostic de cholécystite aiguë

Contexte clinique évocateur devant au moins 2 des 3 signes suivants (valeur prédictive positive > 95 %) :

- épaississement pariétal pluristratifié ≥ 4 mm ;
- contenu vésiculaire : calcul(s) et *sludge* ;
- signe de Murphy échographique.

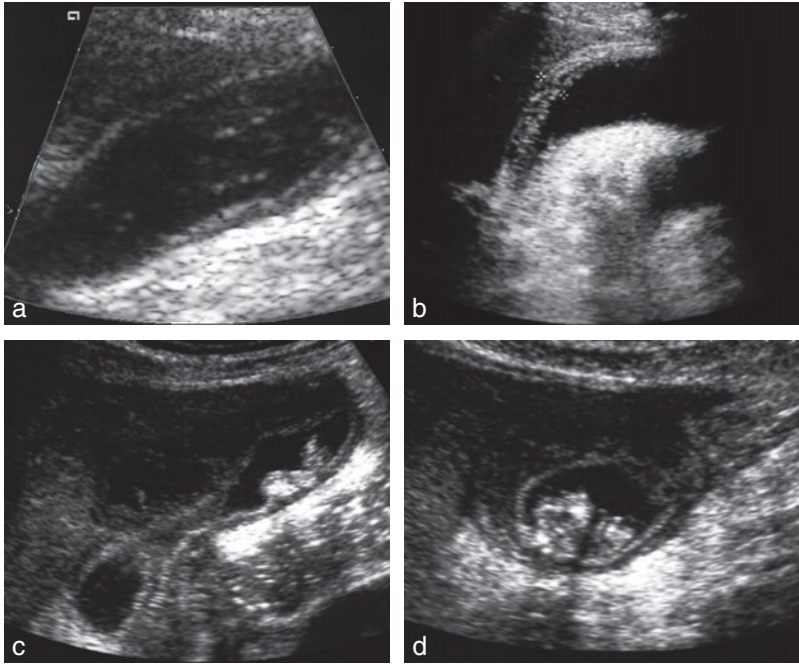


Fig. 4.5 Cholécystite aiguë.

a. Épaississement pariétal significatif avec Doppler puissance et contenu vésiculaire échogène (sludge). **b.** Aspect feuilleté de la paroi vésiculaire. **c, d.** Épaississement de la paroi. Abscès pariétal. Lithiase vésiculaire.

Dans les formes douteuses, il faut rechercher attentivement une réaction péritonéale adjacente, avec liquide périvésiculaire et hypervascularisation au Doppler couleur (fig. 4.5).

Les complications de la cholécystite aiguë (diabète, sujet âgé, réanimation) comportent les formes gangreneuses, emphysémateuses, la perforation et l'abcès hépatique et bénéficient du scanner.

Syndrome de Merizzi

Il est la conséquence de la compression du canal hépatique par un calcul du collet ou du canal cystique long ou bas inséré.

Aux signes de cholécystite s'ajoute une dilatation des voies biliaires intrahépatiques et du canal hépatique commun en amont de l'abouchement du cystique.

Cholécystite chronique (inflammation chronique)

Cette inflammation chronique se traduit par un épaissement pariétal plus marqué que dans la cholécystite aiguë, une douleur modérée voire absente. L'échographie met en évidence des calculs, une masse pseudo-tissulaire, une vésicule rétractée sur un ou plusieurs calculs, difficiles à visualiser (vésicule scléroatrophique).

Tumeurs bénignes

Les polypes vésiculaires forment une image arrondie tissulaire fixée à la paroi (non mobile aux changements de position), unique ou multiple (fig. 4.6).

Le polype cholestérolique est hyperéchogène, sans cône d'ombre, non mobile, pouvant s'intégrer dans une cholestérolose diffuse (dépôts de cholestérol dans la paroi vésiculaire) et à ne pas confondre avec un petit calcul (cf. fig. 4.3).

L'adénome vésiculaire apparaît le plus souvent comme un petit nodule isoéchogène au parenchyme hépatique, infracentimétrique, sessile ou pédiculé, multiple dans un tiers des cas.

L'adénomyomatose réalise un épaissement pariétal souvent segmentaire et des diverticules intramuraux avec ou sans mini-calculs.

Cancer vésiculaire

Il s'agit d'un adénocarcinome dans 90 % des cas et il s'associe à une ou plusieurs lithiases, à une vésicule porcelaine ou une cholécystite chronique (fig. 4.7).

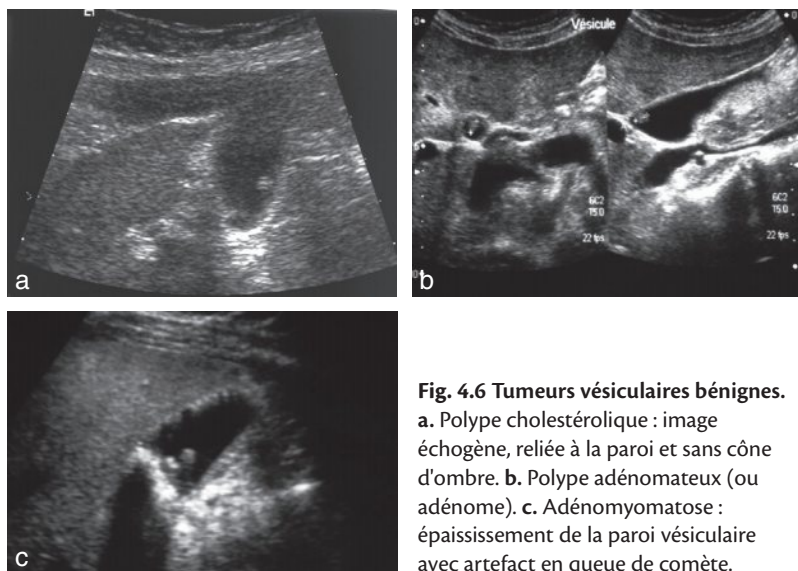


Fig. 4.6 Tumeurs vésiculaires bénignes.

a. Polype cholestérolique : image échogène, reliée à la paroi et sans cône d'ombre. **b.** Polype adénomateux (ou adénome). **c.** Adénomyomatose : épaissement de la paroi vésiculaire avec artefact en queue de comète.



Fig. 4.7 Cancer de la vésicule : forme bourgeonnante.

Formation échogène polylobée dans la lumière vésiculaire, naissant de la paroi vésiculaire.

L'échographie peut mettre en évidence un épaississement pariétal important pouvant prendre le masque d'une cholécystite scléroatrophique (forme infiltrante) et/ou une lésion tissulaire endoluminale (forme bourgeonnante). L'extension se fait rapidement à partir du lit vésiculaire au parenchyme hépatique adjacent avec dilatation des voies biliaires intrahépatiques (VBIH), puis au hile (ictère souvent révélateur). Des adénomégalies régionales sont fréquentes.

Le diagnostic différentiel peut être difficile avec un cholangiocarcinome hilair (qui peut s'étendre au collet vésiculaire), avec une cholécystite chronique xanthogranulomateuse pseudo-tumorale (pas de dilatation des VBIH) ou une lésion hépatique à extension vésiculaire (CHC, métastase).

Points essentiels

- Le diagnostic de cholécystite aiguë repose sur l'échographie.
- L'examen peut retrouver : polype, adénomyose, adénome.
- Une lésion douteuse doit conduire à un scanner, une IRM.

Voies biliaires

Devant une cholestase biologique, un ictère, l'échographie doit préciser la dilatation des voies biliaires, la nature et le niveau de l'obstacle :

- la visibilité anormale des voies biliaires intrahépatiques, sous forme d'images en « canon de fusil », signifie la présence d'un obstacle ;
- l'absence de dilatation des voies biliaires intrahépatiques ne permet pas d'éliminer un obstacle, et peut se voir en cas d'examen trop précoce, dans la lithiase cholédocienne, la cholangite sclérosante, certains cholangiocarcinomes infiltrants et plus généralement dans les obstacles chroniques avec développement de lésions de cholangite secondaire. L'aspect comporte un épaississement pariétal, des artefacts en queue de comète ;

- l'échographie permet d'évaluer le *niveau de l'obstacle* : intrahépatique, hilaire et/ou pédiculaire supérieur ou pédiculaire inférieur et/ou ampullaire;
- elle permet d'identifier la *nature de l'obstacle* : endoluminal → lithiase, pariétal → cholangiocarcinome ou par compression extrinsèque → néoplasie pancréatique.

Lithiase et tumeurs bénignes de la voie biliaire principale (VBP)

L'aspect typique est celui de l'interruption brutale d'une VBP dilatée par une image échogène endoluminale avec ou sans cône d'ombre, pouvant prendre un aspect arciforme ou biconvexe (« entre parenthèses ») évocateur (fig. 4.8). Néanmoins, la VBP peut être de calibre normal (obstacle intermittent ou incomplet).

En cas d'empierrement, la voie biliaire principale est remplacée par de nombreux échos en chapelet.

Les tumeurs bénignes de la VBP sont exceptionnelles (lésion tissulaire endoluminale avec dilatation d'amont).

Lithiase intrahépatique

Plus rare, elle apparaît comme une image hyperéchogène avec cône d'ombre une dilatation focale et un épaissement des VBIH (fig. 4.9). En l'absence de dilatation des voies biliaires, le diagnostic différentiel avec une calcification intrahépatique peut être difficile, plus rarement avec une aérobilie (mobilité, antécédents chirurgicaux, cliché d'ASP au moindre doute).

Syndrome LPAC : *Low Phospholipid Associated Cholelithiasis*

Il associe trois critères majeurs : des symptômes biliaires avant 40 ans, une récurrence après cholécystectomie, du matériel échogène dans les VBIH.



Fig. 4.8 Lithiase de la voie biliaire principale.

Le calcul est visible dans le cholédoque dilaté sous la forme d'une image hyperéchogène avec cône d'ombre postérieur.



Fig. 4.9 Lithiase des voies biliaires intrahépatiques.

Formations hyperéchogènes avec cône d'ombre postérieur situées dans les voies biliaires intrahépatiques.



Fig. 4.10 Cholangiocarcinome hilair.

Dilatation des voies biliaires intrahépatiques et formation tissulaire mal limitée de la convergence biliaire supérieure.

Parfois les symptômes apparaissent au décours d'une grossesse. L'aspect regroupe des épaissements de la paroi des VBH, souvent hyperéchogène, des artefacts en queue de comète.

Cancer des voies biliaires

Le tableau clinique et radiologique est différent selon qu'il s'agit d'une tumeur des voies biliaires extrahépatiques (cholangiocarcinome) ou des voies biliaires intrahépatiques (carcinome cholangiocellulaire), à forme infiltrante ou exophytique.

Cholangiocarcinome

C'est une tumeur rare en dehors des formes associées à une cholangite sclérosante ou compliquant un kyste congénital du cholédoque.

La tumeur de Klatskin correspond à une lésion tissulaire intéressant la partie haute du canal hépatique, la lésion peut s'étendre vers la convergence et les segments proximaux des canaux biliaires droit et gauche.

Lorsque l'atteinte est unilatérale, il existe une atrophie du lobe correspondant (avec souvent rétraction capsulaire), un épaissement pariétal et une dilatation des VBH en amont à rechercher attentivement en échographie. L'absence de confluence des canaux biliaires droit et gauche signe l'atteinte de la convergence biliaire supérieure (fig. 4.10).

L'extension intraparenchymateuse para-hilaire apparaît comme une zone tissulaire mal limitée hypo ou hyperéchogène. Dans les formes pédiculaires, il peut exister une masse tissulaire du pédicule ou plus rarement un épaissement pariétal circonférentiel. Des adénopathies régionales peuvent être observées (fig. 4.11).

Une étude en Doppler pulsé et couleur précisera l'extension vasculaire (tronc porte, artère hépatique).

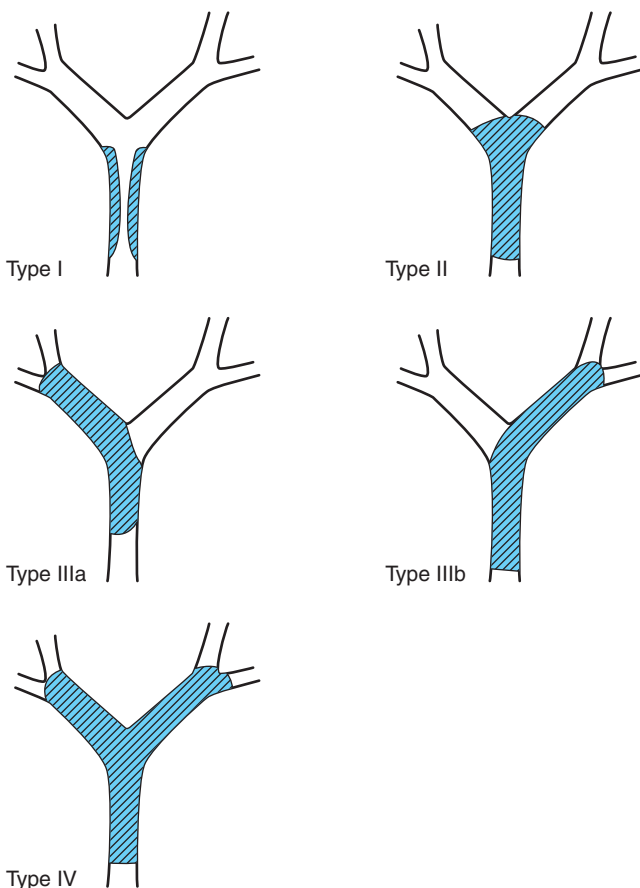


Fig. 4.11 Classification des cholangiocarcinomes du hile selon Bismuth et Corlette.

Type I : atteinte de la voie biliaire principale respectant la convergence biliaire principale. **Type II** : atteinte de la voie biliaire principale et de la convergence biliaire principale. **Type IIIa** : extension à la première bifurcation du canal hépatique droit. **Type IIIb** : extension à la première bifurcation du canal hépatique gauche. **Type IV** : atteintes des convergences secondaires droite et gauche ou tumeur multicentrique.



Fig. 4.12 Cholangiocarcinome intra-hépatique.

Masse écho-gène hétérogène intra-hépatique avec discrète dilatation des voies biliaires intra-hépatiques en amont de la masse.

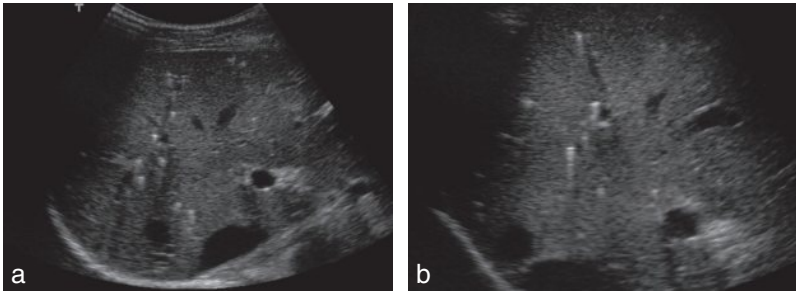


Fig. 4.13 Cholangite sclérosante primitive.

Multiplés artefacts fixes, en queue de comète traduisant l'irrégularité des parois des voies biliaires intra-hépatiques.

Carcinome cholangiocellulaire

La présentation est souvent celle d'une lésion focale intraparenchymateuse mal limitée et hétérogène avec cholestase sur foie sain. En pratique, le diagnostic est dans la majorité des cas histologique par biopsie percutanée échoguidée devant une suspicion d'hépatocarcinome. Une dilatation segmentaire des VBIH peut orienter le diagnostic chez un patient non cirrhotique avec un taux d'alphafoetoprotéine normal (fig. 4.12).

Cholangites

La cholangite sclérosante (fig. 4.13) est une maladie rare, souvent associée à une maladie inflammatoire chronique de l'intestin (MICI), et se traduisant par des sténoses multifocales des voies biliaires intra ou extra-hépatiques. L'échographie

recherche des dilatations segmentaires des voies biliaires (secondaires aux sténoses) et des épaissements pariétaux. L'évolution se fait vers la cirrhose biliaire. Les cholangites infectieuses s'observent surtout chez les immunodéprimés (VIH) et sont essentiellement dues au *Cryptosporidium*, au CMV et à *Enterocytozoon bienersi*. Elles se traduisent en échographie par une visibilité anormale des VBIIH avec épaissement diffus de la paroi, souvent hyperéchogène, des artefacts en queue de comète.

Malformations congénitales

La maladie de Caroli est une fibrose hépatique congénitale non familiale, souvent révélée et compliquée de poussées d'angiocholite, et caractérisée par des kystes de taille variable communiquant avec les voies biliaires intrahépatiques. Il existe fréquemment des calculs au sein de ses dilatations kystiques (cf. fig. 4.4).

La dilatation kystique congénitale ou pseudo-kyste du cholédoque se traduit par une dilatation sacciforme de la voie biliaire principale pouvant atteindre 10 cm, sans dilatation de la vésicule et des voies biliaires intra-hépatiques (fig. 4.14).

Aspect postopératoire

Après cholécystectomie, la voie biliaire principale augmente de calibre sans signifier obligatoirement la présence d'un obstacle. En postopératoire immédiat, une petite lame liquidienne est habituelle dans le lit vésiculaire. L'échographie recherche une lithiase cholédocienne résiduelle et surtout une collection liquidienne : bilome par traumatisme biliaire et fistule, abcès en particulier sous-phrénique, plus rarement faux anévrisme artériel traumatique (Doppler couleur).

Après anastomose biliodigestive, il existe une aérobillie sous forme de zones hyperéchogènes avec cône d'ombre, mobile aux changements de position. L'anse montée est visible dans la région hilare (fig. 4.15).

Points essentiels

- L'échographie doit préciser la dilatation des voies biliaires, la nature et le niveau de l'obstacle endoluminal, pariétal ou extrinsèque.
- Le cholangiocarcinome est une tumeur rare compliquant parfois une cholangite sclérosante ou un kyste congénital du cholédoque (fig. 4.16).
- La cholangite se traduit par une visibilité anormale des VBIIH avec un épaissement diffus de la paroi, souvent hyperéchogène, des artefacts en queue de comète.

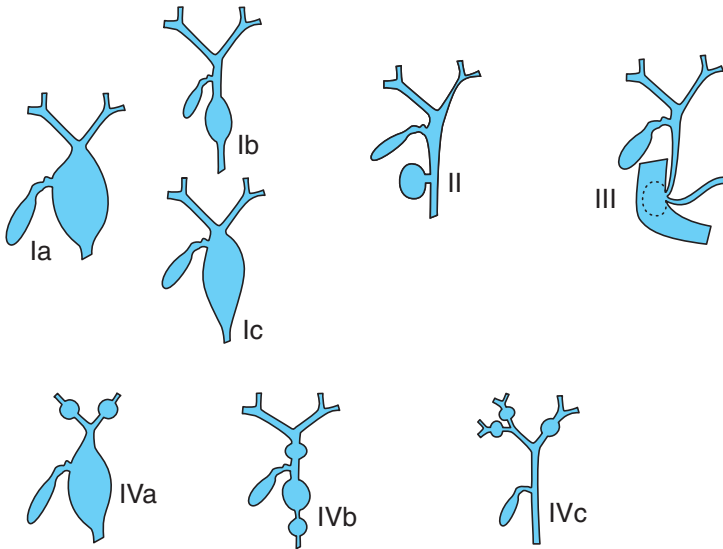


Fig. 4.14 Classification des anomalies congénitales des voies biliaires selon Tordani et coll.

Type I : atteinte de la voie biliaire principale. Type Ia : dilatation sacciforme de la voie biliaire principale sur toute sa hauteur, respectant la convergence biliaire principale et englobant parfois le canal cystique. Type Ib : dilatation segmentaire de la voie biliaire principale. Type Ic : dilatation fusiforme de la voie biliaire principale pouvant s'étendre à la convergence biliaire principale.

Type II : diverticule de la voie biliaire principale.

Type III : cholédochocèle : dilatation kystique de la portion terminale de la voie biliaire principale, faisant saillie dans la lumière du deuxième duodénum.

Type IVa : dilatation kystique de la voie biliaire principale quel que soit son type, associée à une dilatation kystique des voies biliaires intra-hépatiques essentiellement périhilaire. Type IVb : dilatation kystique multiple de la voie biliaire principale pouvant associer des types Ia à un type II ou III.

Type V : maladie de Caroli : dilatation kystique ou tubulaire des voies biliaires intra-hépatiques.



Fig. 4.15 Aérobilie postopératoire.
Images hyperéchogènes mobiles de la voie biliaire.

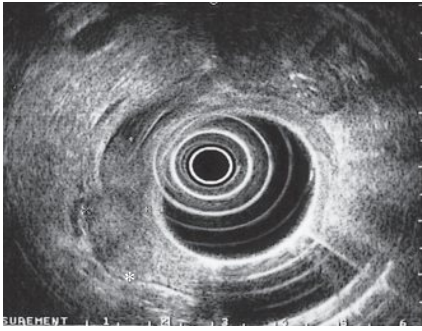


Fig. 4.16 Échoendoscopie.

Pancréas

P. Legmann

PLAN DU CHAPITRE

- Rappel anatomique
- Échoanatomie
- Variantes du pancréas normal
- Technique d'examen
- Place de l'échographie
- Pathologies inflammatoires
 - Pancréatite aiguë
 - Pancréatite chronique
- Pathologie traumatique
- Involution de la glande
- Pathologie tumorale
 - Tumeurs malignes
 - Autres tumeurs
 - Tumeurs kystiques
- Échoendoscopie
 - Pancréatite chronique
 - Pathologie tumorale pancréatique

Rappel anatomique

Le pancréas se situe dans l'espace pararénal antérieur.

Oblique, ascendant vers la gauche, il s'étend du 2^e duodénum au hile splénique, se situe en avant des gros vaisseaux : aorte, veine cave inférieure, en rapport direct avec la veine splénique, la veine et l'artère mésentériques supérieures.

Organe rétropéritonéal, ses rapports avec les feuillets d'accolement du péritoine sont : en avant l'arrière cavité des épiploons, en bas le mésocôlon transverse, en arrière le fascia pararénal antérieur, en bas et en avant la racine du mésentère.

- La *tête du pancréas* est limitée en dehors par le 2^e duodénum, en arrière par la veine cave inférieure, en dedans par la veine porte et la veine mésentérique supérieure.

- Le *petit pancréas de Winslow* (processus unciforme) forme la portion inférieure de la tête du pancréas.

- L'*isthme du pancréas* se trouve à la jonction entre corps et queue. Il est en rapport intime avec le confluent spléno-mésaraïque sur son versant postérieur.

- Le *corps du pancréas* est en avant des vaisseaux mésentériques supérieurs et de l'aorte. Il est en rapport avec la face postérieure de l'estomac dont il est séparé par l'arrière-cavité des épiploons. Il s'étend jusqu'au bord latéral gauche du corps vertébral lombaire (L2).

- La *queue du pancréas* forme une extension vers le hile splénique et entre en rapport en dedans avec la glande surrénale gauche, le rein gauche, la veine splénique qui lui est d'abord postérieure, puis postérosupérieure à son extrémité distale.

Échoanatomie (fig. 5.1 à 5.4)

Les principaux repères du pancréas sont des éléments vasculaires.

La veine splénique offre le repère essentiel du corps et de la queue du pancréas qu'elle parcourt sur la face postérieure puis postérosupérieure vers le hile splénique. La veine mésentérique supérieure d'abord parallèle à son artère s'en sépare pour se joindre à la veine splénique en arrière de l'isthme du pancréas et former la veine porte.

La tête du pancréas se repère entre, en dehors la 2^e portion du duodénum, en dedans le tronc spléno-mésaraïque, et en arrière la veine cave inférieure.

Le petit pancréas de Winslow, de taille variable, est une expansion inférieure en virgule de la tête du pancréas. Il est visible en arrière de la veine mésentérique supérieure, à la hauteur du pédicule rénal droit.

Le corps du pancréas dessine une arche en avant des vaisseaux mésentériques supérieurs (veine et artère) et de l'aorte.

Le canal de Wirsung est inférieur ou égal à 3 mm, visible dans 90 % des cas sous la forme d'une structure fine canalaire en regard de la région isthmo-corporéale sur une coupe transversale.

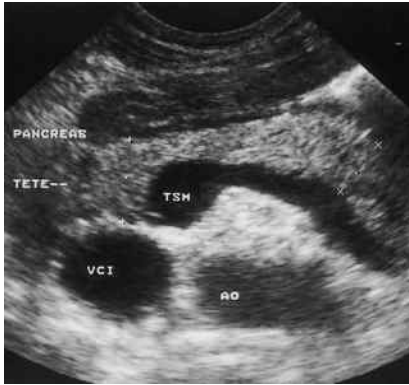


Fig. 5.1 Pancréas normal (vue d'ensemble, coupe transversale) avec principaux repères vasculaires : tronc spléno-mésaraïque, veine splénique, veine cave inférieure, aorte (mesures de la tête, de la queue).

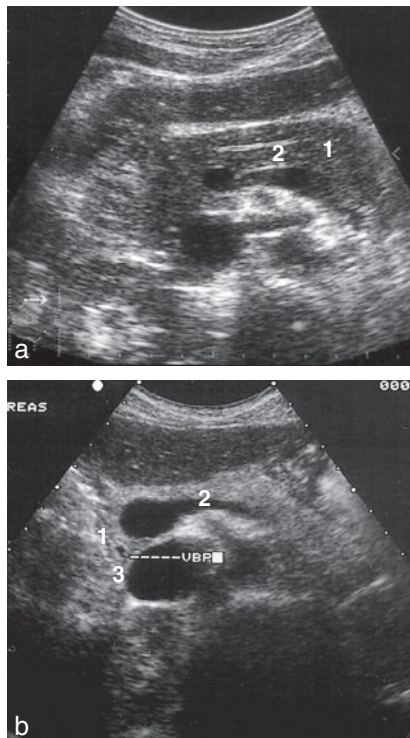


Fig. 5.2 Pancréas normal : coupes transversales.

a. 1. Corps du pancréas. 2. Canal de Wirsung. b. 1. Tête du pancréas. 2. Confluent spléno-mésaraïque. 3. Cholédouque.

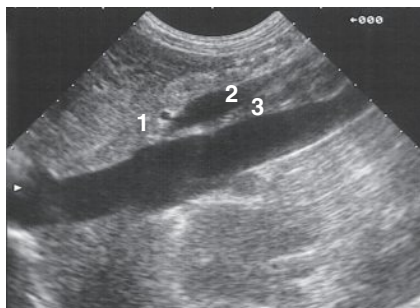


Fig. 5.3 Pancréas normal : coupe sagittale.

1. Artère splénique. 2. Veine mésentérique supérieure. 3. Crochet du pancréas

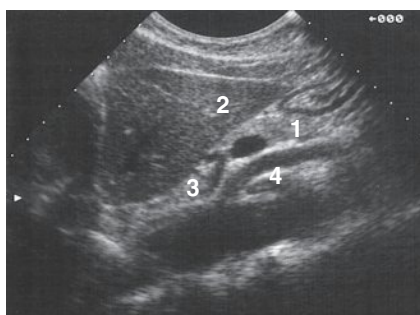


Fig. 5.4 Pancréas normal (coupe sagittale) passant par l'aorte et le foie gauche.

1. Corps du pancréas. 2. Foie gauche. 3. Tronc cœliaque. 4. Artère mésentérique supérieure.

L'échostructure du pancréas est homogène et discrètement hyperéchogène par rapport au foie, ses contours sont réguliers.

Variantes du pancréas normal

- L'un des segments du pancréas peut présenter une augmentation isolée de sa taille mais elle est alors associée à une diminution de la taille des autres segments.
- Avec l'âge, il se produit une involution graisseuse de la glande qui conserve des contours réguliers avec une échostructure accentuée et homogène;
- Le *pancréas divisum* représente une variante anatomique rare (5–8 % des cas). Le pancréas est alors divisé en deux composantes, l'une constituée du canal pancréatique dorsal, qui se jette vers la papille accessoire (associant la tête, le corps et la queue du pancréas, et représente sa portion antérosupérieure), l'autre, formée du canal pancréatique ventral, se jette dans l'ampoule de Water et correspond à la partie inférieure de la tête du pancréas. Ces deux formations sont séparées par le confluent veineux mésentérique supérieur.

Points essentiels

- Le pancréas organe rétropéritonéal possède des repères anatomiques vasculaires.
- Le pancréas normal conserve des contours réguliers, est hyperéchogène et homogène.
- Toute hétérogénéité ou irrégularité de ses contours doit être considérée comme suspecte.

Technique d'examen

L'examen est pratiqué à l'aide d'une sonde de 3,5 à 5 MHz chez un patient à jeun. Il est important, au cours de l'examen échographique, de dégager tous les segments de la glande pancréatique et d'explorer la totalité de l'abdomen.

Le patient est positionné en décubitus dorsal puis en oblique postérieure gauche, en inspiration profonde.

L'examen comprend des coupes transversales qui permettent de dégager l'isthme, le corps, la queue du pancréas et, à sa partie inférieure, au contact des vaisseaux mésentériques supérieurs, le petit pancréas de Winslow.

Des coupes sagittales sont utiles pour visualiser : la tête du pancréas entourant le pédicule biliaire, le petit pancréas de Winslow entre la veine mésentérique supérieure en avant et la veine cave inférieure en arrière, et enfin le corps du pancréas en avant de l'aorte.

Quant aux coupes obliques, elles sont nécessaires pour la queue du pancréas.

Les mesures du pancréas sont réalisées sur des coupes effectuées dans un plan transversal perpendiculaire à la glande : la tête du pancréas doit être inférieure ou égale à 27 mm, l'isthme inférieur ou égal à 15 mm, le corps et la queue du pancréas inférieurs ou égaux à 25 et 30 mm.

Points essentiels

- Dégager tous les segments de la glande.
- Explorer toute la cavité abdominale.
- Effectuer les coupes dans tous les plans.
- Réaliser les mesures perpendiculairement à l'axe de la glande.

Place de l'échographie

L'échographie est un examen de dépistage, cependant sa négativité n'élimine pas une pathologie pancréatique.

Les indications sont :

- les douleurs abdominales aiguës ou chroniques;
- l'amaigrissement;

- l'ictère;
 - le traumatisme abdominal;
 - le diabète ou les autres pathologies endocrines (syndrome de Zollinger-Ellison)
- d'apparition récente et d'évolution rapide.

Points essentiels

L'examen échographique permet de :

- confirmer l'existence d'une pathologie pancréatique (masse, calcifications, dilatation du Wirsung, des voies biliaires);
- retrouver une pathologie associée (collections, lésions hépatiques, ganglions);
- guider la démarche diagnostique (biologie, ponction guidée, scanner, IRM).

Pathologies inflammatoires

Pancréatite aiguë

La pancréatite aiguë (fig. 5.5) est liée à une extravasation des sécrétions glandulaires enzymatiques dans l'interstitium du pancréas puis dans les régions péripancréatiques et vers la cavité abdominale.

En cas de pancréatite aiguë de faible gravité (œdémateuse), les images échographiques peuvent rester normales.

Parfois, l'examen échographique n'est pas possible en raison de l'abondance des gaz masquant le pancréas.

Dans les autres cas, de nombreuses situations sont possibles allant jusqu'à la forme nécrotique fulminante.

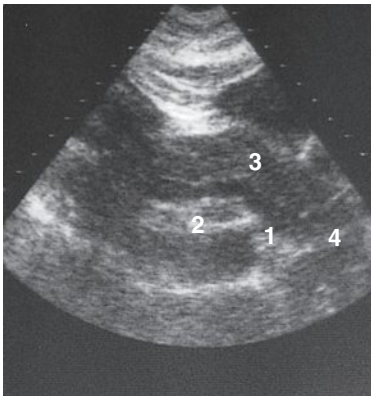


Fig. 5.5 Pancréatite aiguë (coupe transversale) : corps et queue du pancréas augmentés de volume et hypoéchogènes.
1. Veine splénique. 2. Artère mésentérique supérieure. 3. Corps du pancréas. 4. Queue du pancréas.

Diagnostic étiologique

L'examen peut mettre en évidence :

- une stéatose hépatique en cas d'intoxication éthylique;
- des minilithiases vésiculaires à l'origine d'une migration dans le canal cholédoque;
- l'existence de calcifications pancréatiques témoignant d'une poussée subaiguë sur pancréatite chronique.

La classification a été révisée (Atlanta 2012) et repose sur l'examen scanographique.

Diagnostic positif

Pancréatite œdémateuse peu grave

Les signes échographiques directs sont :

- une augmentation diffuse ou localisée du volume de la glande;
- un aspect hypoéchogène;
- des contours flous, irréguliers avec un épaissement des fascias péripancréatiques.

Pancréatite aiguë grave nécrotique

Le bilan clinique et biologique de gravité (critères de Ranson) est effectué parallèlement au bilan par imagerie (score de Balthazar au scanner).

La recherche d'épanchements liquidiens intra ou extra-pancréatiques, le long des fascias d'accolement, est un élément important du pronostic de cette affection grave.

L'échographie a pour but de dépister le développement d'épanchements liquidiens ou d'échostructure mixte hétérogène (liquidienne et tissulaire) intra et/ou extrapancréatiques se développant vers les organes de voisinage et les fascias d'accolement péritonéaux, l'arrière-cavité des épiploons, la racine du mésentère, la grande cavité abdominale, les fascias pararénaux antérieurs et le cul-de-sac de Douglas.

L'échographie peut guider un geste de prélèvement ou de drainage d'une collection suspecte d'infection.

L'échographie avec Doppler permet de rechercher une thrombose veineuse, un pseudo-anévrisme artériel, lié à l'érosion de la paroi artérielle et développé au contact d'un pseudo-kyste.

Diagnostic des complications

Épanchement liquidien

Il s'agit d'un épanchement sans paroi se développant dans la cavité abdominale pendant les 4 premières semaines;

Pseudo-kyste

La collection liquidienne tend à s'organiser au-delà de 4 semaines. Elle est limitée par une réaction inflammatoire fibreuse développée au contact des organes de voisinage. Il se forme alors des collections transsonores oblongues épousant les limites de l'espace où elles se trouvent.

Les pseudo-kystes d'origine pancréatique ont également la possibilité de migrer vers le rétropéritoine, le foie, la rate.

L'examen ultrasonique peut dépister les complications éventuelles de ce pseudo-kyste : l'infection, l'hémorragie, la compression des organes de voisinage ou sa rupture dans la cavité abdominale.

L'échographie a également pour rôle de guider une ponction, un geste de drainage, si l'on suspecte une surinfection.

L'échographie pourra surveiller une complication découverte lors du scanner, mais en aucun cas un examen échographique normal ne permettra d'éliminer des complications au décours d'une pancréatite aiguë grave.

Collection aiguë nécrotique

Elle correspond à l'inflammation, l'hémorragie et la nécrose de la loge pancréatique et de l'espace péripancréatique.

Elle apparaît avant 4 semaines sous la forme d'une masse hypoéchogène, hétérogène, contenant des éléments échogènes et n'offrant pas de drainage possible.

L'évolution peut se faire vers la surinfection.

Nécrose organisée

Il s'agit d'une complication grave survenant au-delà de 4 semaines des pancréatites sévères et menaçant le pronostic de cette affection.

La nécrose organisée comporte une paroi plus ou moins épaisse.

Il existe une masse hypoéchogène voire transsonore, limitée, mais avec des contours échogènes et surtout un contenu échogène lié à la présence de pus, de débris ou de gaz en cas d'infection à germes anaérobies.

L'échographie joue un rôle important pour guider la ponction à visée bactériologique et l'éventuel drainage.

Points essentiels

L'échographie intervient dans le cadre des pancréatites aiguës à la phase diagnostique, et de recherche étiologique :

- lors du suivi de l'évolution, en cas de complications ;
- en guidant d'éventuels gestes (ponction, drainage).

Le scanner reste la technique de référence pour l'exploration des pancréatites.

Pancréatite chronique

Pathologie liée en général à l'alcoolisme chronique, l'échographie peut objectiver des modifications de l'échostructure, des contours et de la taille du pancréas (fig. 5.6 et 5.7).

La glande devient hyperéchogène, hétérogène, le pancréas se trouvant constitué de nodules échogènes souvent associés à des calcifications, avec des contours irréguliers.

Le canal de Wirsung est constamment dilaté, supérieur à 3 mm. Dans certains cas il prend un aspect, pseudo-kystique très large atteignant 5 voire 10 mm.

Les calcifications peuvent être soit intracanalaires, soit parenchymateuses.

La taille du pancréas est en règle diminuée, atrophique.

Lors des poussées subaiguës, il se produit une tuméfaction hypoéchogène dont le diagnostic différentiel avec celui du cancer devient difficile au sein d'une glande globalement remaniée.

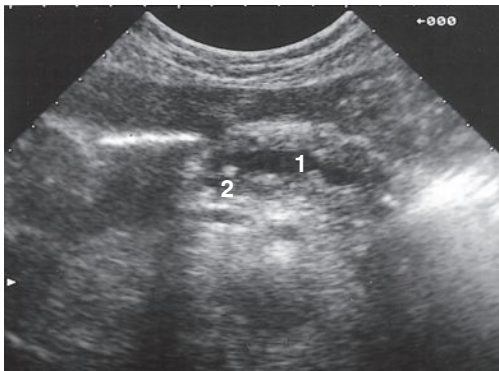


Fig. 5.6 Pancrétite chronique : coupe transversale passant par le corps du pancréas.
1. Canal de Wirsung dilaté.
2. Lithiase intracanaulaire.



Fig. 5.7 Pancrétite chronique : pseudo-kyste, collection liquidienne, dilatation de la voie biliaire et calcifications pancréatiques.

Il existe fréquemment des images de pseudo-kystes : sous la forme d'une masse transsonore, arrondie, bien limitée, possédant une capsule épaisse et échogène.

Ces pseudo-kystes sont susceptibles de complications propres : surinfection, hémorragie, rupture, compression des organes de voisinage, thrombose de la veine splénique et hypertension portale segmentaire.

L'évolution peut se faire vers l'atrophie du pancréas prenant la forme d'un fin liseré échogène autour d'un canal dilaté.

Points essentiels

- Pancréas hyperéchogène, hétérogène, atrophié.
- Canal de Wirsung dilaté.
- Calcifications.

Pathologie traumatique

La détection de lésion pancréatique à type de rupture de l'isthme ou de pancréatite est plus du domaine du scanner que de l'échographie.

Celle-ci fera également le bilan du reste de la cavité abdominale, en particulier celui de la rate et du foie à la recherche d'un épanchement intrapéritonéal.

Involution de la glande

L'involution graisseuse de la glande ne laisse parfois apparaître qu'une fine structure échogène notamment chez les patients âgés. Cette involution peut être liée la conséquence de la pancréatite chronique, de la fibrose kystique (mucoviscidose), de l'existence de multiples kystes intrapancréatiques de petite taille (maladie de Von Hippel Lindau).

Pathologie tumorale

Tumeurs malignes

L'échographie est la première méthode de dépistage des tumeurs du pancréas (fig. 5.8).

Dans 80 % des cas, il s'agit d'un *adénocarcinome canalaire*, beaucoup plus rarement d'un cystadénocarcinome, d'une tumeur endocrine ou d'un cancer épidermoïde. La tête du pancréas est le siège le plus fréquent des tumeurs malignes (60 à 70 % des cas), le corps ou la queue n'étant atteints que dans 30 % des cas.

Dans certains cas, rares (5 %), il existe une atteinte diffuse de la glande.

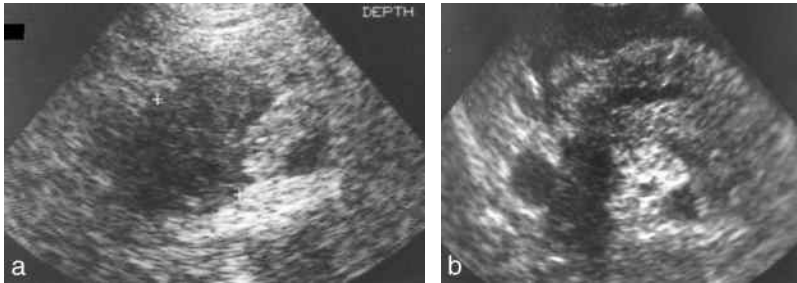


Fig. 5.8 Cancer du pancréas.

a. Coupe transversale : masse hypoéchogène à limites nettes de la tête du pancréas (+). **b.** Coupe transversale passant par l'isthme : dilatation du canal de Wirsung.

Diagnostic positif

Il s'agit d'une masse hypoéchogène localisée déformant les contours du pancréas, qui conservent des limites nettes, et comporte en règle une zone de nécrose centrale plus hypoéchogène, entourée d'une couronne échogène liée à l'existence d'une réaction fibreuse.

Rarement la masse prend un aspect globalement hyperéchogène. Le plus souvent, elle est localisée et présente des contours lobulés nets.

Si elle est située dans la *tête* du pancréas, il existe alors fréquemment une dilatation de la voie biliaire principale et du canal de Wirsung. Le tableau clinique est alors dominé par l'ictère.

En cas de localisation *corporéale*, c'est le syndrome douloureux intense qui domine. Au niveau de la queue du pancréas, le diagnostic des masses tumorales est plus difficile en raison de problèmes techniques liés à des superpositions digestives. Une bonne réplétion gastrique prend alors toute son importance.

L'échographie intervient pour guider une ponction à visée histologique et au cours du bilan préopératoire.

Il peut exister des signes associés : pancréatite d'amont, avec pseudo-kyste, obstruction et envahissement de la veine splénique, de la veine mésentérique supérieure, et existence de métastases hépatiques.

Bilan préopératoire

La présence de ganglions coéliqués, celle d'une compression ou d'un envahissement de la veine porte, de la voie biliaire principale ou de la veine cave sont des arguments importants à prendre en compte au cours du bilan préopératoire.

Le scanner avec coupes fines et acquisition multiphasique est l'examen essentiel pour déterminer le bilan de résectabilité. Celle-ci dépend de l'extension locale aux organes de voisinage et de l'existence de métastases hépatiques ou ganglionnaires.

L'échographie avec Doppler peut cependant d'emblée mettre en évidence des critères de non-résécabilité : volume et extension importante de la tumeur (> 5 cm), invasion des organes de voisinage, présence de métastases hépatiques, ascite, obstruction et envahissement vasculaire coéliqua, mésentérique, portal, ou adénopathies dont la taille atteint 15 mm.

Métastases pancréatiques

Elles surviennent au cours des cancers bronchiques, mammaires et rénaux.

Ces localisations secondaires peuvent apparaître échogènes.

Dans certains cas, il s'agit d'une extension directe provenant de l'estomac, du côlon, des reins, du duodénum ou du foie gauche.

Parfois il s'agit de la localisation dans la loge pancréatique, de ganglions provenant d'un lymphome non hodgkinien ou d'une leucose.

Le lymphome du pancréas est en règle une infiltration de voisinage liée à la présence d'adénopathies péripancréatiques volumineuses.

Les vaisseaux sont refoulés mais non envahis. Le pancréas peut être infiltré et augmenté de taille, apparaissant globalement hypoéchogène.

Dans la plupart des cas, les masses ganglionnaires refoulent le pancréas et apparaissent hypoéchogènes.

Autres tumeurs

Elles sont plus rares comme les tumeurs endocrines, qu'elles soient sécrétantes ou non. Elles forment des masses de taille réduite, hypoéchogènes avec parois parfois mixtes ou cloisonnées. Elles peuvent se calcifier ou apparaître kystiques. Ce sont plus volontiers des tumeurs malignes.

Le bilan par imagerie comporte scanner et/ou IRM et est confronté au bilan biologique (insulinome [fig. 5.9], gastrinome).

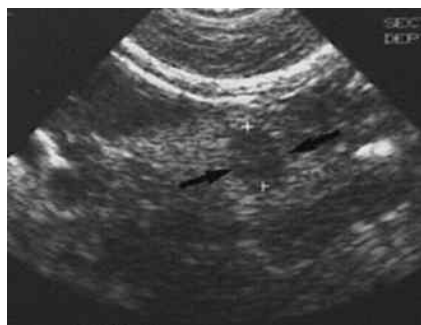


Fig. 5.9 Masse hypoéchogène à limites nettes corporelle : insulinome.

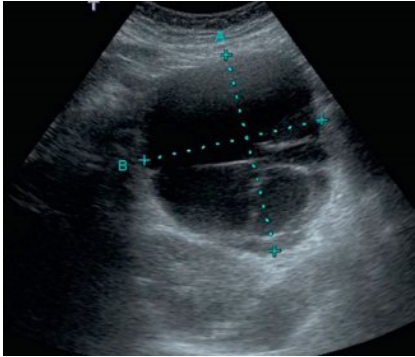


Fig. 5.10 Masse kystique cloisonnée : adénome macrokystique.

Tumeurs kystiques

Il peut s'agir des *adénomes microkystiques* bénins à contenu séreux qui apparaissent sous la forme d'une masse hypoéchogène bien limitée contenant de nombreuses images microkystiques ne dépassant pas 2 cm de taille globale, et possédant des calcifications centrales.

L'*adénome macrokystique*, à potentiel malin, riche en mucus, apparaît sous la forme d'une tumeur plus volumineuse, hypoéchogène, contenant des cloisons dont le diagnostic est souvent difficile avec un pseudo-kyste banal (fig. 5.10). Les calcifications sont périphériques.

Le diagnostic est difficile entre pancréatite calcifiante et adénocarcinome. Des gestes de prélèvement guidé et dosage biologique sont alors utiles.

Les tumeurs intracanales mucineuses et papillaires du pancréas (TIPMP) sont des formations kystiques intéressant les canaux secondaires, le canal de Wirsung. L'échographie peut préciser les dilatations canalaies, la présence de nodules échogènes, de cloisons, mesurer la taille des kystes.

L'IRM est l'examen de choix.

Points essentiels

- L'échographie dépiste et fait un premier bilan des tumeurs pancréatiques.
- Le Doppler est un élément important pour l'étude vasculaire.
- Le scanner et l'IRM complètent les explorations.

Échoendoscopie

Pancréatite chronique

L'excellente résolution spatiale de la sonde de haute fréquence permet de conforter le diagnostic de pancréatite chronique par la visualisation de fines calcifications pancréatiques non visibles en échographie standard. L'aspect du Wirsung,

la présence et le contenu de pseudo-kystes, la taille et les contours du pancréas, la perméabilité de la veine splénique et mésentérique supérieure, peuvent être précisés.

La visualisation d'un nodule hypoéchogène intraparenchymateux pose un difficile problème de diagnostic différentiel entre cancer du pancréas et nodule de fibrose sur pancréatite chronique.

Pathologie tumorale pancréatique

L'échoendoscopie est un examen sensible pour la détection des tumeurs intrapancréatiques de petite taille (fig. 5.11). Elle permet un prélèvement guidé.

Dans le bilan préopératoire d'une pathologie endocrinienne, elle permet de localiser un insulinome, un glucagonome ou encore un gastrinome intrapancréatique. Elle méconnaît cependant les localisations secondaires à distance, en particulier intra-hépatiques.

Dans le bilan d'extirpabilité d'un adénocarcinome du pancréas (cf. fig. 5.10), elle fournit des indications sur l'aspect et la taille de la lésion, la perméabilité de l'artère mésentérique, du tronc cœliaque, de la veine splénique et du tronc porte.

Elle précise l'extension tumorale en dehors de la loge pancréatique et la présence éventuelle d'adénopathies locorégionales.

Le bilan est complété par les autres examens d'imagerie.

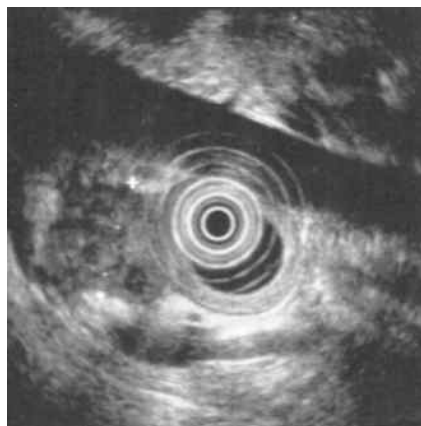


Fig. 5.11 Échoendoscopie : petite tumeur de la tête du pancréas, masse hypoéchogène hétérogène.



Indications de l'échographie pancréatique

1. Traumatisme abdominal
2. Pancréatite aiguë ou chronique déjà connue
3. Douleurs abdominales aiguës
4. Ictère nu progressif
5. Présence de ganglions périphériques palpables
6. Amaigrissement, diabète, anomalies biologiques
7. Ulcère duodéal récidivant malgré une thérapeutique bien conduite
8. Présence de varices cardio-tubérositaires
9. Augmentation récente du périmètre abdominal
10. Perception d'une masse abdominale

Rate

P. Legmann

PLAN DU CHAPITRE

- Anatomie
- Technique d'examen
- Échoanatomie
- Variantes de la rate normale et images pièges
- Indications de l'échographie
- Splénomégalies homogènes
- Splénomégalies hétérogènes
- Lésions focales
 - Kystes
 - Anévrisme de l'artère splénique
 - Lésions traumatiques de la rate
 - Infarctus splénique
 - Abscesses
- Tumeurs
 - Hémangiome splénique
 - Hamartome
 - Angiomyolipome
 - Myélome
- Conclusion

Anatomie

La rate est un organe intrapéritonéal situé entre les ligaments spléno-rénal et gastro-splénique, profondément dans la région sous-phrénique gauche en projection des 9^e, 10^e et 11^e côtes.

Elle présente un sommet, une base et 3 faces :

- l'une rénale ou postéro-inférieure;
- l'autre diaphragmatique ou supéroexterne;
- la 3^e gastrique ou antéro-interne montrant une dépression, appelée hile splénique.

La rate est en rapport par sa base avec l'angle colique gauche et sur son bord interne avec la queue du pancréas qui remonte, parfois, jusqu'au hile splénique.

Son sommet, arrondi, se moule sur la coupole diaphragmatique et répond par son intermédiaire au cul-de-sac pleural costodiaphragmatique.

La topographie de la rate est variable selon les individus, allant d'une situation postérieure à grand axe transversal, à une situation latérale à grand axe sagittal. Une rate normale ne dépasse jamais le grill costal.

Technique d'examen

L'examen est réalisé chez l'adulte avec une sonde de 3,5 MHz et chez l'enfant avec une sonde de 5 MHz.

La rate est examinée en décubitus dorsal puis en décubitus latéral droit à l'aide de coupes parallèles et perpendiculaires à son grand axe.

Deux situations sont à envisager :

- en l'absence de splénomégalie : l'examen est réalisé par voie intercostale en balayant les 9^e, 10^e et 11^e espaces intercostaux gauches. On pratique des coupes en inspiration bloquée afin de procéder aux mensurations de la rate;
- en cas de splénomégalie : la rate déborde le rebord costal et l'examen échographique est possible par voie sous-costale et antérieure avec des incidences obliques récurrentes sous-costales gauches.

Échoanatomie

L'échostructure de la rate est de nature tissulaire, homogène, d'échogénicité voisine ou discrètement inférieure à celle du foie et supérieure à celle du cortex rénal gauche.

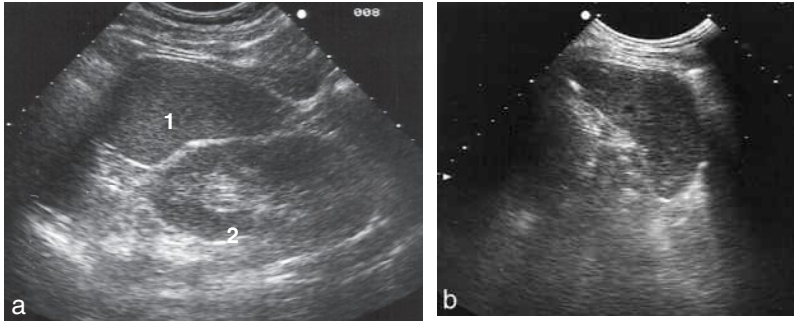


Fig. 6.1 Rate normale.

a. Coupe longitudinale. 1. Rate. 2. Rein gauche. **b.** Coupe transversale.

La face diaphragmatique est convexe ; les faces gastrique et rénale sont concaves voire parfois rectilignes, mais jamais convexes (fig. 6.1).

Les branches d'origine de la veine splénique sont visibles sous forme d'images transsonores arrondies partant du hile et se dirigeant vers le pancréas. Elles sont facilement repérables au sein de la graisse du hile qui est hyperéchogène. Le diamètre maximal de la veine splénique mesuré en arrière de la queue du pancréas est de 8 à 10 mm.

La forme de la rate varie selon l'incidence et le niveau de coupe :

- en coupe longitudinale (parallèle à la 10^e côte) : elle présente une forme semi-ovale avec une grosse extrémité supérieure arrondie se moulant sur la coupole diaphragmatique et une pointe effilée vers le bas. La hauteur de l'organe est déterminée sur cette coupe ;

- les coupes transversales (perpendiculaires à l'axe de la 10^e côte) font apparaître la rate comme une image en croissant quand la coupe passe par la moitié supérieure de l'organe et comme une plage triangulaire quand la coupe passe près de la base. Les mesures de l'épaisseur et du diamètre transversal sont réalisées sur les coupes transversales supérieures.

Les valeurs maximales de la rate normale sont de 10 cm de hauteur, de 8 cm d'épaisseur et de 4 cm de diamètre au niveau du hile.

Les critères échographiques de splénomégalie sont la perte de l'aspect concave de la face gastrique de la rate et l'augmentation d'au moins deux de ses diamètres.

Points essentiels

- L'échostructure de la rate est tissulaire, homogène, d'échogénicité voisine ou discrètement inférieure à celle du foie et supérieure à celle du cortex rénal gauche.
- Les valeurs maximales de la rate normale sont de 10 cm de hauteur, de 8 cm d'épaisseur et de 4 cm de diamètre au niveau du hile.

Variantes de la rate normale et images pièges

- *Les rates de petit volume et hautes* sont difficiles à mettre en évidence (l'agénésie splénique est exceptionnelle).
- *Les rates lobulées ou à scissures* sont fréquentes. Il existe alors une ou plusieurs incisures du bord antérieur qui clivent le parenchyme splénique.
- L'existence d'une *rate accessoire* (fig. 6.2) est une éventualité fréquente (10 % des séries d'autopsies). Le plus souvent unique, elle se présente comme une formation arrondie ovale de diamètre en général inférieur à 4 cm, de même échogénicité que la rate et située sur le trajet des vaisseaux spléniques ou le long de la queue du pancréas.
- De façon exceptionnelle peuvent se rencontrer une *polysplénie* (amas de plusieurs petites rates situées dans ou en dehors de la loge splénique) et la *rate flottante* (*wandering spleen*) anormalement mobile qui se trouve hors de la loge splénique dans le flanc gauche, le pelvis, voire la région sus-phrénique droite.
- La *queue du pancréas*, quand elle se projette au niveau du hile, ne doit pas être interprétée comme une masse hilaire. Le lobe gauche du foie peut se prolonger en avant de la rate.

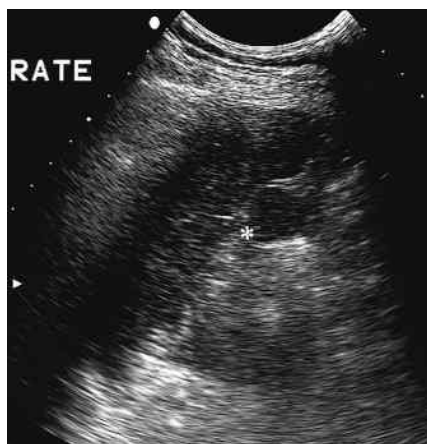


Fig. 6.2 Rate accessoire (étoile).

Indications de l'échographie

L'échographie est un examen de 1^{re} intention quand on soupçonne une pathologie splénique. Elle permet de confirmer une splénomégalie, de préciser son caractère homogène ou non, et de vérifier la cavité abdominale.

En pathologie traumatique, l'échographie est un examen de « débrouillage », rapidement accessible pour rechercher les ruptures en deux temps avec constitution d'un hématome sous-capsulaire ou suivre les lésions intraspléniques et détecter un hémopéritoine.

En fonction des résultats de l'échographie et de l'état clinique du patient, il sera décidé de poursuivre les investigations le plus souvent par un examen tomodensitométrique ou une IRM.

Splénomégalias homogènes

On les rencontre au cours d'un certain nombre de pathologies qui sont :

- *les maladies infectieuses* comme l'endocardite bactérienne, la brucellose, la tuberculose, la mononucléose infectieuse, le CMV (cytomégalovirus), l'histoplasmosse, la syphilis et le paludisme ;
- *l'hypertension portale* (fig. 6.3) (cirrhose) qui se manifeste par une splénomégalie homogène avec dilatation du réseau veineux splénique.

L'échographie permet d'effectuer, dans le même temps, l'étude du parenchyme hépatique, du tronc porte et de rechercher d'autres signes d'hypertension portale : ascite, voies de dérivation et éventuellement reperméabilisation de la veine ombilicale ;

- *les hémopathies* telles les anémies hémolytiques et les leucoses ;
- *les maladies de surcharge* parmi lesquelles l'amylose, l'hémochromatose et la dyslipopéidose ;
- *les lymphomes* où l'atteinte splénique existe dans 1/3 des cas au cours de l'évolution de la maladie sous forme de splénomégalie homogène aspécifique.



Fig. 6.3 Splénomégalie, hypertension portale, veine splénique dilatée.

Splénomégalies hétérogènes

Cet aspect est présent dans :

- *les lymphomes hodgkiniens et non hodgkiniens*. Le lymphome est la lésion primitive la plus fréquente de la rate, secondaire à une maladie systémique ou primaire et concerne 30 % environ des patients atteints de lymphome de Hodgkin et 30 à 40 % des patients atteints d'un lymphome non hodgkinien. Le lymphome peut se présenter sous la forme d'une infiltration diffuse avec splénomégalie ou avec la présence de nodule ou de masse focale. La nécrose est rare, l'infarcissement de la rate peut se produire. Les lésions apparaissent hypoéchogènes, bien limitées. L'association à des adénopathies hilaires ou rétropéritonéales est évocatrice du diagnostic (fig. 6.4);
- *les tumeurs malignes non hématologiques* primitives ou secondaires :
 - *les sarcomes*. L'angiosarcome est la tumeur maligne primitive la plus fréquente, il peut s'agir d'une masse bien limitée ou d'aspect infiltratif diffus alternant des zones hypo et hyperéchogènes,
 - *les tumeurs secondaires* montrent un aspect de nodules hypoéchogènes ou de nodules « en cocarde » avec halo périphérique hypoéchogène. La rate n'est pas constamment hypertrophiée. Les cancers primitifs les plus fréquemment en cause sont le mélanome et les cancers du sein, du poumon, de l'ovaire, de l'estomac, de la prostate.

Points essentiels

- L'échographie est un examen de 1^{re} intention quand on soupçonne une pathologie splénique.
- Il existe des splénomégalies :
 - homogènes (maladies infectieuses, hypertension portale, hémopathies);
 - hétérogènes (Lymphomes, tumeurs malignes).

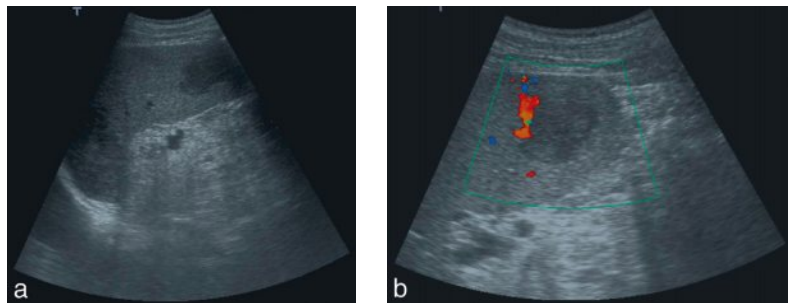


Fig. 6.4 Syndrome tumoral splénique, splénomégalie dans le cadre d'un lymphome avec nodule hypoéchogène.

a. Coupe longitudinale. b. Coupe avec Doppler couleur.

Lésions focales

Kystes

Ils sont de plusieurs types :

- congénitaux :
 - *les kystes épithéliaux* sont rares au niveau de la rate. Ils apparaissent uni ou multiloculaires parfaitement anéchogènes et à parois fines,
 - *les kystes épidermoïdes* se présentent sous forme d'images (fig. 6.5) à limites souvent plus irrégulières que les kystes épithéliaux. Ils sont parcourus par des septa et possèdent un contenu fréquemment échogène,
 - *les lymphangiomes kystiques* atteignent l'enfant ou l'adolescent et se présentent comme des formations kystiques uni ou multiloculaires, de siège volontiers sous-capsulaire;
- secondaires :
 - *les faux kystes* des pancréatites,
 - *les kystes parasitaires* (échinococcose, hydatidose), sans particularité par rapport aux kystes hépatiques (vésicules filles, membrane).

Anévrisme de l'artère splénique

Ils apparaissent comme des lésions kystiques intraparenchymateuses, ou sur le trajet du pédicule vasculaire, et présentent un signal Doppler caractéristique.

Lésions traumatiques de la rate

Elles sont fréquentes lors des traumatismes thoracoabdominaux (fig. 6.6).

Un signe indirect existe : l'épanchement intrapéritonéal, dont la topographie oriente vers la rate (région péri-splénique).



Fig. 6.5 Kyste épidermoïde, nodule hypoéchogène mais non liquidien du pôle inférieur de la rate.

Plusieurs signes directs sont possibles :

- l'hématome sous-capsulaire se présente comme une masse liquidienne périphérique non mobile aux changements de position du patient;
- les contusions intraspléniques révèlent des plages hyper puis hypoéchogènes voire anéchogènes kystiques selon l'évolution.

Il faut toutefois connaître les limites de l'échographie :

- lésions de petite taille;
- rate peu accessible (lésions costales douloureuses);
- les hématomes récents échogènes (stade du caillot) difficiles à différencier de la rate normale.

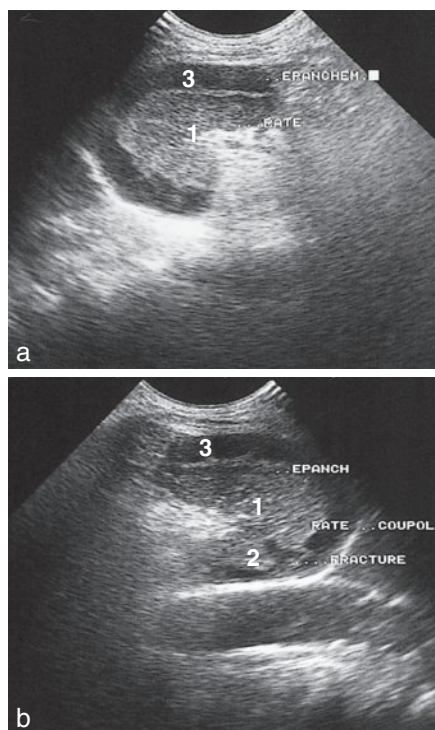


Fig. 6.6 Traumatisme de l'hypocondre gauche, rupture splénique.

a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale. 1. Rate. 2. Fracture. 3. Hématome péricapsulaire.

Infarctus splénique

Il survient généralement sur les rates pathologiques hématologiques ou par embolie septique lors des endocardites.

L'aspect de la zone infarctée est variable en fonction de son âge. Typiquement, l'infarctus se présente comme une lésion hypoéchogène triangulaire à base externe mais la lésion peut prendre une forme ronde.

L'évolution se fait vers une cicatrice fibreuse échogène, un faux kyste ou vers l'abcédation.

Abcès

Ils sont généralement secondaires à un infarctus, un traumatisme ou un embolie septique. Ils se présentent comme des lésions kystiques à contours réguliers et à parois plus ou moins épaisses contenant des débris intrakystiques nécrotiques. On peut mettre en évidence à l'intérieur de la lésion une image hyperéchogène mobile correspondant à des gaz au sein de l'abcès.

Tumeurs

Hémangiome splénique

C'est la tumeur bénigne la plus fréquente d'origine congénitale, d'aspect caverneux, de taille variable (0,5 à 7 cm), asymptomatique.

L'aspect échographique montre une lésion échogène bien limitée.

L'examen est complété par une IRM. Cette pathologie peut se trouver parfois dans le cadre de malformations angiomateuses : syndrome de Klippel-Trenaunay.

L'hémangiome peut se compliquer : infarctus, thrombose, hémorragie, fibrose ; la rupture est exceptionnelle.

Hamartome

C'est une lésion solide contenant une composante kystique ou nécrotique avec une taille variant de 0,3 à 20 cm.

L'hamartome splénique peut être associé à d'autres syndromes : sclérose tubéreuse, syndrome de Wiskott-Aldrich.

L'aspect de l'hamartome est homogène, bien limité, d'échogénicité variable, le plus souvent hyperéchogène.

Angiomyolipome

L'angiomyolipome de la rate est une lésion rare associée à l'angiomyolipome rénal chez les patients présentant une sclérose tubéreuse de Bourneville. L'aspect est très hyperéchogène hétérogène dû à la présence de graisse mature.

Myélome

Le myélome multiple se produit quand il y a une prolifération maligne de cellules avec des immunoglobulines monoclonales retrouvées dans le sérum, les urines. Les patients ont moins de 40 ans, les dépôts spléniques sont présents entre 30 à 40 % des cas. La splénomégalie est constante, parfois il existe des lésions focales hypoéchogènes.

Points essentiels

La pathologie focale de la rate comprend :

- des formations kystiques congénitales ou secondaires;
- des lésions traumatiques;
- l'infarctus splénique;
- des abcès, l'hémangiome splénique, des pathologies plus rares.

Conclusion

Un certain nombre de pathologies spléniques peuvent être découvertes parfois avec un diagnostic spécifique, les lésions kystiques sont le plus fréquemment post-traumatiques, parfois congénitales, les pathologies infectieuses d'origine fongique ou pyogène ou parasitaire peuvent intéresser la rate. La tumeur bénigne la plus fréquente est l'hémangiome, d'autres tumeurs bénignes peuvent survenir incluant l'hamartome, le lymphangiome.

L'angiosarcome primitif de la rate est une tumeur maligne exceptionnelle, non hématogène, en revanche lymphome, myélome et métastases sont les autres pathologies malignes susceptibles d'atteindre la rate.

On retiendra qu'un examen échographique normal (en particulier dans les pathologies hématologique ou traumatique) n'exclut pas la présence d'une lésion.



Indications de l'échographie splénique

1. Exploration des splénomégalies.
2. Exploration des traumatismes de l'hypocondre gauche. Surveillance après traitement chirurgical conservateur.
3. Bilan d'extension initial des lymphomes et surveillance sous traitement.
4. Exploration des masses de l'hypocondre gauche.
5. **Recherche de complications postopératoires : abcès ou hématome.**
6. Bilan d'une hypertension portale.
7. Recherche de foyers septiques.
8. Recherche de rate accessoire en cas de récurrence thrombocytopénique après splénectomie.
9. Ponction à visée cytologique. Drainage d'abcès.

Urgences digestives de l'adulte

N. Launay

PLAN DU CHAPITRE

- Place de l'échographie
- Échoanatomie
- Technique d'examen
- Pathologies
- Appendicite aiguë
- Adénolymphite mésentérique
- Iléocolite aiguë
- Diverticulite aiguë
- Abscess

Place de l'échographie

Le scanner est l'examen recommandé en 1^{re} intention dans l'exploration de douleurs de la fosse iliaque gauche, d'un syndrome occlusif et dans le cas d'une suspicion d'ischémie mésentérique. Il est indiqué dans le cadre de douleurs de la fosse iliaque droite si l'échographie est non concluante.

L'échographie est **recommandée en 1^{re} intention** en cas de suspicion **d'appendicite aiguë**, notamment chez **la femme enceinte** (avec IRM en 2^e intention si l'échographie est non concluante) et **l'adulte jeune**. Celle-ci peut contribuer au diagnostic positif et aux diagnostics différentiels.

Échoanatomie

Une structure digestive est constituée d'une cavité centrale contenant en quantités variables de l'air et des sécrétions liquidiennes. Son échostructure est inconsistante, pouvant être en partie artefactée, d'où l'intérêt de la **compression dosée** dont un des buts est d'éliminer cette composante intraluminaire. La structure digestive est limitée en périphérie par une paroi composée de quatre couches (à partir de la lumière du tube digestif) (**fig. 7.1**) :

- la muqueuse;
- la sous-muqueuse;
- la musculuse;
- la séreuse.

L'exploration commence par le repérage du côlon droit puis en suivant le côlon, la valvule iléocœcale et le cæcum sont identifiés. Par la suite, l'iléon est recherché dans la région du cæcum et suivi en remontant vers l'angle de Treitz en direction de la queue du pancréas.

L'appendice est une **structure digestive tubulaire borgne paracœcale** sans aucun péristaltisme. Sa topographie habituelle est contre le psoas, dans un espace limité

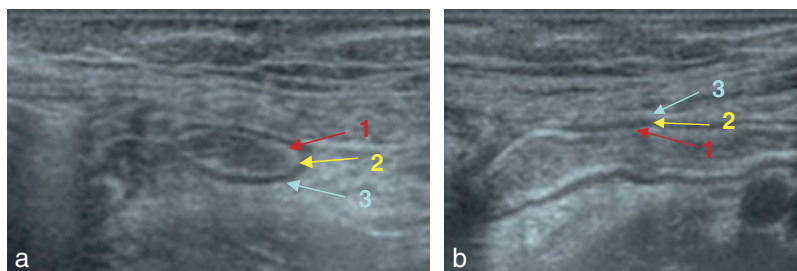


Fig. 7.1 Paroi digestive : 3 couches sont visibles.

Du centre à la périphérie : sous-muqueuse échogène (1), musculuse hypoéchogène (2), séreuse échogène (3).

par le cæcum, la paroi abdominale antérieure et les vaisseaux iliaques. Même lors d'une exploration bien conduite, un appendice normal reste difficile à voir et les conditions d'examen doivent être optimales pour permettre une étude complète de la fosse iliaque droite, ce qui nécessite une parfaite élimination des artefacts aériques et stercoraux.

Technique d'examen

L'examen ultrasonore du tube digestif doit être guidé par les données cliniques et notamment par le patient qui indique son point douloureux d'intensité maximale.

Un examen général de l'abdomen est effectué d'abord avec une sonde de 3,5 MHz puis avec l'aide d'une barrette de 7,5 MHz afin d'obtenir une visualisation échographique à haute résolution de toute la surface abdominale. L'échographie débute avec le patient en décubitus dorsal puis en décubitus latéral droit et gauche. Ceci permet de déplacer l'air et les liquides contenus dans l'intestin, créant ainsi de nouvelles fenêtres échographiques souvent révélatrices.

L'étude de l'intestin grêle doit être dynamique afin d'apprécier les mouvements péristaltiques. La compression dosée est une technique indispensable qui permet d'une part de comprimer la lumière digestive pour en chasser les gaz, d'autre part d'apprécier l'élasticité de la paroi digestive et de son atmosphère graisseuse.

Points essentiels

L'interprétation échographique d'une structure digestive comprend donc successivement :

- l'étude de la paroi : les différentes couches sont-elles identifiables ? Sont-elles épaissies ?
- l'étude de l'espace péri-intestinal : présence d'un épanchement, d'une collection ou de bulles d'air.
- l'évaluation du caractère dynamique des anses digestives.

Pathologies

Appendicite aiguë (fig. 7.2 à 7.4)

Son diagnostic est parfois difficile et s'appuie principalement sur les données clinicobiologiques.

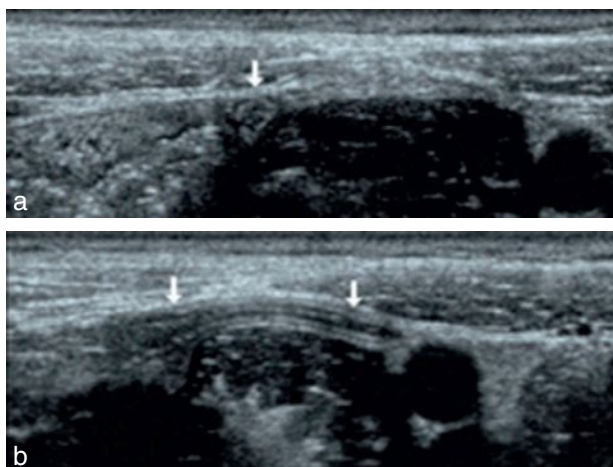


Fig. 7.2 Appendice normal : coupes transversale (a) et longitudinale (b).

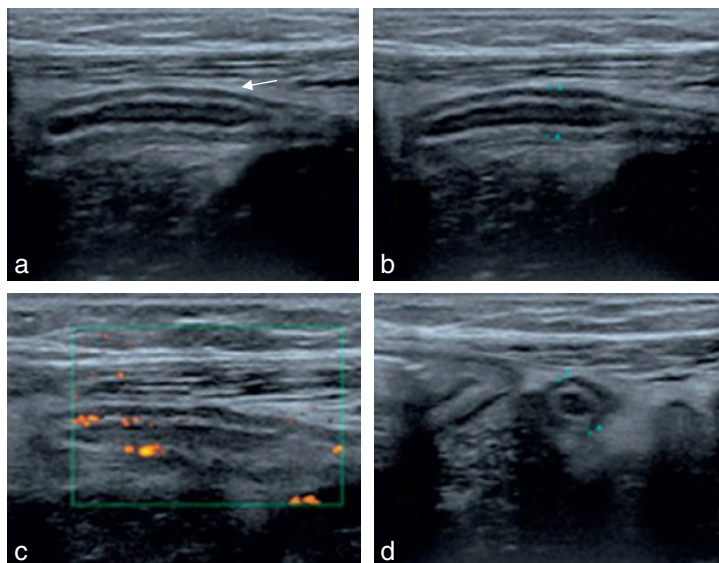


Fig. 7.3 Appendicite : appendice (flèche) non dépressible, douloureux à la palpation avec hypervascularisation de type inflammatoire en Doppler mode énergie.
 a. Coupe longitudinale. b. Coupe longitudinale. c. Coupe longitudinale avec Doppler énergie. d. Coupe transversale.

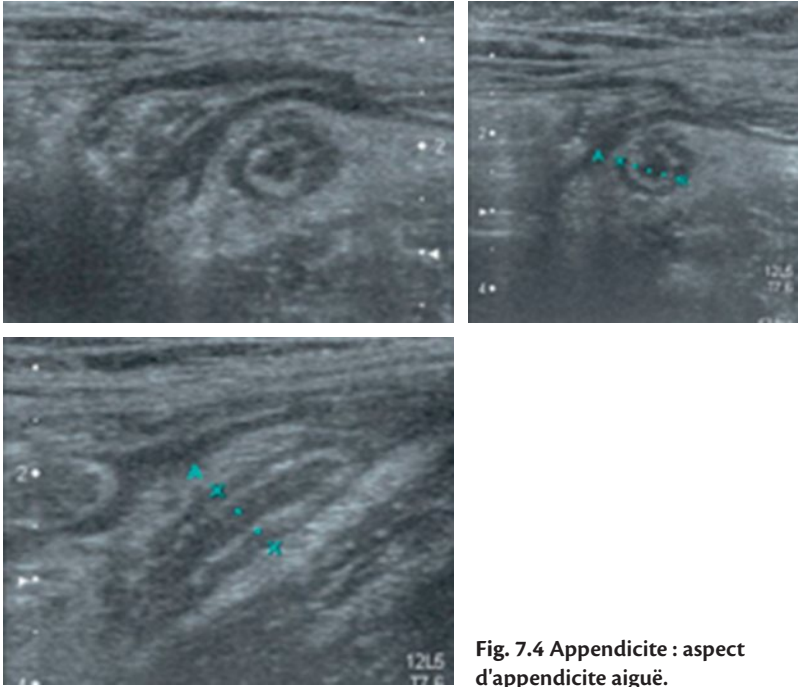


Fig. 7.4 Appendicite : aspect d'appendicite aiguë.

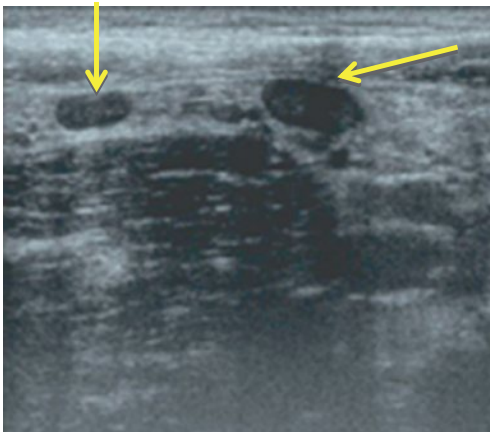


Fig. 7.5 Adénolymphite mésentérique : ganglions en fosse iliaque droite.

Le tableau classique d'appendicite aiguë associe :

- une douleur de la fosse iliaque droite;
- une défense localisée au point de Mac Burney;
- une hyperthermie;
- une hyperleucocytose.

Malheureusement, ces signes sont souvent absents et les diagnostics différentiels sont nombreux :

- urologiques (pyélonéphrite, colique néphrétique);
- gynécologiques (grossesse extra-utérine, kyste rompu de l'ovaire, endométrite, salpingite);
- digestifs (adénolymphite mésentérique, pancréatite aiguë, péritonite, abcès, etc.).

Une compression progressive et modérée est exercée sur les anses de la fosse iliaque droite, ce qui permet de distinguer les anses normales, qui présentent un péristaltisme et se laissent comprimer, de l'appendice normal qui est **distendu, non compressible et apéristaltique** (fig. 7.2).

Les éléments à rechercher sont :

- la base de l'appendice toujours en relation avec le cæcum,
- la position du bout de l'appendice de position variable (de siège sous-hépatique, latérocaecal, rétrocaecal, pelvien ou mésoocolique), d'où l'intérêt du guidage par le patient qui localisera au mieux le siège de sa douleur;
- la mesure du diamètre de l'appendice en antéro-postérieur, d'une musculature propre à l'autre en coupe transversale;
- la présence d'un coprolithe (écho-endoluminal avec cône d'ombre postérieur), devant suggérer le diagnostic d'appendicite aiguë chez un patient symptomatique quel que soit le diamètre de l'appendice;
- une hyperéchogénéicité des mésos adjacents en rapport avec l'inflammation de la graisse péricæcale.

L'échographie fait donc le diagnostic en mettant en évidence un appendice apéristaltique non compressible de plus de 6 mm de diamètre, avec une paroi épaissie supérieure à 3 mm de façon circonférentielle, ou parfois un stercolithe. Une petite réaction liquidienne peut accompagner un appendice enflammé, sans pour autant traduire une complication. En cas d'appendice pelvien, l'intérêt de la voie endovaginale apparaît primordial. Il faut examiner l'appendice sur toute sa longueur afin de ne pas méconnaître une inflammation segmentaire. Il faut de plus rechercher une collection ou un abcès périappendiculaire. Le Doppler peut montrer des remaniements inflammatoires (hypervascularisation).

L'échographie présente un intérêt en 1^{re} intention en particulier chez la femme enceinte et l'adulte jeune, elle contribue aux diagnostics positifs ou différentiels mais présente certaines limites :

- spécificité médiocre en cas de perforation;
- douleur empêchant la compression;
- appendice rétrocaecal;
- nécessité d'un échographiste expérimenté.

Un complément d'exploration par scanner ou IRM (chez la femme enceinte) est indiqué si l'appendice est non visualisable en échographie.

Points essentiels

Diagnostic échographique d'appendicite

- Appendice apéristaltique non compressible de plus de 6 mm de diamètre.
- Épaisseur de paroi > 3 mm.
- Présence d'un stercolithe.
- Hypervascularisation au Doppler.
- Épanchement liquidien adjacent.
- Collection/abcès périappendiculaire.

Adénolymphite mésentérique

Cette inflammation de ganglions mésentériques, observée surtout chez l'enfant et l'adolescent, est un des diagnostics différentiels de l'appendicite. Quelques jours après un épisode viral, surviennent des douleurs abdominales pouvant prédominer dans la fosse iliaque droite. Des ganglions mésentériques hypertrophiés sont visibles dans la graisse péri-iléale (fig. 7.5) ainsi que dans la racine du mésentère. Le péristaltisme de l'anse iléale persiste. La douleur disparaît en quelques jours mais les signes échographiques peuvent persister.

Iléocolite aiguë

Révélee par des douleurs abdominales aiguës ou subaiguës associant une atteinte de la fosse iliaque droite et une hyperthermie, c'est un des autres diagnostics différentiels de l'appendicite. L'examen met en évidence un épaissement pariétal circonférentiel du cæcum et de la dernière anse iléale associé à des ganglions adjacents hypertrophiés, sans atteinte appendiculaire (fig. 7.6). L'iléon est souvent paralysé. L'iléite bactérienne se différencie de l'iléite du Crohn par l'absence de fistule et de prolifération fibrosclérotique.

Diverticulite aiguë

Le scanner est indiqué en 1^{re} intention chez les patients pour lesquels la suspicion clinique du diagnostic est forte avec un tableau clinique associant :

- des douleurs de la fosse iliaque gauche ;
- une hyperthermie ;
- des nausées ;
- de la diarrhée.

L'échographie est réalisée dans un contexte de douleurs pelviennes mal étiquetées et de signes trompeurs. Elle peut objectiver :

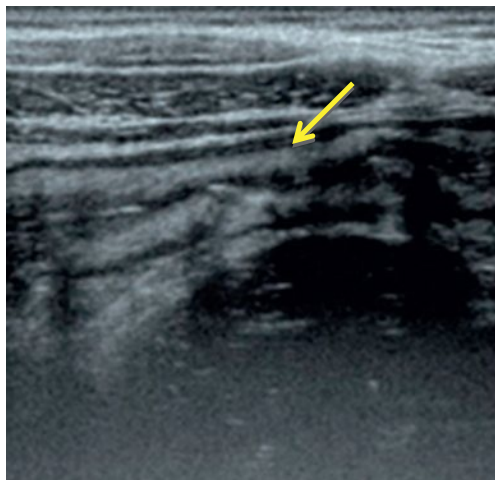


Fig. 7.6 Épaississement diffus de la sous-muqueuse : colite droite.



Fig. 7.7 Diverticulite aiguë : épaississement pariétal et présence de diverticule.

- un épaississement pariétal (fig. 7.7) hypoéchogène sur un segment du côlon (> 4 mm sur plus de 5 cm de long);
- un aspect en cible du côlon en coupe transversale (sous-muqueuse hyperéchogène au centre, musculaire propre épaissie hypoéchogène en périphérie);
- des diverticules anormaux sous la forme d'excroissances hyperéchogènes avec cône d'ombre postérieur, développées aux dépens de la paroi colique;
- une infiltration hyperéchogène de la graisse avoisinante;
- un abcès (collection extrapariétale hyperéchogène).

Il est recommandé dans ce cas de compléter l'examen par un scanner, les causes de faux positifs sont en effet nombreuses, l'épaississement pariétal n'étant pas spécifique et pouvant se voir également dans d'autres pathologies en particulier dans l'ischémie mésentérique.

Abcès

L'échographie est un examen sensible pour la détection et la localisation de collections liquidiennes abdominale ou pelvienne, principalement dans certaines régions que sont l'hypocondre droit, le pelvis et l'hypocondre gauche. Les aspects échographiques des collections stériles ou infectées ne sont pas spécifiques, mais typiquement, les *collections liquidiennes simples* :

- ont des parois bien définies;
- contiennent peu d'éléments échogènes;
- sont très transsonores.

En revanche, les *abcès* sont souvent caractérisés ainsi (fig. 7.8 et 7.9) :

- ont des parois irrégulières;
- contiennent des débris ou des éléments hyperéchogènes;
- contiennent de l'air, visible sous la forme d'une zone hyperéchogène sans ou avec cône d'ombre postérieur suggérant fortement l'infection.

La ponction guidée de la collection peut contribuer au diagnostic.

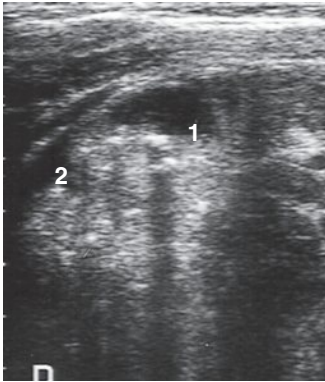


Fig. 7.8 Abcès appendiculaire, masse hétérogène de la fosse iliaque droite (1), présence de gaz et d'un épanchement dans la gouttière pariéto-colique (2).

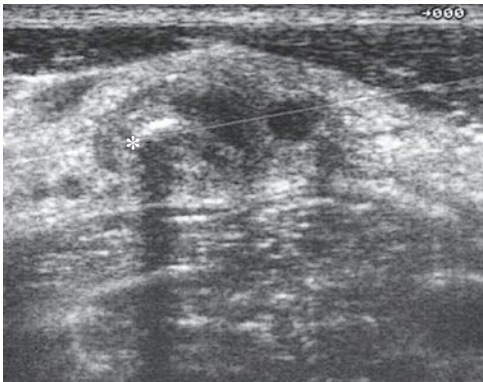


Fig. 7.9 Abcès sur diverticule de Meckel, masse de la fosse iliaque droite et calcification (étoile) : stercolithe.



Principales indications de l'échographie du tube digestif

- Appendicite aiguë.
- Adénolymphite mésentérique.
- Iléocolite aiguë.
- Diverticulite aiguë.
- Abscess.

Haut appareil urinaire et surrénales

O. Hélénou, C. Delavaud, J. Dbjay, A. Khairoune, D. Eiss, J.-M. Correas

PLAN DU CHAPITRE

■ Reins et haut appareil excréteur

- Indications
- Technique d'examen
- Résultats normaux
- Résultats pathologiques

■ Surrénales

- Échoanatomie
- Indications
- Résultat pathologique

Reins et haut appareil excréteur

L'étude de l'appareil urinaire peut consister en plusieurs protocoles d'exploration selon l'indication ou la découverte d'anomalies en cours d'examen. On distingue principalement l'échographie rénale simple et l'échographie rénale et des voies urinaires :

- l'échographie rénale a pour but l'étude des reins et des loges rénales, sans l'exploration des uretères et de la vessie d'emblée;
- l'exploration des reins et du tractus urinaire consiste en l'étude de l'ensemble du haut appareil et de la vessie.

Le Doppler n'est pas systématique mais son utilisation peut s'avérer très utile en cours d'examen pour compléter l'étude morphologique d'une anomalie, rechercher une pathologie spécifique (notamment vasculaire) dans le cadre d'une insuffisance rénale ou d'une hématurie, ou encore à la recherche d'une complication vasculaire iatrogène.

Indications

L'échographie est une technique de 1^{re} ligne qui oriente la stratégie vers des examens plus lourds (scanner sans contraste des voies urinaires, scanner rénal sans et avec injection de produit de contraste ou uroscanner principalement).

Son résultat est suffisant dans une proportion importante de cas si l'on prend en compte les diagnostics d'exclusion qui permettent d'écarter la responsabilité de l'appareil urinaire (jugé normal par l'échographie) devant un symptôme clinique.



Principales indications de l'échographie rénale simple sans étude d'emblée a priori du tractus urinaire

- Surveillance d'un calcul rénal caliciel non compliqué.
- Surveillance d'une masse rénale (kyste, tumeur bénigne, etc.).
- Dépistage (enquête familiale) et surveillance de la polykystose rénale.
- Contrôle après chirurgie rénale.
- Au cours de toute échographie abdominale.



Principales indications de l'échographie des reins et du tractus urinaire

- Hématurie.
- Infection fébrile de l'appareil urinaire.
- Insuffisance rénale.
- Suspicion de colique néphrétique.
- Recherche d'un calcul rénal.
- Syndrome obstructif du haut appareil.
- Découverte d'une dilatation du tractus urinaire (sur une échographie).
- Étude d'une masse rénale restée indéterminée sur un scanner ou une IRM.

Certaines situations conduisent à compléter cette exploration par une étude post-mictionnelle à la recherche d'un résidu vésical :

- suspicion de rétention urinaire;
- trouble urinaire du bas appareil et troubles mictionnels;
- insuffisance rénale aiguë;
- si l'échographie initiale montre une dilatation bilatérale de l'appareil excréteur, des signes de lutte vésicale, une hypertrophie importante de la prostate ou de son lobe médian

Technique d'examen

Équipement

La sonde utilisée est de type barrette courbe électronique à large bande (2–5 MHz) et large secteur, dédiée à l'exploration de l'abdomen.

L'imagerie en échelle de gris doit utiliser des paramètres ajustés en fonction des conditions anatomiques de l'examen et des anomalies recherchées ou rencontrées. Les principaux réglages ajustés par l'opérateur en cours d'examen sont : le gain et la TGC (*Time Gain Compensation*), la gamme dynamique et la position des zones focales. Il est utile d'enregistrer les différents paramètres dans un programme spécifique (*preset*).

L'utilisation du Doppler couleur peut être utile en complément de l'imagerie morphologique pour préciser une anomalie (*cf. infra*).

Préparation



En pratique

Les demandes d'échographie rénale conduisent souvent à réaliser une étude complète de l'appareil urinaire incluant les reins, les uretères, la vessie et le résidu post-mictionnel.

Aussi est-il recommandé de demander au patient de se présenter avec une vessie pleine mais non distendue, en semi-réplétion après une période d'environ 3 à 4 heures sans miction et avec apports hydriques normaux.

Déroulement de l'examen

Étude des reins

L'exploration échographique des reins est un examen dynamique qui doit prendre en compte la mobilité des deux reins dans leurs loges adipeuses.

Cette caractéristique a deux conséquences sur la technique d'examen :

- la nécessité d'obtenir des apnées pendant l'examen pour l'analyse fine du rein et la prise des clichés;

■ la possibilité d'utiliser les mouvements respiratoires dans le but de dégager le rein et surtout ses pôles de superpositions gênantes : pôle supérieur dégagé de l'auvent costal en inspiration profonde, pôle inférieur dégagé des gaz coliques en expiration profonde.

Le rein droit (fig. 8.1) est examiné par un abord latéral ou antérolatéral au niveau du flanc droit patient placé en décubitus latéral gauche (le dos décrivant un angle de 60 à 90° avec le lit d'examen), à plat (les épaules au même niveau que le bassin) et de préférence jambe droite en extension (pour éviter de trop « creuser » le flanc droit). D'autres voies peuvent être utiles lors de l'examen : voie antérolatérale sous-costale transhépatique, abord intercostal (pôle supérieur), voie postérieure.

Le rein gauche (fig. 8.2) est examiné par un abord postérolatéral ou latéral dans le flanc gauche patient placé en décubitus latéral droit (dos à 90° par rapport à l'horizontale). D'autres voies peuvent être utiles lors de l'examen : abord antérolatéral (hypocondre gauche), abord intercostal (pôle supérieur), voie postérieure. L'utilisation des mouvements respiratoires pour dégager les pôles, est ici particulièrement utile.

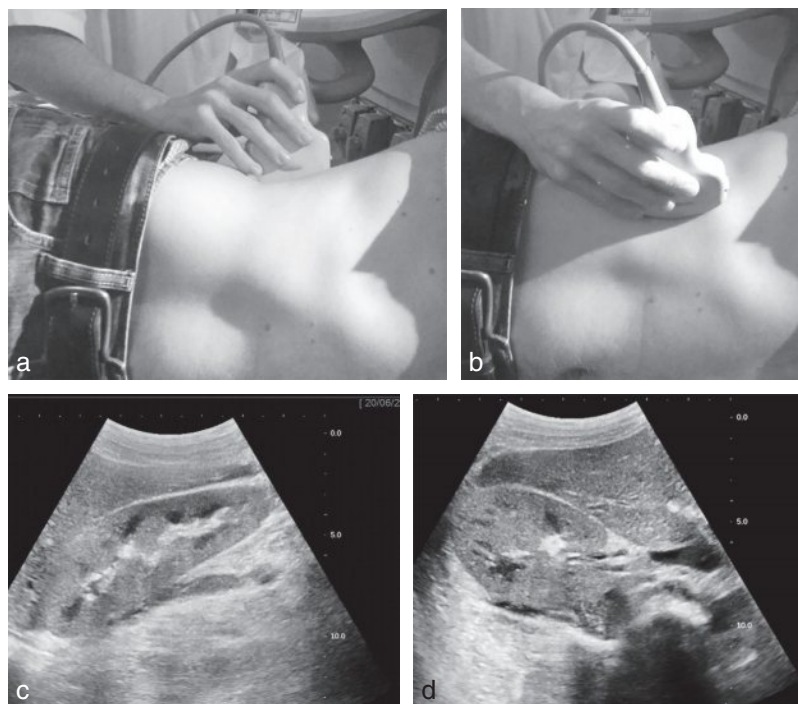


Fig. 8.1 Étude du rein droit.

a, b. Voies d'abord latérale et antérolatérale droite sous-costale. **c.** Coupe longitudinale. **d.** Coupe transversale.

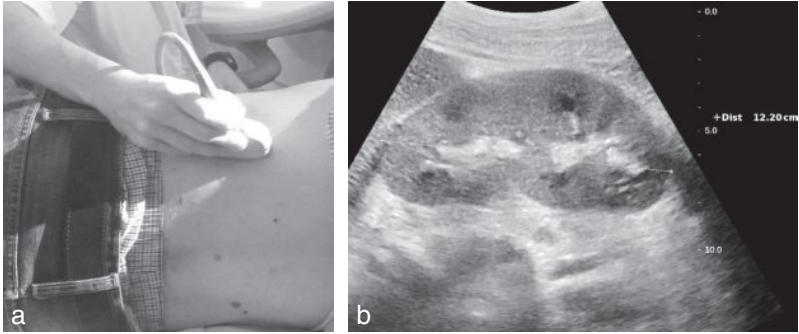


Fig. 8.2 Étude du rein gauche.

a. Voie d'abord postérolatérale gauche. **b.** Coupe longitudinale.

L'examen morphologique d'un rein en échographie doit comporter les éléments suivants :

- analyse du parenchyme cortical et médullaire (analyse de l'échostructure d'ensemble, épaisseur, recherche d'une lésion focale, etc.);
- analyse de la surface du rein dans sa totalité (recherche d'une déformation localisée ou d'une anomalie sous-capsulaire, etc.);
- analyse du sinus et de la région hilare (recherche d'une anomalie de l'appareil collecteur ou vasculaire, un syndrome de masse, etc.);
- analyse de l'atmosphère périrénale (y compris les loges surréaliennes);
- calcul des mensurations rénales.

En dehors des images pathologiques, le résultat doit produire au minimum deux images des plans de coupes longitudinales passant par l'axe bivalve et transversal par la partie moyenne à la hauteur du hile rénal. Il est souvent nécessaire d'imprimer une ou plusieurs coupes complémentaires dégageant notamment les pôles du rein.



Mensurations rénales

La plus grande longueur bipolaire du rein est la dimension la plus reproductible et la plus constante avec les variations morphologiques interindividuelles du rein. Elle est en pratique la seule dimension nécessaire et suffisante qui doit faire partie du résultat de tout examen échographique rénal.

La mesure se fait par voie antérieure dans un plan sagittal légèrement oblique en bas et en dehors ou par voie latérale, dans un plan frontal légèrement oblique en bas et en avant.

Il est généralement utile de répéter la mesure (risque d'erreur par défaut) pour ne conserver que la valeur la plus élevée (fig. 8.3).

Les mesures de dimensions rénales transversale ou antéropostérieure et d'épaisseur parenchymateuse, hautement variables dans les situations normales (variabilité inter et intra-individuelle) et peu reproductibles, sont de mauvais indicateurs de la valeur fonctionnelle d'un rein et peu utilisées en pratique.

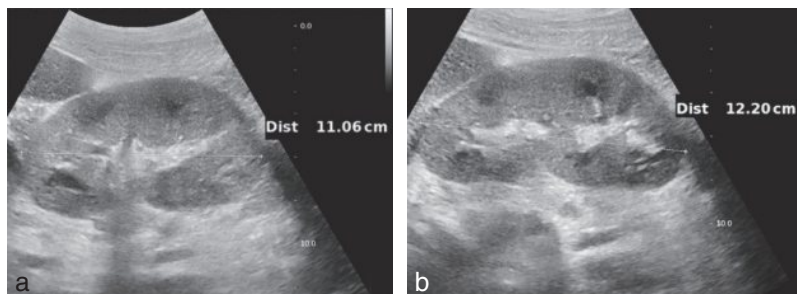


Fig. 8.3 Mesure de la plus grande dimension bipolaire du rein.

Premier essai de mesure retrouvant 11,06 cm (a) et deuxième mesure (b) dans un plan longitudinal oblique mieux adapté au grand axe bipolaire retrouvant la bonne mensuration du rein, soit 12,20 cm.

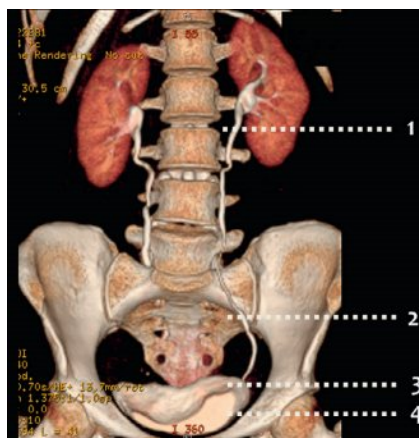


Fig. 8.4 Voies d'abord des segments accessibles de l'uretère à l'uroscanner : vue frontale en mode rendu de volume.

1. Segment sous-pyélique.
2. Segment sacro-iliaque.
3. Segment pelvien rétrovésical.
4. Segment intramural.

Étude des uretères

Elle n'est pas toujours nécessaire, ce temps de l'examen dépend de l'indication et du résultat initial de l'échographie (découverte d'une dilatation de l'appareil collecteur). Lorsque l'uretère n'est pas dilaté et donc non visible, l'indication de l'examen (colique néphrétique par exemple) peut conduire à étudier (à la recherche d'un obstacle potentiel) le segment intramural de

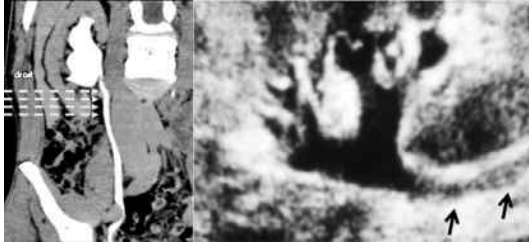


Fig. 8.5 Repères anatomiques sur un uroscanner (reconstruction frontale centrée sur la voie excrétrice droite) (a) et étude de l'uretère sous-pyélique dilaté (flèches) utilisant le pôle inférieur du rein comme fenêtre acoustique (b).

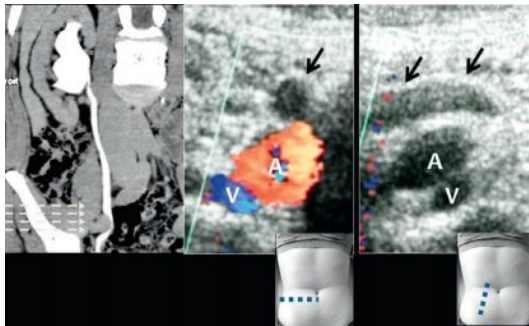


Fig. 8.6 Étude de l'uretère sacro-iliaque droit dilaté (flèches) en avant du pédicule artérioveineux iliaque en coupe transversale (b) et longitudinale oblique (c). Repères anatomiques sur un uroscanner (reconstruction frontale centrée sur la voie excrétrice droite) (a) et position de la sonde sur l'abdomen (vignettes). A : artère; V : veine.

l'uretère dans la paroi vésicale qui est la seule portion visible de l'uretère à l'état normal.

L'exploration des uretères dilatés comporte quatre temps en fonction du segment étudié (fig. 8.4) :

- l'uretère sous-pyélique est recherché par une incidence latérale au niveau du flanc en dedans du pôle inférieur du rein (servant de fenêtre acoustique) (fig. 8.5) ;
- le segment sacro-iliaque de l'uretère est visible lorsqu'il est dilaté au niveau de son croisement prévasculaire iliaque. La lumière urétérale anéchogène se situe alors en avant de l'artère et de la veine iliaques primitives en coupe transversale la sonde placée contre l'aile iliaque (fig. 8.6) ;



Fig. 8.7 Étude de l'uretère pelvien dilaté (flèches blanches) rétrovésical, position de la sonde sur l'abdomen (vignette).

Noter la présence d'un calcul urétéral (flèche noire).

- l'uretère pelvien rétrovésical dilaté est visualisé en utilisant la vessie (en réplétion) comme fenêtre acoustique (fig. 8.7);
- la portion intramurale de l'uretère est la seule visible à l'état normal sur un plan de coupe oblique en haut et en dehors passant par le méat (repéré par le relief de la paroi vésicale) obtenu vessie pleine ou en semi-réplétion (fig. 8.8).

Point essentiel

Segments d'uretère à étudier dans la recherche d'un obstacle

- Uretère sous-pyélique
- Segment sacro-iliaque
- Uretère pelvien dans sa portion rétrovésicale
- Portion intramurale de l'uretère

Les jets d'urine par les méats urétéraux sont parfois visibles en échelle de gris et de manière beaucoup plus constante en imagerie couleur. Ils sont recherchés dans une vessie pleine, en coupe transversale passant par les méats urétéraux (fig. 8.9). Compte tenu d'un faible impact clinique leur étude est en pratique peu utilisée en routine.

Étude de la vessie

Elle est réalisée par voie sus-pubienne, vessie en réplétion, non distendue. La recherche d'un résidu postmictionnel est optionnelle (en fonction de l'indication et du résultat initial) elle est réalisée en fonction de l'indication et du résultat initial après miction aux toilettes et au besoin répétée (en cas de résidu après une 1^{re} miction).

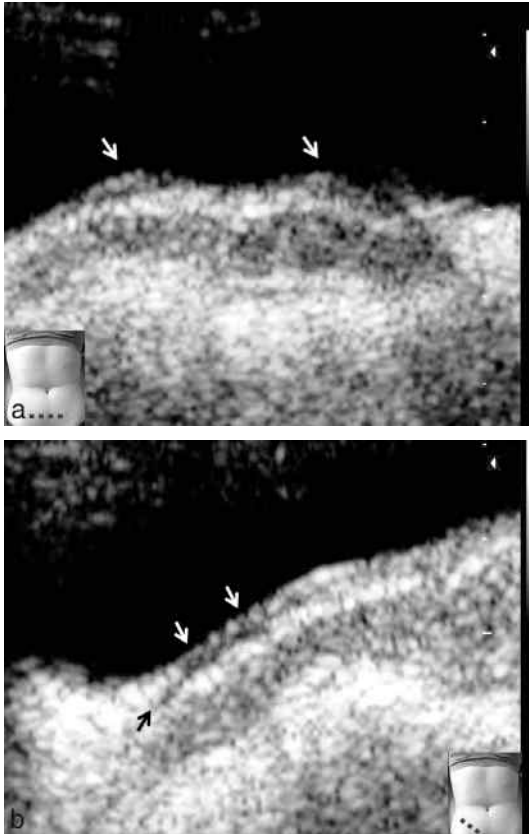


Fig. 8.8 Étude de l'uretère intramural droit normal, positions de la sonde sur l'abdomen (vignettes).

a. Après repérage des méats urétéraux (flèches) en coupe transversale passant par la base du trigone en arrière du col vésical, le plan de coupe est obtenu par rotation de la sonde en dedans à la hauteur du méat urétéral du côté étudié. **b.** L'incidence est transvésicale antérieure oblique en haut et en dehors.



Volumétrie vésicale

- Elle repose sur la mesure des plus grands diamètres longitudinaux et antéropostérieurs perpendiculaires dans un plan sagittal et du plus grand diamètre transversal.
- L'application de la formule de l'ellipsoïde (produit des 3 axes $\times \pi/6$) extrapole le volume vésical résiduel après miction (fig. 8.10).
- Le diamètre antéropostérieur est calculé sur la coupe sagittale.

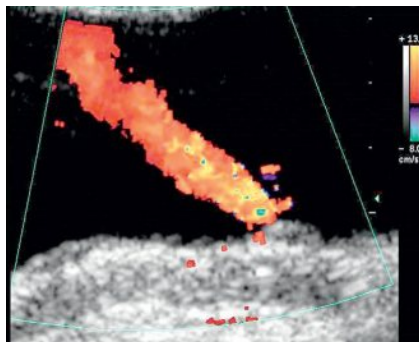


Fig. 8.9 Étude des jets urétéraux.

Après repérage des méats urétéraux en coupe transversale, mise en évidence d'un jet urétéral gauche en Doppler couleur.

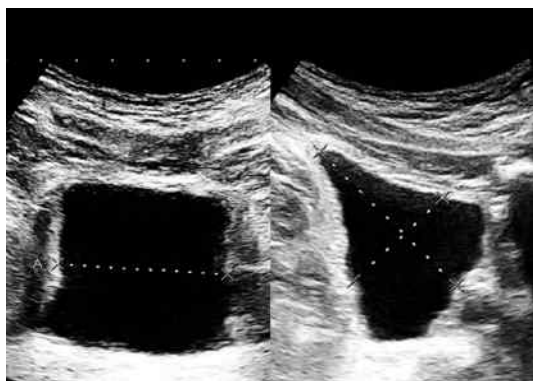


Fig. 8.10 Volumétrie vésicale en réplétion sur deux plans de coupes perpendiculaires.

Compte rendu et iconographie

Le compte rendu doit mentionner les points suivants :

- mensurations rénales comparatives;
- forme et morphologie rénale d'ensemble;
- état de l'appareil collecteur et des uretères (dilatation et sévérité);
- le cas échéant (en présence d'une image anormale ou d'une variante) : état du pèrirein, échostructure du cortex et gradient d'échostructure corticomédullaire, état du sinus, etc.;
- morphologie de la paroi vésicale (détrusor et trigone) et contenu vésical;
- existence ou non d'une empreinte prostatique (lobes médian et latéraux);
- résultat de la recherche de résidu post-mictionnel.

Résultats normaux

Reins et périrein

L'échographie permet de reconnaître trois composantes anatomiques principales : le sinus central et la couronne de parenchyme qui l'entoure au sein de laquelle sont individualisés le cortex et la médullaire (pyramides de Malpighi).

Parenchyme rénal

Il est composé d'environ 11 lobes. Un lobe rénal occupe toute l'épaisseur du parenchyme et est composé d'une pyramide de Malpighi et d'une couronne de cortex qui entre en rapport avec la pyramide au niveau de sa base et de toutes ses faces. Le sommet de la pyramide, constituant la papille, est en rapport avec le calice correspondant de l'appareil collecteur. La zone de réunion de deux lobes forme une cloison de tissu cortical entre deux pyramides appelée colonne de Bertin.

L'organisation des éléments fonctionnels (vaisseaux, néphrons et systèmes des tubes collecteurs) du parenchyme rénal explique la différence d'échogénicité entre médullaire (vaisseaux droits et tubes collecteurs parallèles peu réfléchissants) et cortex.

Les pyramides de Malpighi ont une forme grossièrement triangulaire et sont moins échogènes que le cortex (fig. 8.11). Il existe donc un gradient d'échogénicité corticomédullaire. Ce gradient corticomédullaire varie avec l'âge (plus marqué chez l'enfant, atténué voire absent sur les reins « séniles ») et l'état d'hydratation (accentué en cas de déshydratation).

L'échogénicité du cortex rénal normal est discrètement inférieure ou égale à celle du foie adjacent (cf. fig. 8.1c).

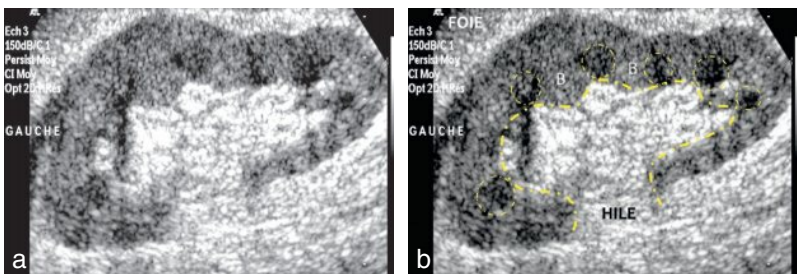


Fig. 8.11 Échoanatomie du rein.

Coupe longitudinale d'un rein gauche (a) et vue annotée (b). Trois composantes distinctes sont identifiables : sinus central hyperéchogène (ligne pointillée), pyramide de Malpighi hypoéchogène (cercles pointillés), cortex d'échogénicité intermédiaire plus externe et formant les colonnes de Bertin (B) interpyramidales.

Points essentiels

Les trois composantes du rein identifiables par ordre d'échogénicité croissante sont :

- les pyramides de Malpighi (médullaire rénale);
- le cortex et les colonnes de Bertin;
- le sinus rénal.

Mensurations rénales

La plus grande longueur bipolaire des reins à l'état normal s'inscrit entre 9,5 et 12,5 cm. Elle est généralement symétrique; une différence inférieure à 1,5 cm n'est pas considérée comme significative.

L'épaisseur normale du parenchyme rénal varie entre 1,5 et 2 cm. Le cortex est légèrement plus épais au niveau des pôles.

Chez l'adulte, la taille du rein et l'épaisseur du parenchyme peuvent physiologiquement diminuer avec l'âge de plusieurs millimètres.

Sinus rénal

Il réalise une plage centrale de forme grossièrement ovoïde, habituellement hyperéchogène et plus ou moins homogène (fig. 8.11). Sa taille et son échostructure peuvent varier avec le volume et les caractéristiques du tissu fibroconjonctif et adipeux qui le compose (fig. 8.12).

La présence de structures canalaire hypoéchogènes traduit la visibilité inconstante des veines rénales au sein du sinus (veines lobaires) (fig. 8.12). Le Doppler couleur permet de les identifier en cas de doute avec une dilatation de l'appareil collecteur. Les parois du sinus sont représentées par la face profonde des colonnes de Bertin et le sommet des pyramides plus ou moins proéminents. Ce relief de la face profonde du parenchyme détermine la forme générale du sinus qui est très variable d'un sujet à l'autre (fig. 8.12).

Les cavités calicielles (tiges et cupules) ne sont normalement pas visibles au sein du sinus rénal dans les conditions d'examen habituelles des reins natifs. Le bassinnet est parfois identifié dans la région hilare à l'état normal sous la forme d'une image liquidienne à grand axe transversal d'autant mieux visible et plus large qu'il est extrasinusal (fig. 8.13).

Espace périrénal

La capsule fibreuse anatomique (qui enveloppe le rein) n'est pas visible à l'état normal.

La surface du rein est limitée par un liseré hyperéchogène qui est visible au niveau de la portion rénale perpendiculaire la plus proche de la sonde et au niveau de l'espace interhépatorénal (espace de Morrison). Ce liseré n'est le plus souvent pas visible au niveau des pôles. Les espaces périnéphrétiques de la loge rénale se traduisent par une plage le plus souvent hyperéchogène (cf. fig. 8.11 et 8.12) voisine de l'échogénicité du sinus.

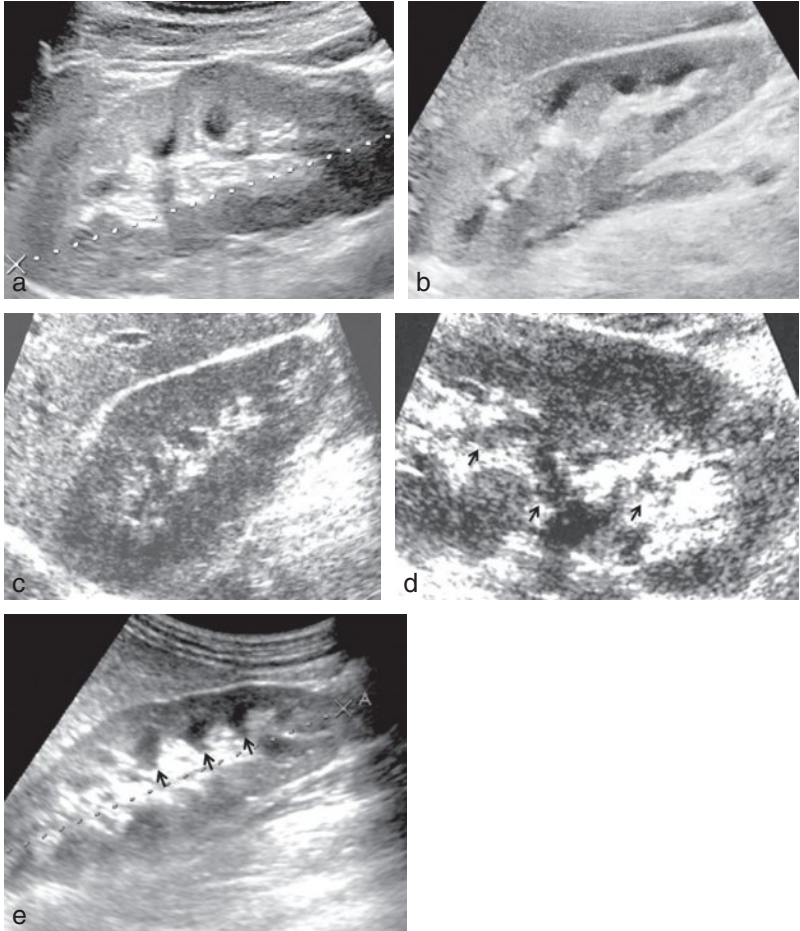


Fig. 8.12 Variabilité de forme, de taille et d'échostructure du sinus rénal.

a. Sinus de forme habituelle contenant quelques éléments vasculaires hypoéchogènes. **b.** Sinus aux limites déformées par la saillie des colonnes de Bertin. **c.** Sinus de petite taille avec éléments vasculaires. **d.** Sinus contenant de larges structures veineuses pouvant simuler une dilatation de l'appareil collecteur. **e.** Sinus aux limites déformées par la proéminence des pyramides (flèches).

Uretères

À l'état normal, seuls les uretères distaux sont visibles au niveau de leurs portions intramurales dans la paroi vésicale sous la forme d'une fine image linéaire hypoéchogène à bords parallèles, oblique en haut et en dehors (*cf.* fig. 8.8).



Fig. 8.13 Large bassinnet extrasinusal d'un rein gauche en coupe transversale, bien visible sans signe de dilatation pathologique de l'appareil caliciel (intrasinusal).

Les autres segments urétéraux ne sont jamais visibles à l'état normal. Seule une dilatation urétérale anormale permet de visualiser et de suivre certains segments de l'uretère (*cf. supra*).

Les jets urétéraux se traduisent en Doppler couleur par des images de jets colorés obliques en avant et en dedans, d'orientation symétrique et dépassant la ligne médiane (*cf. fig. 8.9*). Ils sont intermittents (intervalles de 2 à 150 s) et rarement synchrones.

Variations anatomiques

Dysmorphie interlobaire

La colonne de Bertin correspond à la zone de fusion de deux rénicules élémentaires et est située entre deux pyramides. En cas de dysmorphie – improprement appelée « hypertrophie de colonne de Bertin » –, la colonne de Bertin, exclusivement composée de tissu cortical, fait saillie dans le sinus entre deux pyramides hypoéchogènes en situation normale et peut simuler une tumeur rénale à développement sinusal (*fig. 8.14*).

Cette variante est généralement située à la partie moyenne du rein et plus souvent du côté gauche. L'échostructure identique à celle du cortex, le caractère harmonieux des angles de raccordement de la masse en continuité avec le parenchyme périphérique, la distribution harmonieuse des vaisseaux interlobaires et arqués dans le tissu cortical en Doppler couleur, sont les critères permettant de reconnaître cette variante en échographie Doppler.

En cas de doute diagnostique avec une authentique tumeur, une imagerie en coupes (TDM et IRM) avec utilisation d'un agent de contraste permet dans tous les cas de reconnaître une colonne de Bertin dysmorphique (*fig. 8.14b*).

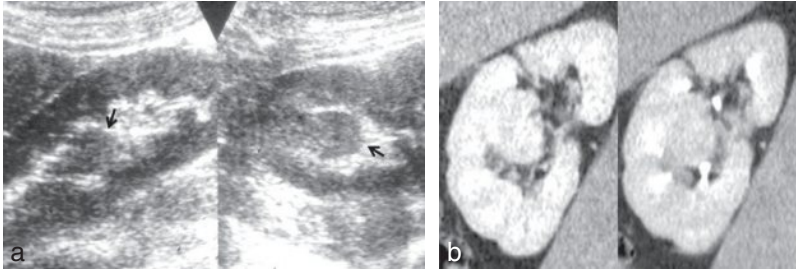


Fig. 8.14 Dysmorphie interlobaire.

a. Grosse colonne de Bertin se développant dans le sinus, harmonieusement raccordée et isoéchogène au cortex sur la coupe longitudinale (vue de droite) (flèches). En coupe transversale (vue de gauche), la dysmorphie simule une masse totalement endosinusal. **b.** Scanner avec injection (reconstruction frontale) aux temps tubulaire (vue de gauche) et sécrétoire (vue de droite) démontrant bien la nature d'une dysmorphie interlobaire pseudo-tumorale composée de tissu rénal normal fonctionnel semblable au cortex.

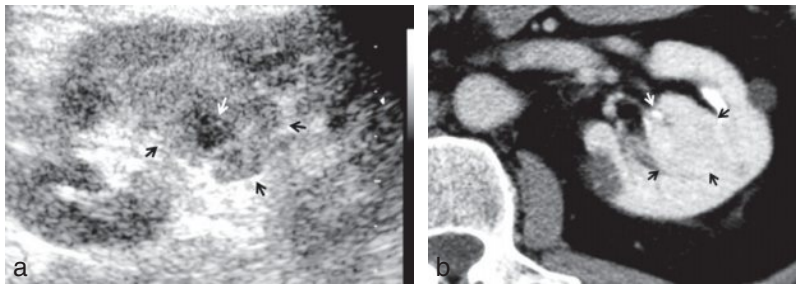


Fig. 8.15 Dysmorphie lobaire.

a. Ici, la variante est composée de tout un lobe rénal avec tissu cortical (flèches noires) et médullaire (flèche blanche). **b.** Le scanner est parfois indispensable pour vérifier la nature exacte du syndrome de masse (flèches noires), se comportant comme le parenchyme rénal après injection avec présence d'un complexe papillocaliciel (flèche blanche) sécrétant.

Dysmorphie lobaire

Encore appelée îlot de parenchyme jonctionnel ou lobe accessoire, cette variante représente en fait un lobe rénal complet qui n'a pas participé au processus de fusion et qui s'est enroulé au sein du sinus. Elle est souvent prise à tort pour une colonne de Bertin dysmorphique. Si l'aspect est en effet assez voisin, la présence d'une pyramide hypoéchogène visible sur l'un des bords de la saillie de parenchyme permet de reconnaître le lobe accessoire (fig. 8.15).

Système collecteur double

Le double système collecteur, en cas de duplication totale ou partielle (bifidité), s'accompagne d'un aspect de dédoublement du sinus (deux plages hyperéchogènes séparées par une cloison de parenchyme) dans un rein de grande taille (13 à 14 cm) (fig. 8.16).

Prolongement parenchymateux de la graisse sinusale

À l'état normal, la graisse du sinus entoure l'extrémité du cône médullaire dans la région du fornix et peut s'insinuer plus ou moins loin, au-dessus du fornix, accompagnant les vaisseaux interlobaires le long de la pyramide de Malpighi. Dans certains cas, l'expansion de la graisse du sinus peut atteindre la jonction corticomédullaire et simuler la présence d'une tumeur solide hyperéchogène sur les coupes perpendiculaires au grand axe de la pyramide de Malpighi (fig. 8.17).

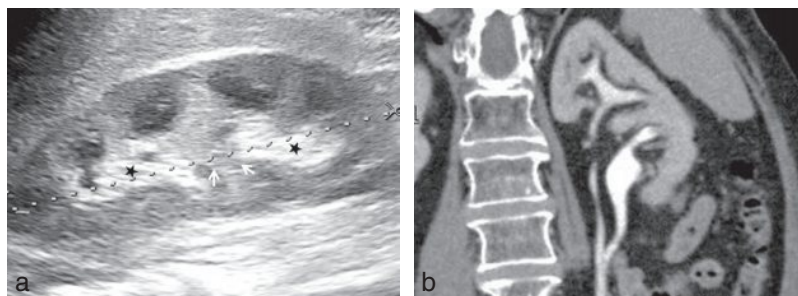


Fig. 8.16 Duplication partielle (bifidité) de l'appareil excréteur.

a. Échographie : rein de grande taille et sinus double (étoiles) séparé en deux par un pont de parenchyme (flèches). **b.** Uroscanner en reconstruction frontale montrant la bifidité de l'appareil collecteur.

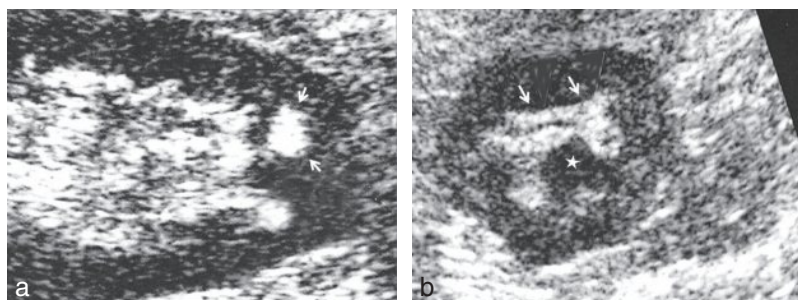


Fig. 8.17 Prolongement intraparenchymateux de la graisse sinusale.

a. Simulant un nodule échogène cortical. **b.** Plan de coupe oblique passant par le pédicule interlobaire (flèches) issu du sinus et remontant avec la graisse sinusale le long de la pyramide de Malpighi (étoile).

Lipomatose sinusale

Elle correspond à la prolifération non tumorale du tissu adipeux présent dans le sinus. Elle peut accompagner la sénescence rénale ou s'observer chez les patients obèses et au cours des traitements corticoïdes au long cours. La plus grande dimension du sinus devient nettement supérieure à la demi-hauteur du rein (rapport $L_{\text{sinus}}/L_{\text{rein}} > 0,5$) (fig. 8.18).

Défect cortical jonctionnel

Il est secondaire à une anomalie de fusion des deux hémireins au niveau de la zone jonctionnelle responsable d'une profonde encoche médiorénale. La fusion incomplète laisse ainsi persister un défaut à la surface du rein, comblé par la graisse périrénale. Typiquement, il est possible de mettre en évidence l'interface jonctionnelle sous la forme d'une fine ligne hyperéchogène reliant le fond de l'encoche superficielle et le sinus (fig. 8.19).

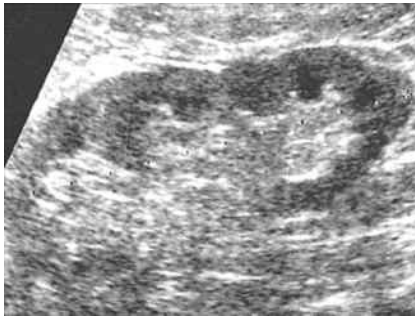


Fig. 8.18 Lipomatose sinusale.

Rein de taille normale dont le sinus est agrandi et d'échostructure habituelle.



Fig. 8.19 Défect jonctionnel.

Encoche médiorénale hyperéchogène (flèche noire) reliée au sinus par une fine ligne hyperéchogène (flèches blanches), traduisant la zone de fusion des deux hémireins.

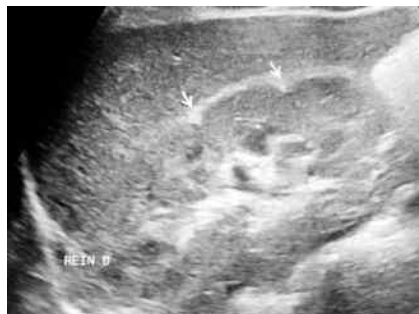


Fig. 8.20 Lobulation fœtale persistante.

Fines incisures interlobaires peu profondes (flèches), situées en regard des colonnes de Bertin.

Lobulation fœtale

La persistance de la lobulation fœtale traduit la fusion incomplète de deux lobes rénaux à l'origine d'une fine incisure peu profonde à la surface du rein. Les incisures touchent le plus souvent l'ensemble du rein. Elles sont toujours situées en regard d'une colonne de Bertin (projection de la zone de fusion interlobaire) entre deux pyramides (fig. 8.20), contrairement aux encoches cicatricielles post-infectieuses ou secondaires à un reflux situées en regard de la médullaire (uropathie ascendante).

Points essentiels

Principales variantes anatomiques trompeuses du rein

Faux syndrome tumoral

- Dymorphie interlobaire (colonne de Bertin « hypertrophiée »)
- Dymorphie lobaire
- Prolongement intraparenchymateux de la graisse sinusale

Fausse encoche cicatricielle

- Défect cortical jonctionnel
- Lobulation fœtale persistante

Résultats pathologiques

Diagnostic d'une masse rénale

Une masse rénale est définie comme une formation d'échostructure solide, kystique ou mixte, désorganisant l'architecture normale du rein avec ou sans déformation de sa surface capsulaire.

La 1^{re} étape du diagnostic d'une masse rénale consiste à séparer les masses solides des masses kystiques. L'échographie à cette étape peut affirmer le caractère

kystique d'une lésion en distinguant les kystes simples des lésions kystiques complexes ou masses kystiques atypiques et le caractère solide et tissulaire d'une masse échogène, en particulier lorsque celle-ci contient des signaux de flux en Doppler.

Les lésions kystiques complexes et les masses plus ou moins échogènes *a priori* solides en échographie doivent conduire à réaliser une imagerie en coupe avec injection de contraste à visée de caractérisation.

Diagnostic d'une tumeur solide

Cinq types histologiques représentent 90 % de l'ensemble des tumeurs rénales, il s'agit du carcinome à cellules claires (CCR) (ou carcinome conventionnel), le plus fréquent, des carcinomes chromophile et papillaire, et de deux tumeurs bénignes relativement fréquentes représentées par l'angiomyolipome et l'oncocytome (adénome oncocytaire).

Diagnostic d'une pseudo-tumeur

Il s'agit des dysmorphies rénales (interlobaires et lobaires) (cf. fig. 8.14 et 8.15), des hypertrophies segmentaires paracatricielles et des masses inflammatoires pseudo-tumorales dont le diagnostic sera généralement évoqué sur les données de l'anamnèse et précisé par une imagerie en coupe et l'évolution sous traitement ou parfois le résultat d'un prélèvement percutané.

Détection des tumeurs solides

Si le scanner est la méthode diagnostique de référence, l'échographie joue néanmoins un rôle essentiel dans le dépistage des tumeurs par la découverte fortuite des lésions au cours d'échographies abdominales ou de l'appareil urinaire.

La fréquence de découverte du cancer à un stade présymptomatique est aujourd'hui de 70 % avec une proportion de cancers débutants de petite taille en nette progression.

Caractérisation d'une tumeur solide

Aucune caractérisation définitive n'est aujourd'hui possible en échographie ou en Doppler.

La découverte d'une tumeur solide quel que soit son aspect doit conduire à réaliser un scanner ou une IRM.

Tumeurs bénignes

Angiomyolipome

En échographie, l'AML est typiquement hyperéchogène. Le caractère franchement hyperéchogène – c'est-à-dire aussi ou plus échogène que le sinus rénal –, homogène et bien limité peut être considéré comme un élément d'orientation diagnostique (fig. 8.21) mais cet aspect ne permet pas d'établir un diagnostic de

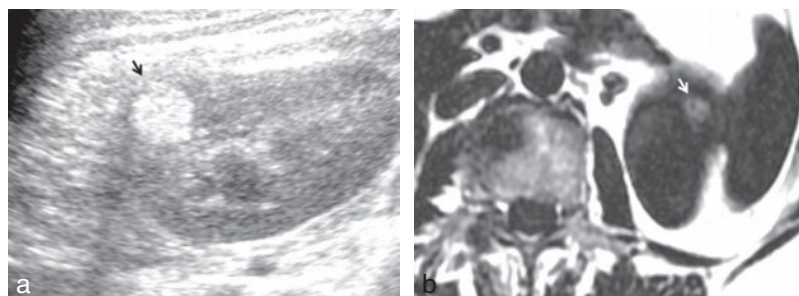


Fig. 8.21 Petite tumeur hyperéchogène.

a. Lésion tumorale corticale très échogène (plus que le sinus) (flèche) dont la nature ne peut être précisée sur les seules données de l'échographie. **b.** L'IRM conclut à un angiomyolipome en montrant la présence de graisse macroscopique au sein de la tumeur notamment sur la séquence de graisse (flèche) (hypersignal de la graisse et extinction des signaux hydrique).

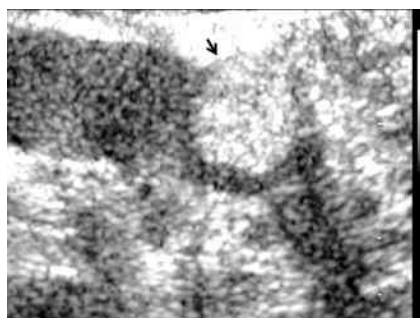


Fig. 8.22 Petit carcinome du rein hyperéchogène (flèche).

La détection de la tumeur en échographie conduira à la réalisation d'un scanner qui établira le diagnostic de tumeur indéterminée suspecte hyperartérialisée sans graisse. Carcinome à cellules claires à l'histologie après tumorectomie.

certitude étant donné la fréquence non négligeable des cancers hyperéchogènes d'aspect voisin de celui d'un AML typique (fig. 8.22).

Près d'un AML sur trois (29 % des cas) n'est que discrètement hyperéchogène (moins échogène que le sinus), les formes iso voire hypoéchogènes sont rares (6 % des cas).

La distribution des signaux de flux en Doppler couleur comme l'analyse spectrale obtenue à partir des vaisseaux intratumoraux n'ont aucun caractère spécifique.

Oncocytome

Il n'existe pas de critère échographique spécifique d'oncocytome.

Une masse tissulaire solide, bien limitée, isoéchogène ou discrètement hyperéchogène par rapport au parenchyme rénal et homogène est l'aspect classique des oncocytomes de taille réduite mais ne permet pas d'établir un diagnostic en échographie, on parle alors de tumeur solide indéterminée.

La présence d'une plage centrale hypoéchogène d'aspect stellaire évocatrice, correspondant à la cicatrice fibreuse, a été décrite dans certains cas d'oncocytomes de grande taille et constitue un élément d'orientation.

Points essentiels

- La première étape du diagnostic consiste à séparer les masses solides des masses kystiques.
- La découverte d'une tumeur solide quel que soit son aspect est une tumeur solide indéterminée suspecte et doit conduire systématiquement à réaliser un scanner ou une IRM.
- Le caractère fréquemment hyperéchogène (ou aussi échogène que le sinus) ne permet pas d'établir le diagnostic d'angiomyolipome bénin.

Tumeur maligne : carcinome à cellules rénales

En échographie, le CCR dans sa forme habituelle se traduit par une masse solide déformant l'architecture rénale, généralement isoéchogène ou discrètement hyperéchogène par rapport au cortex rénal.

Les tumeurs de grande taille sont généralement hétérogènes et contiennent souvent des plages de nécrose transsonores (fig. 8.23). Quel que soit le résultat de l'échographie, l'aspect du carcinome n'a aucun caractère spécifique. Seule la présence de calcifications au sein d'une masse solide (environ 30 % des CCR), souvent hétérogène, est un bon élément d'orientation (fig. 8.23).

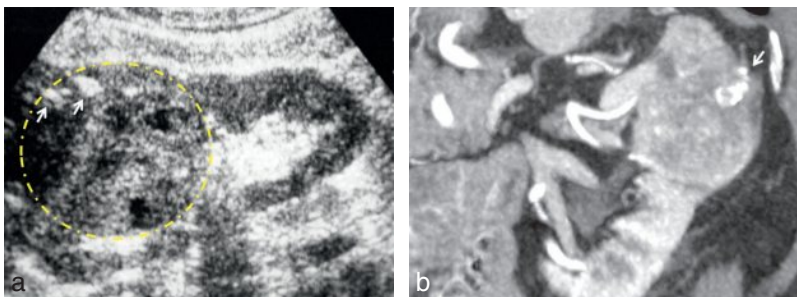


Fig. 8.23 Gros cancer du rein.

a. Syndrome de masse de grande taille (cercle pointillé) désorganisant l'architecture du rein, hétérogène avec calcifications intratumorales (flèches), suspect. **b.** Carcinome à cellules claires calcifié typique sur le scanner qui sera confirmé par l'histologie après néphrectomie.

Les calcifications parfois importantes ou réparties en périphérie de la tumeur peuvent masquer le syndrome tumoral et former un cône d'ombre acoustique trompeur (fig. 8.24).

La mise en évidence d'une néovascularisation au sein d'une masse rénale par l'examen Doppler confirme le caractère tumoral et potentiellement malin de la lésion. L'envahissement de la veine rénale et de la veine cave inférieure est quasi pathognomonique d'un CCR (fig. 8.25). L'écho-Doppler apporte parfois un complément utile dans le bilan préopératoire en précisant l'étendue en hauteur du bourgeon dans la veine cave inférieure (dans le cadre par exemple d'un contrôle immédiatement préopératoire d'un cancer T3b).

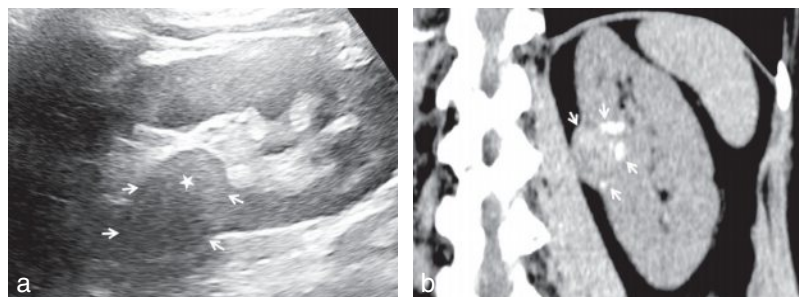


Fig. 8.24 Carcinome massivement calcifié.

Formation intrarénale (étoile) réalisant une interface arrondie et suivie par un cône d'ombre (flèches) masquant la morphologie de la lésion.

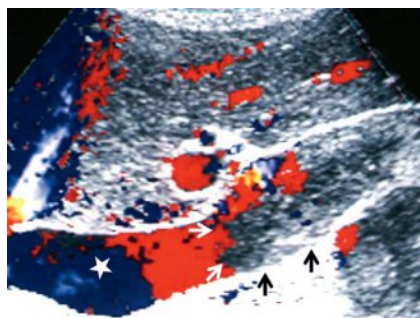


Fig. 8.25 Écho-Doppler couleur d'un envahissement tumoral de la veine cave inférieure.

Gros bourgeon tumoral (flèches) étudié dans le bilan d'un gros carcinome T3b, atteignant la veine cave rétrohépatique qui reste circulante et libre en sous diaphragmatique (étoile).

Points essentiels

- La mise en évidence d'une néovascularisation au sein d'une masse rénale par le Doppler confirme le caractère tumoral et potentiellement malin de la lésion.
- Un authentique cancer du rein peut être totalement dépourvu de signaux de flux en Doppler.

Tumeurs secondaires

Leur diagnostic repose sur la biopsie qui est indiquée dès lors que l'on suspecte des métastases ou un lymphome. L'échographie pourra conduire à suspecter cette situation devant les mêmes critères sémiologiques (tumeurs solides multiples bilatérales, plutôt intraparenchymateuses et d'aspect similaire) et d'histoire clinique (notion de primitif, lymphome, etc.) que l'imagerie en coupe qui sera toujours nécessaire.

Diagnostic d'une masse kystique

En pratique, le diagnostic échographique d'une masse rénale kystique se limite à séparer les kystes simples typiques des lésions complexes, atypiques qui, en dehors d'un contexte clinique particulier suggérant une hémorragie intrakystique, l'infection d'un kyste banal connu ou encore du cadre de la surveillance d'un kyste bénin remanié, doivent toujours être considérées comme suspectes avant de connaître les résultats d'une imagerie en coupe (scanner ou IRM) réalisée avec injection de produit de contraste.

Kyste simple typique

Il est défini en échographie sur les critères suivants : formation arrondie, anéchogène et homogène, avec renforcement acoustique postérieur franc, aux contours réguliers et bien définis, dont la paroi (inframillimétrique) n'est jamais visible (fig. 8.26). Les limites du kyste forment ainsi une simple interface avec les structures environnantes. Lorsque tous ces critères sont retrouvés, la fiabilité de l'échographie est voisine de 100 %.

Les faux négatifs de l'échographie sont principalement liés aux difficultés techniques de l'examen chez les patients difficiles à explorer et dans les cas kystes de très petite taille (< 5 mm).

L'échographie est toutefois actuellement une technique fiable pour caractériser les petits kystes sous-capsulaires ou intraparenchymateux d'un diamètre inférieur au centimètre pour lesquels le renforcement postérieur des échos peut manquer (fig. 8.26b).

Certains kystes de grande taille exophytiques peuvent parfois poser des problèmes de diagnostic topographique.

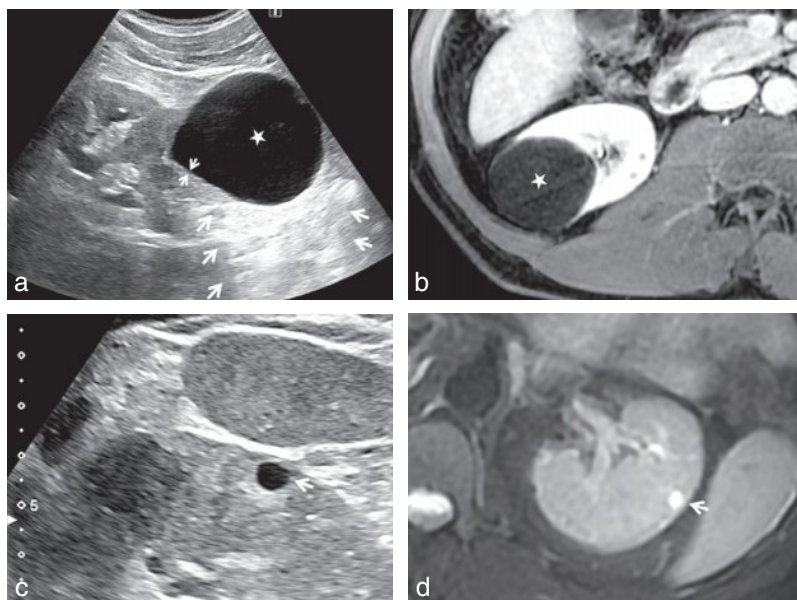


Fig. 8.26 Kystes simples typiques.

a, b. Gros kyste simple typique en échographie (**a**) réalisant une formation arrondie anéchogène, homogène (étoile), avec franc renforcement postérieur (flèches), sans paroi visible en périphérie (double flèche). Présentation également typique en IRM ici après injection de chélate de gadolinium (**b**). **c, d.** Petit kyste infracentimétrique en échographie (**c**) typiquement anéchogène bien limité (flèche) sans paroi visible dont le renforcement postérieur est peu marqué en raison de la petite taille de la lésion. Aspect caractéristique en IRM (franc hypersignal homogène) en pondération T2 (**d**).

Points essentiels

Critères échographiques d'un kyste simple

- Arrondi
- Anéchogène
- Homogène
- Renforcement postérieur
- Contours réguliers, pas de paroi visible

Lésions kystiques complexes

En échographie, le diagnostic d'une lésion kystique complexe repose sur la mise en évidence d'échos internes, d'une paroi et/ou de cloisons épaisses ou calcifiées, avec ou sans végétations (fig. 8.27).

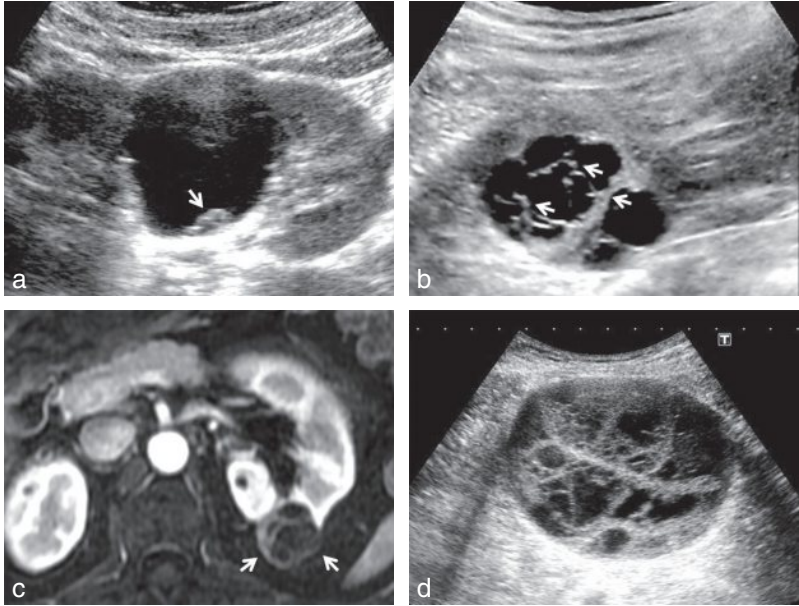


Fig. 8.27 Masses kystiques complexes.

a. Masse kystique suspecte comportant un nodule mural (flèche) en échographie. Tumeur kystique de catégorie IV « chirurgicale » dans le système de Bosniak au scanner. **b.** Kyste multilocloisé suspect contenant des cloisons épaisses (flèches). **c.** Lésion de catégorie III multiloculaire « chirurgicale » en IRM. **d.** Masse kystique multilocloisée contenant de très épaisses et nombreuses cloisons. Kyste remanié hémorragique dépourvu de toute composante tissulaire prenant le contraste (notamment les cloisons internes) au scanner.

Ces lésions doivent être explorées par un scanner sans et avec injection de contraste (comportant au moins une phase néphrographique (80 à 100 s après le début de l'injection)). Elles sont alors classées dans le système de Bosniak qui distingue 5 catégories de lésions kystiques dont 4 complexes (types II, IIF, III, IV) en fonction du type de remaniement observé, du risque de carcinome et de la conduite à tenir (chirurgie vs surveillance vs abstention).

L'échographie n'autorise pas à classer ces lésions dans le système de Bosniak qui repose uniquement sur les résultats du scanner ou de l'IRM avec injection de contraste.

Les kystes complexes denses (hémorragiques, riches en protéines ou plus rarement contenant du lait calcique) appartenant dans leur forme typique en scanner à la catégorie bénigne II du système Bosniak ont la particularité de contenir un liquide dense en scanner (typiquement supérieur à + 50 UH [unités Hounsfield]).

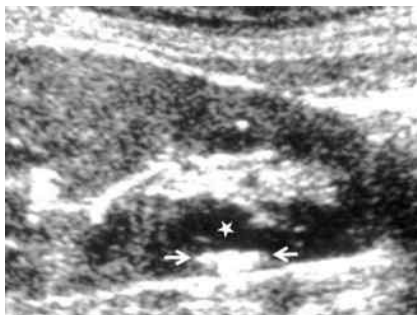


Fig. 8.28 Kyste complexe contenant du lait calcique.

Petit kyste (étoile) contenant un sédiment hyperéchogène (flèches) correspondant à l'accumulation de lait calcique en position déclive. Kyste typiquement hyperdense au scanner.

En échographie, environ 50 % de ces kystes « denses » sont typiquement hydriques (anéchoïques avec renforcement postérieur). Les formes atypiques se traduisent selon les cas par un contenu finement échogène homogène ou plus ou moins hétérogène avec parfois la présence d'un matériel échogène mobile ou déclive. Dans le cas particulier des kystes contenant du lait calcique, la présence d'un sédiment hyperéchogène très brillant, visible dans le fond du kyste, souvent associée à un phénomène de réverbération et sans ombre acoustique postérieure (fig. 8.28), est caractéristique.

Points essentiels

Critères échographiques d'un kyste complexe devant conduire au scanner

- Présence de calcifications
- Présence d'échos internes
- Absence de renforcement postérieur
- Existence d'une paroi
- Existence de cloisons internes
- Présence d'un ou plusieurs nodules muraux
- Présence de végétations

Place de l'échographie dans le diagnostic d'un kyste dense atypique

Certains kystes denses ne réunissant pas tous les critères de la forme typique (densité intermédiaire n'atteignant pas le seuil de +50 UH) selon la classification de Bosniak restent indéterminés sur les seuls résultats du scanner.

Le diagnostic différentiel à craindre est alors celui d'un carcinome faiblement vascularisé sans rehaussement significatif après injection de contraste. L'échographie peut dans ce cas être utilisée en 2^e intention après le scanner en prenant soin de repérer le siège exact de la lésion.

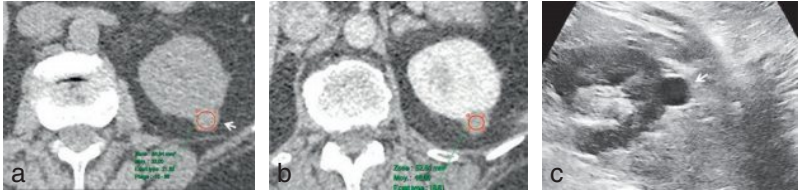


Fig. 8.29 Kyste dense atypique en scanner typiquement hydrique en échographie. **a, b.** Petite masse atypique (flèche) en scanner dont la densité spontanée (32 UH) n'est pas hydrique (< 20 UH) et ne correspond pas à la densité d'un kyste dense typique (type II dense) selon les critères de Bosniak (≥ 50 UH). Malgré l'absence de prise de contraste significative (rehaussement > 20 UH) sur le passage après injection (flèche), la lésion reste indéterminée sur les seules données du scanner. **c.** Échographie de 2^e intention ciblée démontrant la nature typiquement kystique et simple de la lésion (flèche).

Elle permettra près d'une fois sur deux en montrant le caractère typiquement transsonore du kyste d'éviter de nouvelles explorations et la surveillance inutile d'un kyste dense atypique (fig. 8.29). Dans les autres cas plus difficiles, le diagnostic sera généralement obtenu sur les résultats de l'IRM ou de l'échographie de contraste.

Syndrome obstructif

Le diagnostic ou plutôt la suspicion échographique d'une obstruction de la voie excrétrice repose sur la mise en évidence d'une dilatation des cavités pyélocalicielles et généralement de l'uretère. Il s'agit d'un signe indirect inconstant (obstruction aiguë très récente) et non spécifique (dilatation hypotonique non obstructive), d'appréciation difficile dans certains cas.

La dilatation de l'appareil collecteur est définie par la visibilité anormale des tiges et des cupules calicielles, sous la forme d'images liquidiennes transsonores confluentes au sein du sinus et rejoignant l'image du bassinnet centrosinusal plus ou moins dilaté. La dilatation de l'uretère se traduit par la visibilité de celui-ci sous la forme d'une image canalaire à contenu liquide, anéchogène (urine en stase) qui doit être recherchée au niveau de ses segments accessibles (sous-pyélique et lombaire haut, présacré, pelvien prévésical et intramural).

Trois grades ont été définis en fonction du degré de dilatation et du retentissement de l'obstruction (fig. 8.30) :

- grade 1 : discret élargissement des calices au niveau des pôles (dissociant les échos du sinus) et du bassinnet central de forme ovoïde;
- grade 2 : élargissement plus marqué des calices et des tiges calicielles avec gros bassinnet de forme plus ou moins arrondie;
- grade 3 : dilatation importante des cavités pyélocalicielles avec amincissement du parenchyme rénal, réalisant une image liquidiennne centrale occupant tout le sinus et une portion variable du parenchyme rénal.



Fig. 8.30 Dilatations de l'appareil excréteur de sévérités différentes en échographie.
a. Dilatation modérée (grade 1) se traduisant par la visibilité des calices élargis (flèches) au sein du sinus notamment au niveau des pôles. **b.** Dilatation marquée de l'appareil collecteur (grade 2). **c.** Hydronéphrose chronique (grade 3) importante avec amincissement du parenchyme rénal (flèches). Étoile : bassinets.

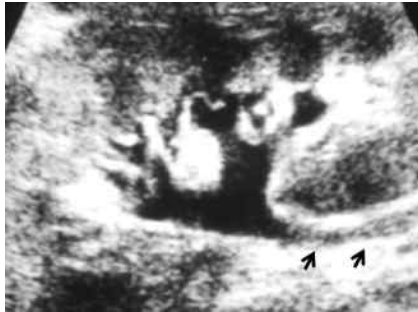


Fig. 8.31 Obstruction aiguë avec dilatation modérée (grade 1) et visibilité de l'uretère dilaté au niveau de son segment sous-pyélique (flèches).

En cas de cavités antérieurement dilatées (séquelle d'obstruction), la majoration de cette dilatation est le seul critère échographique, inconstant et d'interprétation difficile, permettant de suspecter une obstruction apparue *de novo*.

Les syndromes obstructifs aigus s'accompagnent d'une dilatation modérée (grade 1), parfois absente à la phase initiale ou lorsque l'obstruction n'est pas permanente. En cas de doute sur une dilatation modérée de l'appareil caliciel, l'observation d'un uretère sous-pyélique dilaté (donc visible) améliore la confiance de l'opérateur dans le diagnostic de la dilatation anormale (fig. 8.31).

La mise en évidence de la cause représente un critère non moins important du diagnostic, en particulier en cas d'obstruction aiguë (colique néphrétique) (fig. 8.32).

Une obstruction chronique se traduit par une dilatation marquée des cavités pyélocalicelles (grade 3) avec amincissement du parenchyme rénal. Lorsque l'uretère est dilaté (obstruction chronique basse), celui-ci est visible dans ses portions lombaire haute, présacrée et pelvienne rétrovésicale et parfois sur tout son trajet (fig. 8.33).

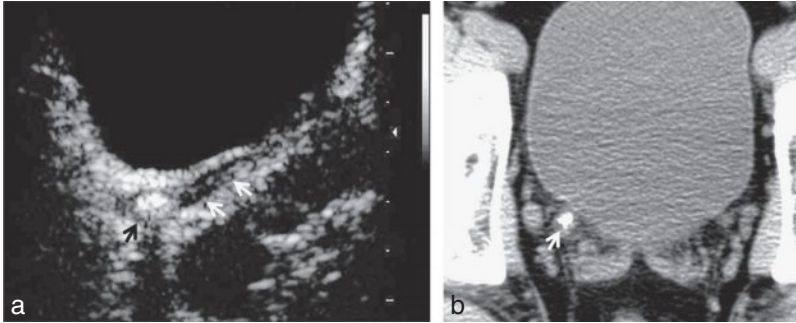


Fig. 8.32 Colique néphrétique en rapport avec la migration d'un calcul.

a. En échographie, le calcul (flèche noire), ici enclavé dans l'uretère pelvien droit prémural (flèches blanches), se traduit par une formation hyperéchogène suivie d'un cône d'ombre acoustique postérieur typique. **b.** Scanner sans contraste des voies urinaires démontrant la présence d'un calcul de l'uretère droit distal (flèche).

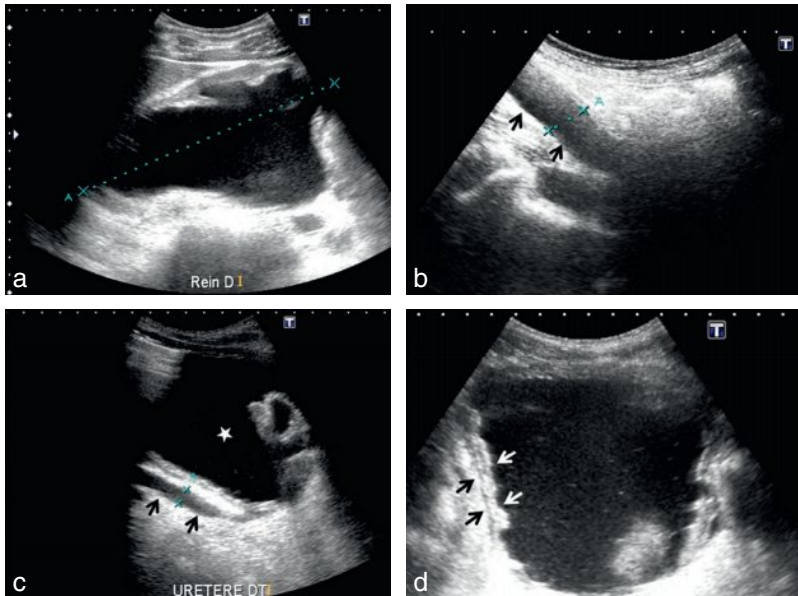


Fig. 8.33 Hydronéphrose chronique bilatérale en rapport avec un obstacle sous-cervical (hypertrophie prostatique compliquée de rétention chronique).

a-c. Dilatation de grade 3 (rein droit) (**a**) associée à une dilatation importante de l'uretère (flèches) sur toute sa hauteur, visible au niveau de son segment sacro-iliaque (**b**) et pelvien en arrière de la vessie (étoile) (**c**). **d.** Vessie de lutte avec important épaissement du détrusor (flèches).

L'échographie permet dans certains cas de visualiser une anomalie potentiellement obstructive (calcul, tumeur vésicale, urétérocèle) au niveau des segments accessibles de l'uretère. Aussi, au cours d'une colique néphrétique, l'existence d'une dilatation des cavités (le plus souvent de grade 1) associée à la présence d'un calcul de l'uretère sous-pyélique ou distal rétrovésical ou intramural fournit un diagnostic de certitude.

Certains signes associés peuvent également accompagner une obstruction aiguë :

- œdème de la jonction urétérovésicale se traduisant par une asymétrie des méats urétéraux, réalisant un épaississement localisé de la paroi vésicale, associé ou non à la présence d'un calcul enclavé, l'œdème pouvant persister après la migration de celui-ci;
- épanchement périrénal en rapport avec la rupture d'un fornix et l'extravasation d'urine dans la loge rénale, voire une véritable collection organisée traduisant la constitution d'un urinome. Cet aspect peut accompagner, mais également expliquer une colique néphrétique à cavités non dilatées (levée de la distension liée à l'extravasation).

Pièges

En raison du caractère inconstant des signes d'obstruction, et de certains pièges d'interprétation, les causes de faux positifs et de faux négatifs ne sont pas rares et représentent respectivement 5 et 7 % des cas.

Faux positifs

- Une dilatation hypotonique des cavités peut traduire la séquelle d'un obstacle chronique traité ou un reflux vésico-urétéral.
- La présence de veines lobaires de gros calibre peut simuler une dilatation débutante des cavités. Le Doppler couleur permet de vérifier la nature circulante de ces formations (fig. 8.34).

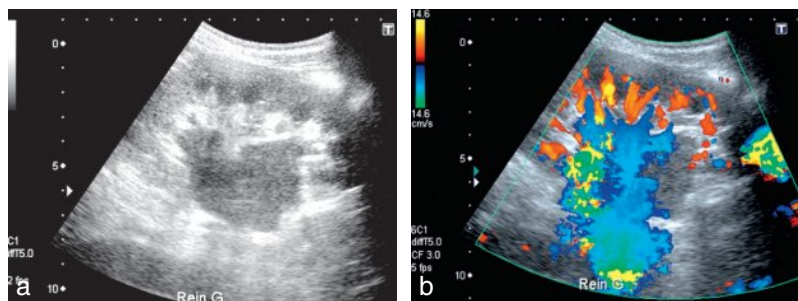


Fig. 8.34 Fausse dilatation des cavités rénales en échographie (a) en rapport avec de larges veines dilatées bien démontrées par le Doppler couleur (b).

- Les kystes parapyéliqués multiloculaires sont souvent la cause de faux positifs. Les images kystiques ne sont pas confluentes et ne s'accompagnent pas d'un bassinnet dilaté (fig. 8.35).
- Un bassinnet en situation extrasinusale globuleux ne doit pas être interprété à tort comme une dilatation anormale de l'appareil collecteur (cf. fig. 8.13).
- Une dilatation modérée des cavités peut être secondaire à une distension vésicale présente au moment de l'examen (en cas de miction retenue prolongée); l'examen des reins doit alors être repris après vidange vésicale (fig. 8.36).
- Le caractère très hypoéchogène des pyramides de Malpighi, ou encore leur caractère saillant dans le sinus peut simuler une dilatation des calices (cf. fig. 8.12). Leur situation intraparenchymateuse et non pas strictement endosinusale les distingue des cavités excréto-urinaires.

Faux négatifs

- La dilatation des cavités pyélocalicielles peut manquer au cours d'une obstruction débutante.

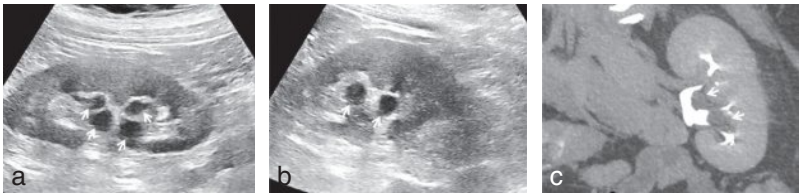


Fig. 8.35 Fausse dilatation en rapport avec des kystes parapyéliqués.

a, b. Formations liquidiennes du sinus non confluentes (flèches) sans image de bassinnet dilaté. **c.** L'uroscanner montre ici l'opacification des calices distincte des kystes parapyéliqués (flèches).

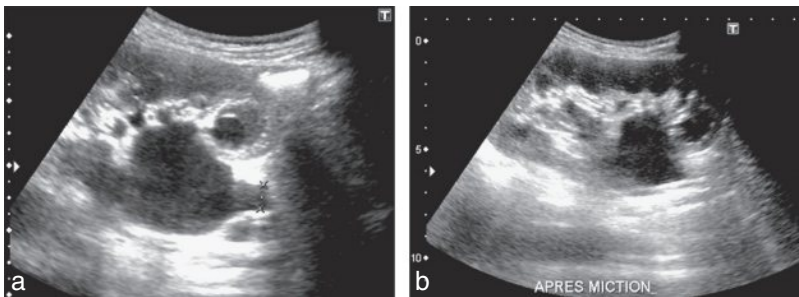


Fig. 8.36 Dilatation physiologique des cavités sur vessie très distendue.

a. Dilatation bilatérale des cavités et de l'uretère chez une patiente à la vessie distendue depuis plusieurs heures. **b.** Contrôle environ 15 minutes après miction montrant la disparition de la dilatation des deux côtés et confirmant ainsi son caractère physiologique. Noter l'existence d'un large bassinnet extrasinusal.

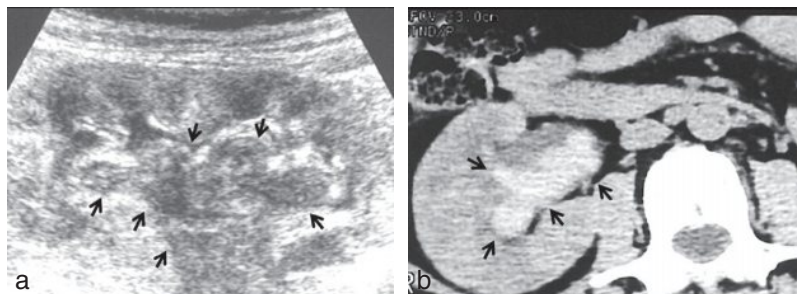


Fig. 8.37 Dilatation masquée des cavités pyélocalicielles : colique néphrétique au cours d'une hématurie massive avec émission de caillots.

a. Contenu échogène des cavités en échographie pouvant masquer la dilatation de l'appareil collecteur au sein du sinus (flèches). **b.** Caillottage massif des cavités (flèches) au scanner.

- La présence d'un matériel échogène dans la lumière de l'appareil collecteur dilaté en rapport avec des caillots ou un matériel purulent peut masquer une dilatation (fig. 8.37).
- L'absence de dilatation est possible au cours d'une obstruction aiguë lorsque celle-ci a entraîné une rupture de la voie excrétrice au niveau d'un fornix (aboutissant à une chute brutale des pressions intracavitaires); la présence d'un épanchement urinaire périrénal permet alors de suspecter une obstruction à cavités fines avec urinome.
- Un syndrome obstructif aigu intermittent sans dilatation des cavités, en période non obstructive, est une situation favorisée par la restriction hydrique et les traitements anti-inflammatoires, au cours de laquelle le calcul, présent dans la voie excrétrice, n'entraîne plus d'obstruction. L'échographie permet dans certains cas de trouver le calcul logé dans l'uretère distal, sans signe d'obstruction active.

Points essentiels

Risques de faux positif dans le diagnostic d'une obstruction de l'appareil excréteur

- Dilatation hypotonique des cavités excrétrices
- Veines de gros calibre au sein du sinus
- Kystes parapyéliqués multiloculaires
- Bassinet globuleux en situation extrasinusale
- Dilatation physiologique vessie distendue
- Pyramides de Malpighi très hypoéchogènes et proéminentes

Risques de faux négatif dans le diagnostic d'une obstruction de l'appareil excréteur

- Dilatation absente à la phase très précoce (< 6 h) de l'obstruction
- Dilatation absente après rupture de la voie excrétrice
- Syndrome obstructif intermittent en période non obstructive
- Matériel échogène (sang, débris) dans les cavités dilatées

Doppler

En cas d'obstruction urétérale, le jet urétéral peut disparaître ou devenir continu et de faible intensité. La présence d'un jet urétéral permet d'écarter une obstruction sévère au moment de l'examen, mais celui-ci peut persister au cours d'obstacle modéré et intermittent.

L'augmentation des pressions intracavitaires au cours des syndromes obstructifs aigus peut modifier les résistances artérielles intrarénales en augmentant l'IR qui peut atteindre des valeurs supérieures à 0,70.

En pratique, si le Doppler est rarement utile dans le diagnostic échographique d'obstruction, il peut avoir un intérêt particulier lorsque l'échographie est non contributive (obstructions à cavités fines), ou afin de vérifier l'absence d'obstruction aiguë sur des cavités dilatées hypotoniques séquellaires ou physiologiques comme au cours de la grossesse.

Les résultats du Doppler sont ici utiles pour distinguer une dilatation pathologique obstructive des modifications physiologiques de la voie excrétrice qui s'accompagnent d'indices de résistance normaux.

Calculs

L'aspect caractéristique d'un calcul en échographie réunit deux signes principaux : une interface très réfléchissante plus ou moins curvilinéaire (en fonction de la taille du calcul) suivie d'un cône d'ombre acoustique postérieur (fig. 8.33 et 8.38).

En pratique, pour ce qui concerne le diagnostic des calculs de l'appareil collecteur, le cône d'ombre est un élément essentiel du diagnostic en raison des nombreuses interfaces brillantes normales de la région sinusale susceptibles de simuler l'image d'un calcul de petite taille (mais dont le cône d'ombre postérieur manque).

A contrario, la limite de taille autorisant un diagnostic fiable de calcul caliciel en échographie est de l'ordre de 4–5 mm car les microcalculs millimétriques



Fig. 8.38 Multiples calculs caliciels non compliqués.

Formations hyperéchogènes très atténuantes (flèches blanches) produisant des cônes d'ombre postérieurs (flèches noires).

(généralement masqués au sein des interfaces brillantes du sinus) ne sont pas toujours suivis d'un cône d'ombre identifiable.

Les calcifications parenchymateuses cicatricielles ou liées à une néphrocalcinose ne doivent pas être confondues avec des calculs, leurs situations corticale ou médullaire en dehors du sinus permettent généralement de les identifier facilement (fig. 8.39).

Le Doppler couleur peut dans certains cas faciliter la détection des calculs et améliorer la confiance diagnostique pour les calculs de petite taille par la présence d'un artefact de scintillement caractéristique (fig. 8.40). Il est observé en arrière des calculs à surface irrégulière et spiculée – oxalate de calcium dihydraté et phosphate de calcium – alors qu'il est le plus souvent absent pour les calculs composés principalement d'oxalate de calcium monohydraté et les calculs d'urate radiotransparents.

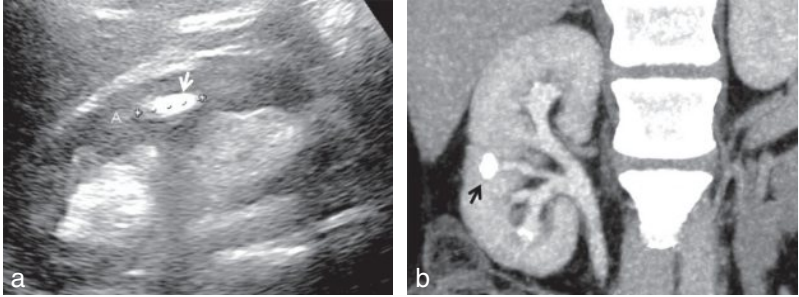


Fig. 8.39 Calcification parenchymateuse cicatricielle.

- a.** Échographie montrant une épaisse calcification (flèche) en dehors du sinus.
b. Uroscanner : grosse calcification corticale (flèche) associée à une atrophie en regard (séquelle de lithotritie percutanée).

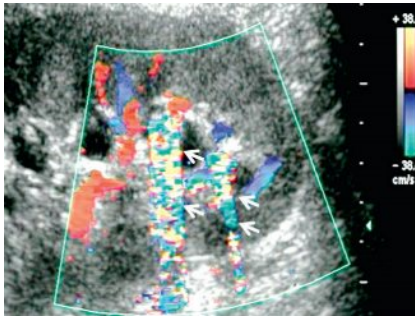


Fig. 8.40 Artefacts de scintillement.

Écho-Doppler montrant deux artefacts de scintillement typiques (flèches) en arrière de deux calculs calciques inférieurs non compliqués.

Certains auteurs ont proposé d'utiliser cet artefact en imagerie couleur pour faciliter la détection des calculs de petite taille (< 5 mm), en les différenciant des nombreuses interfaces échogènes du sinus rénal.

Points essentiels

- Le seuil de détection d'un calcul rénal en échographie est de 4 mm.
- Les calculs millimétriques ne produisent pas ou peu de cône d'ombre acoustique.
- Les interfaces du sinus rénal génèrent des ombres acoustiques trompeuses.
- Le Doppler couleur peut dans certains cas faciliter la détection des calculs.

Insuffisance rénale

Dans le diagnostic initial d'une insuffisance rénale (IR) ou d'une dégradation rapidement évolutive de la fonction rénale, le rôle de l'échographie, généralement demandée en 1^{re} intention, est essentiellement représenté par la recherche d'éléments d'orientation sur l'ancienneté et le mécanisme de la perte de fonction. Ainsi l'imagerie initiale doit être capable d'apporter des arguments permettant :

- de reconnaître une IR aiguë d'une IR chronique méconnue ou d'aggravation récente (petits reins harmonieux, petits reins dysharmonieux cicatriciels, etc.) (fig. 8.41);
- de suspecter une origine obstructive devant une dilatation de l'appareil excréteur (IR post-rénale);
- le cas échéant, en l'absence d'argument pour une origine obstructive, d'apporter des arguments complémentaires (aux données clinicobiologiques) en faveur d'une origine prérénale, d'orienter le diagnostic étiologique d'une atteinte rénale : mécanisme de la néphropathie ou cause macrovasculaire.

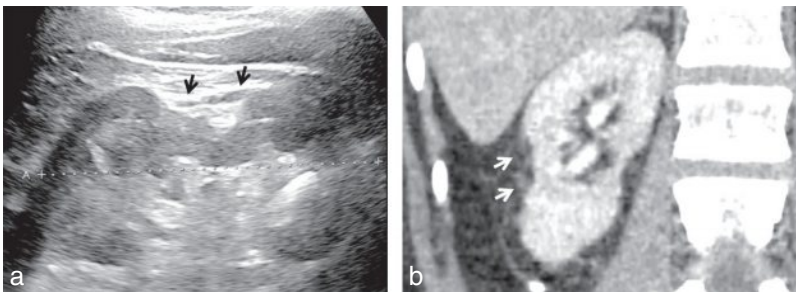


Fig. 8.41 Petit rein dysharmonieux post-ischémique : échographie (a) et scanner (b) montrant un rein de petite taille déformé par une profonde encoche cicatricielle (flèches) (séquelle d'infarctus).

Si les deux premiers niveaux d'information (IR aiguë vs chronique et mécanisme post-rénal vs autre) sont toujours attendus d'un tel examen, le troisième reste optionnel et reposera sur les résultats du Doppler (étude des artères rénales, étude des veines rénales, étude de la vascularisation corticale, calcul des indices de résistance).

La recherche d'une origine macrovasculaire est le plus souvent orientée par la demande dans un contexte clinique et biologique particulier tel qu'une insuffisance rénale associée à syndrome néphrotique (suspicion de thrombose des veines rénales), l'introduction d'un traitement par inhibiteur de l'enzyme de conversion (sténose sévère bilatérale des artères rénales).

L'échographie a également pour rôle, dans le cadre des insuffisances rénales aiguës d'origine rénale, de vérifier les conditions d'une éventuelle ponction biopsie rénale : existence d'un rein gauche de taille normale, en situation anatomique habituelle et indemne de lésion (telle qu'une masse rénale) susceptible de contre-indiquer le geste ou de rendre nécessaire un guidage échographique en temps réel.

Points essentiels

Objectifs de l'échographie dans le bilan initial d'une insuffisance rénale

- Évaluer le nombre et la taille des reins
- Rechercher des signes d'uropathie ascendante ou post-ischémique (encoches cicatricielles)
- Rechercher des signes d'obstruction (dilatation des cavités excrétrices)
- En fonction de la clinique : rechercher une cause macrovasculaire artérielle ou veineuse

Pyélonéphrite aiguë

L'échographie ne joue aucun rôle chez l'adulte dans le diagnostic positif qui repose généralement sur les données cliniques et biologiques (ECBU). La traduction des foyers de néphrite (plages corticales hypoéchogènes, néphromégalie) est très inconstante en échographie. Aussi, le plus souvent, au cours de la pyélonéphrite aiguë simple et non compliquée, le rein apparaît morphologiquement normal.

Lorsque l'échographie est indiquée, l'examen a pour but de rechercher une forme compliquée : signes d'obstruction (pyélonéphrite sur obstacle) ou de suppuration rénale ou périrénale (abcès cortical ou sous-capsulaire, phlegmon) (fig. 8.42) conduisant à une prise en charge spécifique (drainage des urines par sonde JJ ou d'une collection de taille significative) associée au traitement antibactérien.

En outre, l'échographie est un bon outil de guidage lorsqu'un drainage est indiqué (abcès, néphrostomie).

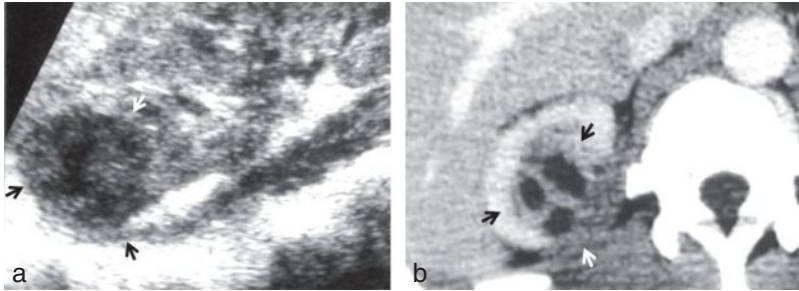


Fig. 8.42 Pyélonéphrite aiguë abcédée.

Échographie (a) et scanner (b) montrant un abcès du pôle supérieur du rein droit (flèches) au cours d'une pyélonéphrite aiguë. Noter le contenu échogène de l'abcès en rapport avec la suppuration (a) et le caractère partiellement collecté de l'abcès au scanner sans indication immédiate pour un drainage percutané (b).

Points essentiels

- Au cours d'une pyélonéphrite aiguë, le rein peut apparaître morphologiquement normal.
- L'échographie permet de :
 - rechercher un abcès ou une collection périrénale ;
 - rechercher une dilatation de l'appareil excréteur ;
 - guider un éventuel geste de drainage.

Pathologies vasculaires

Infarctus

L'infarctus localisé est généralement de topographie segmentaire, plus ou moins étendu, parfois multifocal. Il peut être d'origine embolique (cardiopathie emboligène par exemple) ou avoir une cause locale, telle que la dissection spontanée (encore appelée hémato-me disséquant) de l'artère rénale (cf. plus haut).

En écho-Doppler, il se traduit typiquement par une plage corticale hypoéchogène dépourvue de signal de flux (fig. 8.43). Dans les premières heures qui suivent la constitution de l'infarctus, le cortex peut conserver une échostructure normale et le diagnostic repose alors seulement sur les données du Doppler couleur.

Une imagerie en coupe (scanner ou IRM) avec injection de contraste est indiquée en 2^e intention afin d'évaluer l'étendue exacte de l'infarctus et d'en préciser la cause.

Nécrose corticale

Elle résulte d'une ischémie rénale prolongée ou de dégâts microvasculaires distaux diffus. Les lésions de nécrose ischémique sont bilatérales, généralement symétriques.

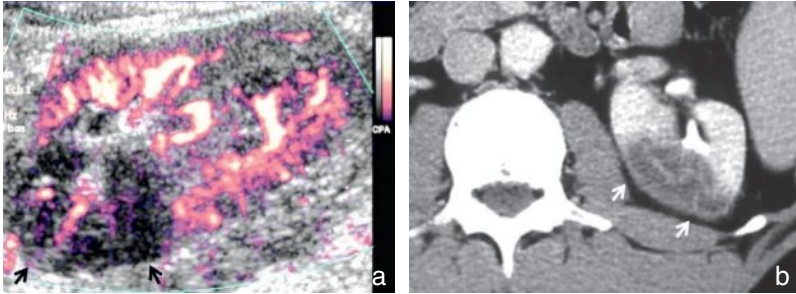


Fig. 8.43 Infarctus rénal : écho-Doppler couleur (énergie) (a) et scanner (b). Défaut de perfusion hypoéchogène du pôle supérieur du rein droit (a, flèches) correspondant à un infarctus typique (flèches) au scanner (b).

La traduction clinique est généralement un tableau d'insuffisance rénale aiguë, dans un contexte faisant suspecter le diagnostic (choc toxi-infectieux, post-partum, pancréatite, micro-angiopathie, néphroangiosclérose maligne, etc.).

Les lésions relatives aux occlusions microvasculaires corticales ne sont pas visibles en Doppler couleur mais se traduisent par un appauvrissement non spécifique de la vascularisation corticale. Leur retentissement sur les résistances artérielles (augmentation des IR) peut orienter le diagnostic dans un contexte clinique évocateur, mais accompagne aussi les nécroses tubulaires aiguës qui appartiennent au diagnostic différentiel. Le diagnostic repose sur l'IRM avec injection de chélate de gadolinium.

Anévrismes et microanévrismes

L'anévrisme des artères rénales est le plus souvent secondaire à des lésions de dysplasie fibromusculaire ou une atteinte athéromateuses, plus rarement d'artérite inflammatoire (artérite de Takayasu notamment) ou encore, exceptionnellement, avoir une origine traumatique ou infectieuse (anévrisme « mycotique »). En l'absence de calcifications ou lorsque celles-ci sont peu étendues sur la paroi, l'anévrisme se traduit par une image arrondie hypoéchogène située sur le trajet de l'artère rénale ou d'une branche (fig. 8.44).

En Doppler couleur, la poche anévrismale contient un signal de flux bidirectionnel tourbillonnaire et enregistrable en Doppler pulsé sous la forme d'un spectre artériel, turbulent, réparti de part et d'autre de la ligne de base.

Les limites du Doppler pour le diagnostic sont représentées par les segments artériels inaccessibles chez les patients difficiles à examiner, les anévrismes de petite taille et les anévrismes thrombosés non circulants ou massivement calcifiés, dont le flux ne peut être visualisé ou enregistré en arrière au sein du cône d'ombre acoustique (fig. 8.44).

Ces derniers peuvent simuler une image de gros calcul arrondi, mais sa situation généralement extrarénale, hilare ou pédiculaire doit suggérer cette éventualité et conduire à réaliser un scanner. Les microanévrismes qui siègent sur les branches

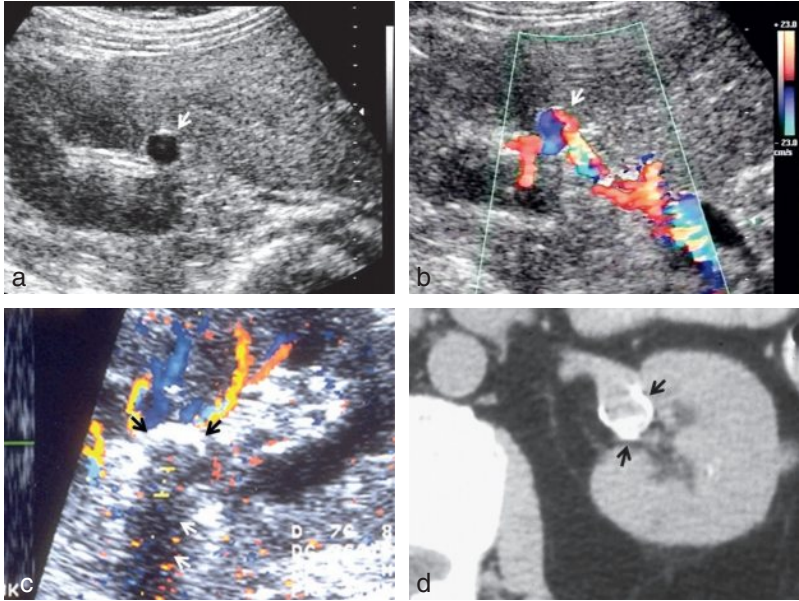


Fig. 8.44 Anévrismes de l'artère rénale.

a, b. Formation pseudo-kystique hilare (flèche) en échographie **(a)** située sur le trajet de l'artère rénale et contenant un flux tourbillonnaire (flèche) en Doppler couleur **(b)**. **c, d.** Anévrisme massivement calcifié de l'artère rénale. Écho-Doppler **(c)** montrant une calcification curvilinéaire hilare (flèches) avec cône d'ombre acoustique postérieur. Anévrisme calcifié circulant (flèches) bien démontré au scanner **(d)**.

distales de petit calibre du cortex rénal (artères interlobaires et arquées), accompagnant les vascularites telles que la périartérite noueuse (PAN) ne sont pas visibles en Doppler couleur à l'exception des anévrismes parfois de plus grande taille (pouvant atteindre dans certains cas 5 mm et plus).

Fistules artérioveineuses

Les fistules artérioveineuses (FAV) rénales les plus fréquentes sont acquises (75 %). Dans la grande majorité des cas, le mécanisme est iatrogène et en rapport avec un geste percutané (biopsie rénale, endo-urologie percutanée) ou une tumorectomie chirurgicale.

Les malformations artérioveineuses du rein comportent toujours une ou plusieurs communications artérioveineuses anormales. Les circonstances de découverte d'une malformation artérioveineuse congénitale sont assez univoques, le plus souvent chez un adulte jeune (entre 20 et 30 ans), se traduisant par une hématurie macroscopique indolore, souvent importante (urine lie-de-vin). La malformation artérioveineuse peut également être silencieuse et découverte fortuitement.

La FAV acquise (sans faux anévrisme associé) n'a pas de traduction en échographie. En Doppler couleur, elle est repérée grâce à la présence de turbulences intenses avec vibrations périvasculaires, se traduisant par une mosaïque de couleur pulsatile (plus marquée en systole) débordant les limites vasculaires anatomiques dénommée « artefact périvasculaire ».

Cet aspect est très spécifique de communication artérioveineuse anormale iatrogène ou congénitale (fig. 8.45). L'enregistrement spectral obtenu au niveau de l'artefact couleur dans sa partie la plus claire témoignant du siège des vitesses les plus rapides (« épicentre ») montre la présence d'un flux totalement désorganisé et très accéléré. Les malformations artérioveineuses congénitales se traduisent par les mêmes signes en Doppler couleur. Dans le type anévrisimal, les éléments vasculaires dilatés et circulants en Doppler couleur au sein du sinus peuvent simuler une lésion kystique sinusale sur l'échographie en niveau de gris (fig. 8.46).

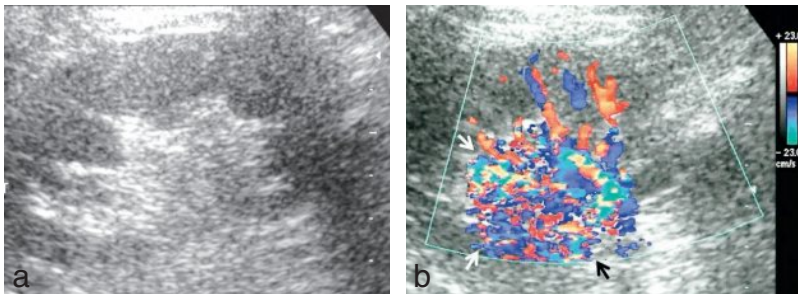


Fig. 8.45 Fistule artérioveineuse post-biopsie rénale percutanée du rein gauche. **a.** Rein morphologiquement normal en échographie. **b.** Artefact périvasculaire typique en Doppler couleur traduisant la présence d'une fistule artérioveineuse non compliquée qui s'occlura spontanément après quelques jours.

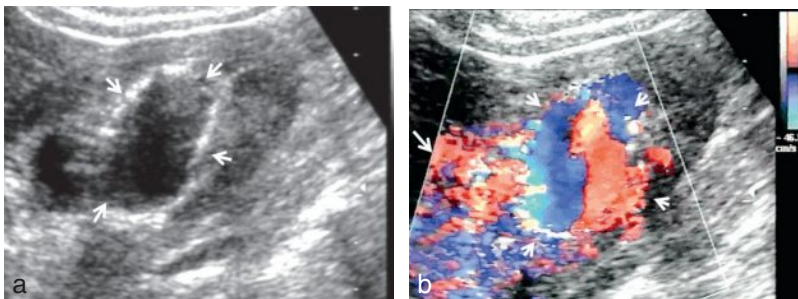


Fig. 8.46 Malformation artérioveineuse anévrismale du rein droit. Large formation pseudo-kystique (flèches) du sinus rénal en échographie (**a**) dont le caractère circulant est bien démontré en Doppler couleur (**b**, têtes de flèches). Noter l'artefact périvasculaire (flèche) associé en rapport avec la communication artérioveineuse anormale.

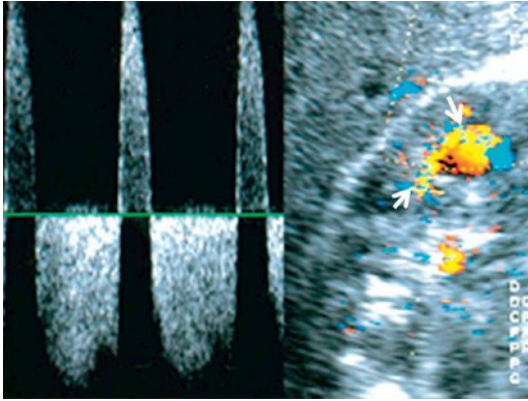


Fig. 8.47 Faux anévrisme typique post-intervention percutanée.

Doppler couleur montrant une formation anévrismale circulante (flèche) intrarénales associée à un flux en va-et-vient enregistré à partir du chenal de communication avec l'artère blessée.

Faux anévrisme artériel

Complication très rare des procédures percutanées ou de la chirurgie du rein, le faux anévrisme est une cavité circulante, communiquant avec une artère blessée. Ils sont plus souvent confinés au parenchyme rénal mais peuvent siéger dans le sinus du rein.

La lésion se traduit par la présence d'une poche pseudo-kystique parenchymateuse ou sinusale, contenant un flux circulant en Doppler d'aspect tourbillonnaire en imagerie couleur. L'enregistrement du chenal de communication entre artère et faux anévrisme peut montrer un tracé artériel très caractéristique en va-et-vient traduisant le flux entrant (en systole) et sortant (en diastole) de la colonne sanguine extravasée (fig. 8.47).

Surrénales

Échoanatomie

Elles sont situées dans la loge rénale où elles sont séparées de la capsule du rein par une expansion du fascia périrénal. Elles sont constituées de trois portions : un corps antéromédial et deux « jambes » postéromédiale et latérale. La surrénale droite suprarénale est située entre la VCI en dedans, le foie en avant et le pilier du diaphragme en arrière (fig. 8.48). La surrénale gauche prénale se situe en arrière de la queue du pancréas, en avant et en dedans du pôle supérieur du rein gauche et en dehors du pilier gauche du diaphragme et de l'aorte (fig. 8.48).

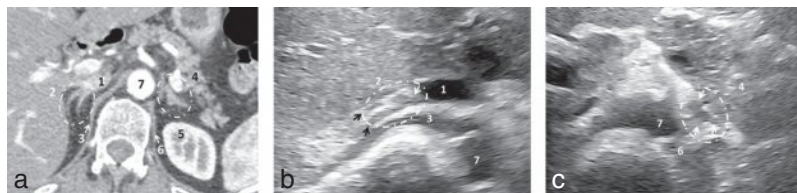


Fig. 8.48 Glandes surrénales normales.

a. Scanner montrant les rapports anatomiques des glandes surrénales (cercles pointillés). **b.** Échographie (coupe transversale suprarénale droite par voie latérale droite) montrant la surrénale droite normale avec ses deux bras (flèches noires), son corps (flèche blanche) et ses rapports. **c.** Échographie (coupe transversale par voie antérieure paramédiane gauche) montrant la surrénale gauche normale (flèches) et ses rapports (le plan de coupe passe ici légèrement au-dessus du pôle supérieur du rein gauche qui n'est pas visible). 1. Veine cave inférieure. 2. Foie. 3. Pilier droit du diaphragme. 4. Queue du pancréas. 5. Pôle supérieur du rein droit. 6. Pilier gauche du diaphragme. 7. Aorte.

Les surrénales normales sont visibles dans de bonnes conditions d'examen et plus souvent à droite qu'à gauche (fig. 8.48). La surrénale droite peut être vue dans 56 à 92 % des cas et la gauche dans 5 à 71 % des cas selon les séries rapportées dans la littérature. En pratique, le praticien se contente généralement de vérifier l'absence de masse dans la loge surrénalienne au cours d'une étude des reins et du rétropéritoine sans chercher nécessairement à visualiser une glande normale.

Indications

L'échographie n'a pas d'indication particulière dans l'exploration des glandes surrénales qui repose sur le scanner et l'IRM, les deux examens de référence pour la détection et la caractérisation des lésions surrénaliennes.

L'échographie peut néanmoins détecter des lésions surrénaliennes fortuitement (5 % dans la population générale) au cours de l'étude de la loge rénale. La très grande majorité de ces lésions sont bénignes (principalement des adénomes).

Résultat pathologique

La découverte d'une masse suprarénale en échographie (fig. 8.49) doit toujours conduire à réaliser un scanner ou une IRM visant à confirmer l'origine surrénalienne de la lésion et de la caractériser.

Seuls les kystes épithéliaux simples et les myélolipomes se présentent généralement avec un aspect évocateur mais non diagnostique : formation anéchogène liquidienne et masse franchement hyperéchogène (fig. 8.50).

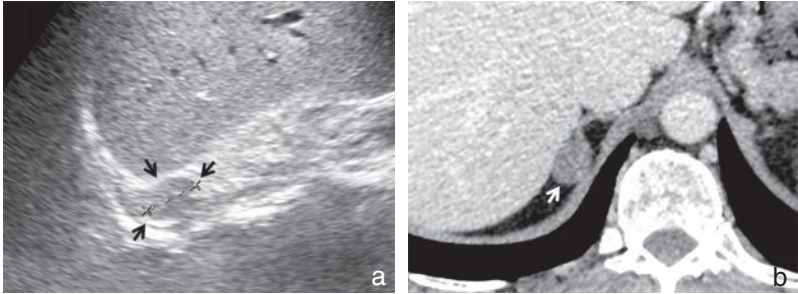


Fig. 8.49 « Incidentalome » surrénalien droit.

a. Découverte fortuite sur une échographie rénale d'une petite masse solide isoéchogène au foie suprarénale droite (flèches). **b.** Adénome typique (densité spontanée caractéristique, $<+10$ UH) (flèche) au scanner réalisé à visée de caractérisation.

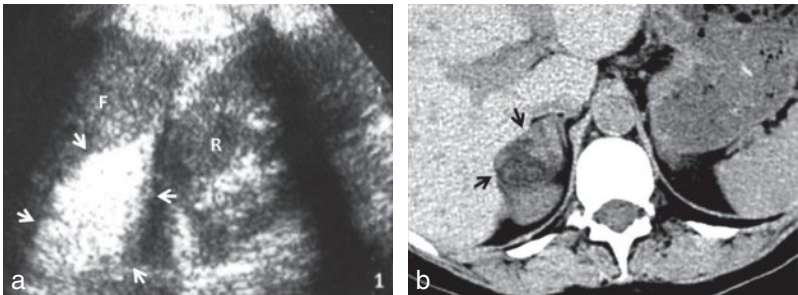


Fig. 8.50 Myélolipome de la surrénale droite.

a. Découverte fortuite sur une échographie d'une masse rétropéritonéale interhépatrénale distincte du rein droit (R), très échogène et homogène (flèches) déformant la face postérieure du foie (F). **b.** Myélolipome typique avec composante graisseuse macroscopique (flèches) au scanner.

Les pièges classiques sources d'erreur diagnostique en échographie sont : la confusion entre un kyste cortical exophytique du pôle supérieur du rein et un kyste surrénalien, la méconnaissance d'un myélolipome masqué par la graisse rétropéritonéale d'échostructure très voisine.

Pelvis masculin

K. Meddeber, G. Bettini

PLAN DU CHAPITRE

- **Rappel anatomique**
- **Technique d'examen**
 - Voie sus-pubienne
 - Voie endorectale
- **Échoanatomie normale**
 - Voie sus-pubienne
 - Voie endorectale
 - Mensurations vésicoprostatiques
- **Pathologie prostatique**
 - Hypertrophie bénigne de la prostate
 - Cancer prostatique
 - Prostatites, calcifications et kystes
 - Aspects postopératoires
- **Pathologie vésicale**
 - Tumeurs de vessie
 - Vessie de lutte et pathologie lithiasique vésicale
 - Pathologie de voisinage
 - Autres aspects

L'abord échographique du pelvis masculin intéresse principalement le bas-appareil urinaire défini par la vessie, la prostate, les vésicules séminales, les structures anatomiques annexes : vasculaires, graisseuses et péritonéales (fig. 9.1).

Cette région réalise une entité anatomofonctionnelle, carrefour génito-urinaire, qui sera étudiée par voie sus-pubienne et par voie endocavitaire transrectale.

Rappel anatomique

Du point de vue radioanatomique, on considère classiquement que la prostate est constituée de trois lobes : l'un médian et les deux autres latéraux (fig. 9.2). Elle a une forme tronconique à base vésicale, son sommet, appelé apex, est en rapport avec le rectum par sa face postérieure.

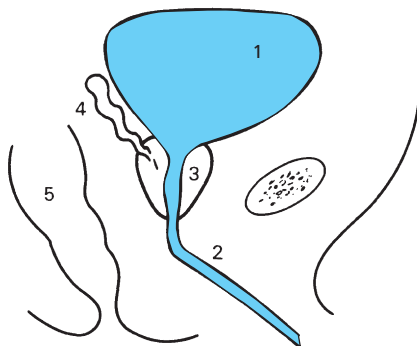


Fig. 9.1 Petit bassin (coupe sagittale).

1. Vessie. 2. Urètre. 3. Prostate. 4. Vésicule séminale. 5. Rectum.

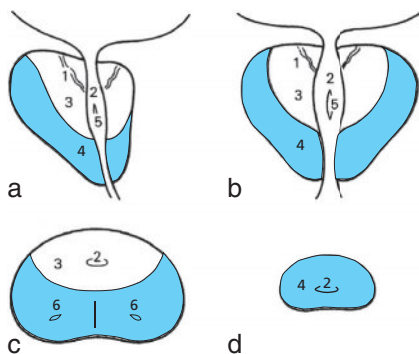


Fig. 9.2 Prostate normale – Anatomie.

a. Coupe sagittale. b. Coupe frontale. c. Coupe transversale haute. d. Coupe transversale basse. 1. Sphincter lisse. 2. Urètre. 3. Prostate crâniale. 4. Prostate périphérique. 5. Veru montanum. 6. Canaux éjaculateurs.

Elle est coiffée à sa partie postérosupérieure par les structures vésiculodéférentielles qui comprennent les vésicules séminales et les ampoules déférentielles. Ces éléments se terminent par les canaux éjaculateurs qui s'abouchent à l'urètre au niveau du veru montanum. Son poids normal est d'environ 15 à 20 g.

Des travaux montrent en fait que la prostate est plus complexe que la division habituelle en trois lobes et qu'elle est constituée de cinq zones différentes ayant un réel intérêt anatomopathologique.

Ainsi sur le plan de l'imagerie on retiendra en pratique que ces éléments se répartissent en une *glande interne* ou centrale et une *glande externe* ou périphérique. Ils ne se superposent pas à la distinction anatomique classique de prostate caudale qui intéressait les lobes latéraux et de prostate craniale de structure plus complexe où s'abouchent les canaux éjaculateurs.

La prostate est donc une structure anatomique hétérogène glandulaire et fibromusculaire développée autour de l'urètre masculin et située sous le col et le plancher vésical.



Aspects légèrement différents selon l'âge du patient

- **Chez le sujet jeune :** l'étude échographique et notamment endocavitaire permet d'individualiser la *glande interne* qui comprend la partie antérieure, médiane et supérieure d'aspect hypoéchogène. Cette zone intéresse le tissu fibromusculaire antérieur, les glandes périurétrales et la zone de transition. Une seconde partie ou *glande externe* est plus échogène et homogène de disposition postérieure et latérale. Elle correspond à la zone centrale et à la zone périphérique du tissu glandulaire.
- **Avec l'âge** et compte tenu de l'extrême fréquence du développement des hyperplasies bénignes, les études anatomiques et échographiques retrouveront toujours un développement central de l'adénome qui refoulera le reste de la prostate et notamment la zone périphérique tandis que la zone centrale ne sera plus individualisable. En revanche l'adénocarcinome de la prostate se développe pratiquement toujours à la partie périphérique de la glande.

Cliniquement, cette glande est accessible au toucher rectal qui permet d'apprécier la consistance et la souplesse ainsi que la régularité de ses contours.

Technique d'examen

Le bilan échographique vésicoprostatique orienté par les données du toucher rectal et les dosages des marqueurs comporte :

- une étude transabdominale de l'appareil urinaire qui apprécie l'état des reins et de la vessie;
- une étude endocavitaire endorectale qui analyse la forme, la symétrie et l'échostructure de la glande.

On peut également réaliser des mensurations de la prostate et apprécier le résidu vésical.

Enfin l'échographie permet de guider des prélèvements biopsiques.

La prostate peut s'étudier par :

- la voie sus-pubienne;
- la voie endorectale.

Voie sus-pubienne

Elle est réalisée avec une sonde sectorielle ou une barrette électronique.

Elle nécessite une réplétion vésicale modérée pour refouler les anses intestinales.



Une vessie trop pleine ne permet pas de bien visualiser l'apex prostatique et abaisse le plancher pelvien. Elle rend de surcroît l'examen douloureux, désagréable et expose au risque de rétention par hyper-réplétion chez un sujet prostatique.

Les seules limites de cette voie sont les pansements et les cicatrices abdominales ou la présence de cathéter sus-pubien.

La fréquence des sondes est variable de 3 à 5 MHz selon l'épaisseur du volume exploré. La courbe de gain doit être adaptée pour étudier la loge prostatique, la vessie et en particulier sa paroi superficielle.

Cette étude pourra être complétée systématiquement par l'appréciation morphologique des reins pour dépister une éventuelle modification de tonicité des cavités excrétrices.

L'étude des reins permettra d'analyser conjointement le rétropéritoine médian à la recherche d'éventuelles adénopathies, voire de vérifier l'échostructure hépatique dans le cadre d'un bilan d'extension.



La voie sus-pubienne permet en outre d'apprécier également un résidu vésical, celui-ci n'étant considéré comme pathologique qu'au-dessus de 50 mL.

Voie endorectale

Les classiques sondes bicristal (sectorielle et barrette) sont remplacées par des sondes monocristal sectorielles à large ouverture et à angle variable couplées au Doppler. Leur fréquence varie de 5 à 7 MHz. Elles s'utilisent avec un protecteur de sonde à usage unique, avec gel de couplage ou éventuellement gonflage à l'eau (mais risque de perforation lors des ponctions). Elles permettent les biopsies étagées ou dirigées sous contrôle échographique en temps réel.

Échoanatomie normale

Voie sus-pubienne

Points essentiels

- La voie sus-pubienne analyse mal l'apex prostatique, masqué par la symphyse.
- Dans les meilleures conditions techniques, elle permet de distinguer la glande interne moins échogène que la glande externe.

La prostate apparaît ovalaire sur les coupes transversales et triangulaire sur les coupes sagittales. Le col vésical est repéré sous forme d'une petite encoche à sommet inférieur. La prostate est surmontée par les vésicules séminales qui prennent volontiers un aspect dit « en moustache » et parfois un petit renflement médian correspondant aux ampoules déférentielles (fig. 9.3).

La vessie a des parois fines et régulières sur toute sa surface.

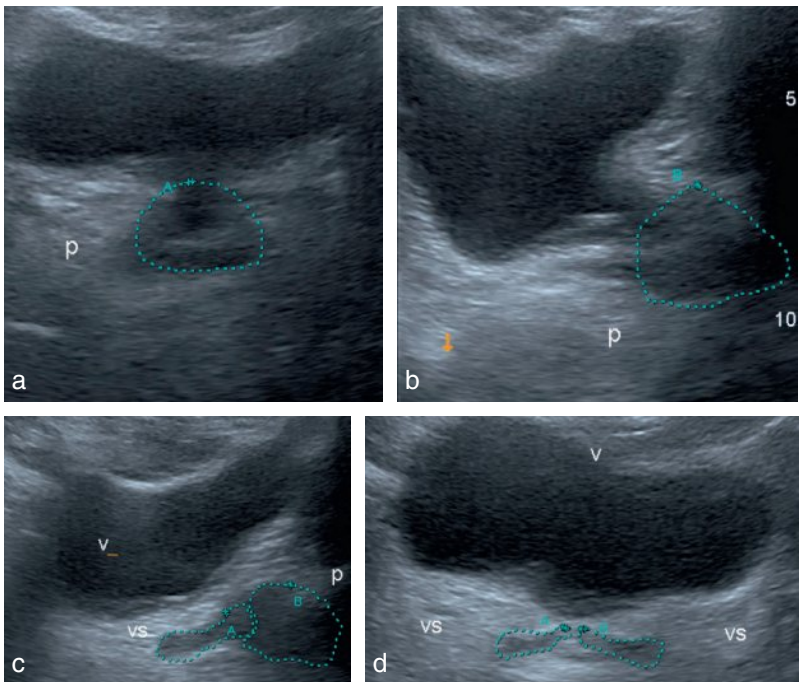


Fig. 9.3 Prostate normale : voie sus-pubienne.

a. Coupe transversale. b. Coupe longitudinale. c. Coupe longitudinale montrant la vésicule séminale droite et la prostate. d. Coupe transversale montrant les deux vésicules séminales. p : prostate; V : vessie; VS : vésicule séminale.

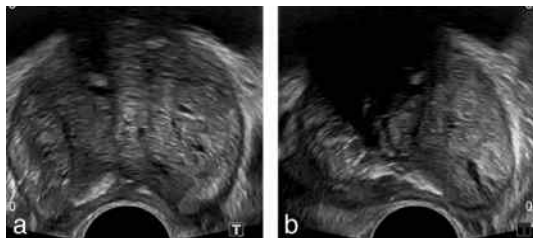


Fig. 9.4 Prostate normale : voie endorectale.
a. Coupe transversale. b. Coupe longitudinale.



En temps réel, le Doppler arrive à visualiser l'image de jets urétéraux intravésicaux permettant de localiser les méats urétéraux.

Latéralement par voie transvésicale, on discerne les battements des axes vasculaires iliaques.

Le cul-de-sac de Douglas à l'état normal est virtuel. En situation pathologique, il peut contenir des épanchements.

Après miction, on apprécie le résidu vésical.

Voie endorectale

En coupes transversales (fig. 9.4 et 9.5), elle montre la prostate de forme triangulaire, semi-lunaire et permet d'individualiser de manière symétrique la glande interne qui apparaît hypoéchogène et fait souvent une petite saillie à la partie antérieure de la prostate. Elle correspond à la zone de tissu fibromusculaire antérieur, à la région périurétrale et à la zone centrale.

D'une manière concentrique et surtout postérieure, on trouve la glande externe qui intéresse la zone centrale et la zone périphérique. Elle apparaît homogène avec une petite dépression médiane postérieure correspondant au sillon médian perçu au toucher rectal.



La prostate est entourée d'un liseré échogène qui ne correspond pas à la capsule mais, en fait, à la graisse périprostatique.

À l'intérieur de la graisse périprostatique, on peut retrouver des petites structures arrondies anéchogènes, notamment à la partie antérieure, correspondant aux plexus veineux périprostatiques bien analysés par Doppler couleur.

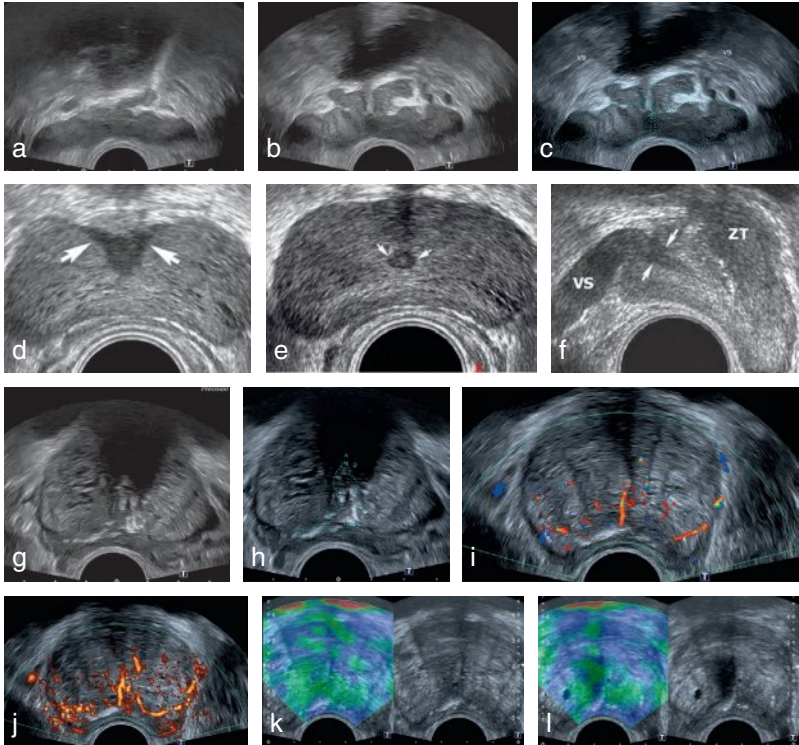


Fig. 9.5 Échographie endorectale.

a. Vésicule séminale : coupe transversale. **b, c.** Ampoules déférentielles et vésicules séminales. **d.** Base du carrefour vésiculo-déférentiel. **e.** canal éjaculateur. **f.** partie moyenne du canal éjaculateur. **g, h.** Coupe transversale avec des calcifications séquellaires post-prostatite. **i.** Doppler couleur par voie endorectale sans argument d'image focale suspecte. **j.** Doppler énergie normal par voie endorectale (plus de sensibilité pour le diagnostic des prostatites). **k.** Mode élastographique sans argument en faveur d'une zone focale suspecte. **l.** Signal de dureté négatif d'un kyste de la zone ZT (zone de transition).

Points essentiels

Les muscles releveurs de l'anus sont bien visibles en regard de l'apex prostatique. Les muscles obturateurs internes sont également repérés sur toute la hauteur de la glande. Ils réalisent des structures symétriques par rapport à la prostate dont ils sont séparés par de la graisse et des plexus veineux.

L'apex prend un aspect hypoéchogène arrondi car l'orientation du plan de coupes intéresse le sphincter strié externe. On peut également visualiser la paroi rectale sous forme d'un liseré échogène de 2 à 4 mm, en particulier avec des sondes de haute fréquence.

En coupes *longitudinales*, on retrouve cette distinction entre glande interne et glande externe. Surtout, on visualise le col vésical et cette orientation permet une bonne mesure de la hauteur prostatique.

Dans des conditions optimales, on peut voir l'urètre sous forme d'un liseré échogène central.

- À l'état normal, les canaux éjaculateurs ne sont pas discernés.
- Signalons que certains auteurs réalisent des études urodynamiques perimictionnelles avec contrôle à l'ouverture du col vésical par voie endorectale.
- Les vésicules séminales sont également accessibles par voie endorectale, en particulier sur les coupes transversales. Elles apparaissent souvent asymétriques, allongées, ovalaires, et hypoéchogènes avec parfois de petits échos internes. Les dimensions des vésicules séminales sont variables selon l'âge et l'activité sexuelle du patient.
- Les ampoules déférentielles sont de situation médiane, et arrondies.

Mensurations vésicoprostatiques

La prostate peut être assimilée à un ellipsoïde de révolution.

Son volume exprimé en cm^3 est donné par la formule simplifiée :

$$V = \frac{h \times L \times e}{2}$$

dans laquelle h = hauteur, L = largeur, e = épaisseur, soit 15 à 20 cm^3 chez le sujet jeune (fig. 9.6).

La masse volumique de la prostate étant environ de 1 g/cm^3 , le poids de la glande est compris entre 15 et 20 g.

Cette même formule permet de calculer le volume du résidu post-mictionnel.

L'estimation du poids de la prostate par le toucher rectal ou par l'échographie n'intervient pas dans la décision opératoire puisque seule l'importance des troubles fonctionnels est déterminante ainsi que le retentissement sur le haut-appareil urinaire.

Points essentiels

- Par voie sus-pubienne, on mesure en général le poids total de la prostate.
- Par voie endorectale, on peut mesurer plus précisément le poids d'une hyperplasie bénigne adénomateuse. Les confrontations échographiques et chirurgicales chez les différents auteurs montrent que les erreurs n'excèdent pas en général 10 %.

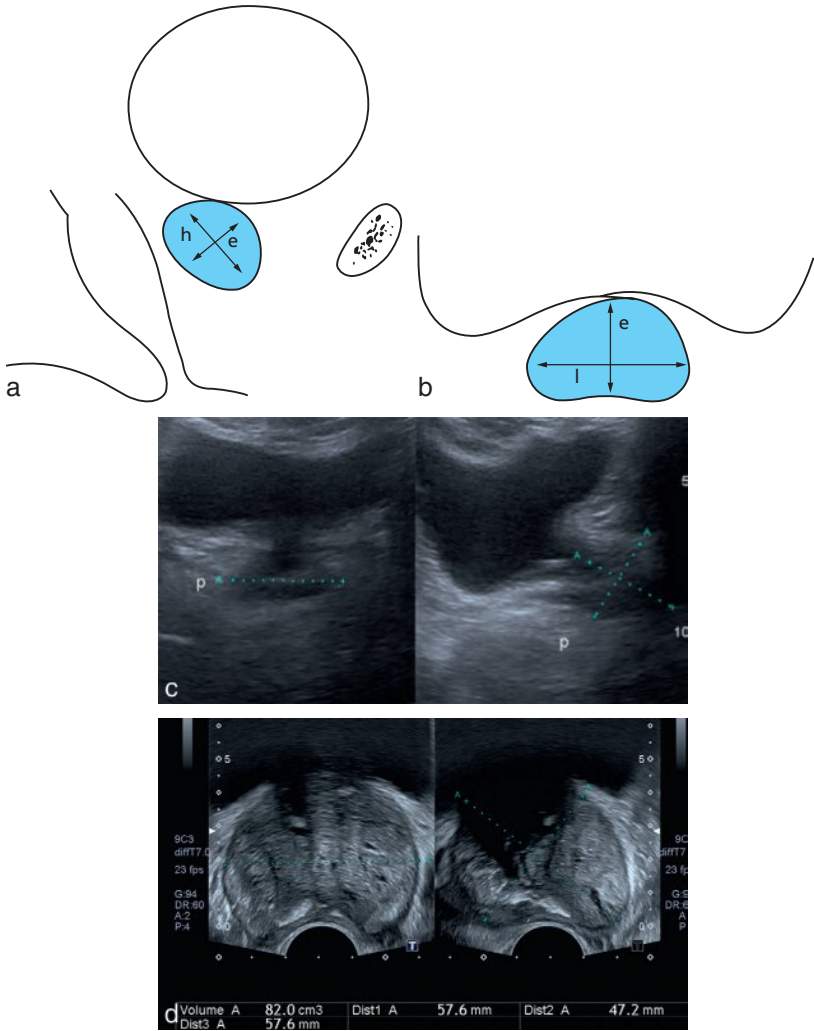


Fig. 9.6 Détermination du volume prostatique : $V = \frac{1}{2} (h \times l \times e) = 15 \text{ à } 20 \text{ cm}^3$ (l : largeur ; h : hauteur ; e : épaisseur).

a. Coupe sagittale : rectum, prostate, symphyse. b. Coupe transversale : vessie en haut, prostate en bas. c. Volume de la prostate calculé par voie sus-pubienne. d. Volume de la prostate calculé par voie endorectale.

Pathologie prostatique

Elle est dominée par deux affections fréquentes : l'adénome ou hypertrophie prostatique bénigne et le cancer.

Hypertrophie bénigne de la prostate

L'adénome se développe à partir des glandes périurétrales et la zone de transition qui correspond à la glande interne ou à la classique prostate craniale (fig. 9.7 et 9.8). Il est responsable d'une déformation régulière de la glande qui refoule progressivement et lamine la glande externe qui devient pratiquement inexistante. Les contours de la prostate restent réguliers.

L'hypertrophie réalise un aspect nodulaire d'échostructure variable pouvant s'accompagner de petites formations kystiques associées à des calcifications de topographie périurétrale ou en nappe au niveau des lobes latéraux.

L'hypertrophie bénigne est antérolatérale mais peut également se développer vers le haut, réalisant une saillie du lobe médian sous le plancher vésical (fig. 9.7). Ce lobe médian se situe anatomiquement en arrière du trigone vésical, il est inaccessible au toucher rectal. En revanche, il est bien visible par voie sus-pubienne alors qu'il peut être mal exploré par voie endorectale si l'hypertrophie est importante. L'hypertrophie peut parfois réaliser un aspect pseudo-tumoral du plancher vésical que l'échographie rattache aisément à son origine prostatique.

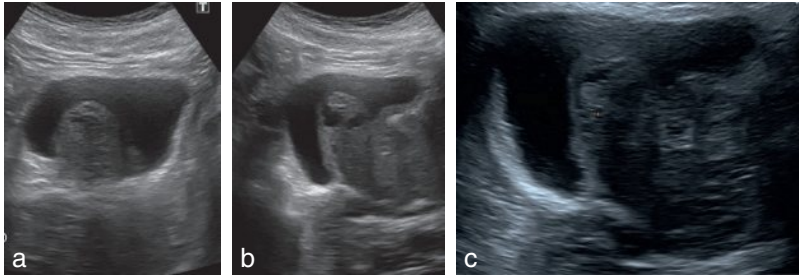


Fig. 9.7 Volumineuse hypertrophie du lobe médian (voie sus-pubienne).
a, b. Coupes transversale et longitudinale. c. Coupe longitudinale.

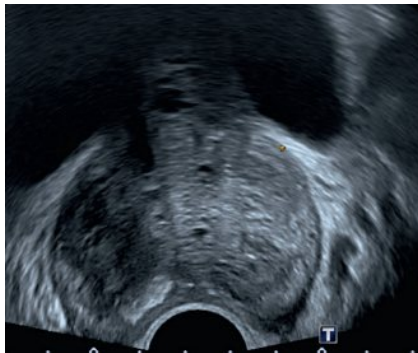


Fig. 9.8 Volumineux adénome (voie endorectale) : coupe longitudinale.

Elle est soit isolée, soit associée à une hypertrophie variable des lobes latéraux. L'échographie par voie sus-pubienne ou par voie endorectale permet de déterminer, à la fois le poids total de la prostate, et le poids d'un nodule adénomateux.



En Doppler couleur, on observe une hypervascularisation de l'hyperplasie bénigne qui contraste avec l'hypovascularisation relative de la zone périphérique.

La majorité des auteurs s'accordent à retenir la valeur de 60 g pour l'indication d'une adénomectomie par voie transvésicale. En deçà de cette valeur, la résection transurétrale reste indiquée.



La mise en évidence d'une hypertrophie bénigne de la prostate associée aux signes cliniques fait vérifier le retentissement sur le haut-appareil urinaire et étudie l'existence d'un résidu vésical qui orienteront les indications thérapeutiques (fig. 9.9).

Cancer prostatique

Le cancer de la prostate est la seconde cause du décès par cancer chez l'homme de plus de 60 ans après le cancer bronchopulmonaire.



Circonstances de découverte du cancer localisé de la prostate

- Toucher rectal systématique chez un malade asymptomatique.
- Consultation pour des signes d'appel urinaires ou une élévation du taux de PSA (*Prostate Specific Antigen*).
- Examen histologique au cours d'une intervention sur la prostate (résection transurétrale ou adénomectomie).
- Complication révélatrice, telle une métastase.



Fig. 9.9 Rétention aiguë d'urine.

Le cancer de la prostate naît le plus souvent des zones périphériques. Mais dans 20 % des cas, il peut débuter dans la zone transitionnelle et dans 10 % des cas dans la zone centrale. Dans ces deux derniers cas, au stade de début, il n'est pas accessible au toucher rectal. La plupart du temps, le toucher rectal reste cependant l'examen clinique fondamental même s'il n'explore que la face postérieure de la prostate.

Il doit être couplé au dosage de PSA de bonne sensibilité mais de spécificité médiocre.

Point essentiel

L'échographie intervient pour faire le bilan topographique des lésions, guider la ponction-biopsie par voie périnéale ou transrectale et pour apprécier l'extension.

Échographie endorectale (fig. 9.10)

Elle permet de visualiser la tumeur qui apparaît sous forme d'une zone arrondie à contours irréguliers hypoéchogène, développée en général dans la zone périphérique.

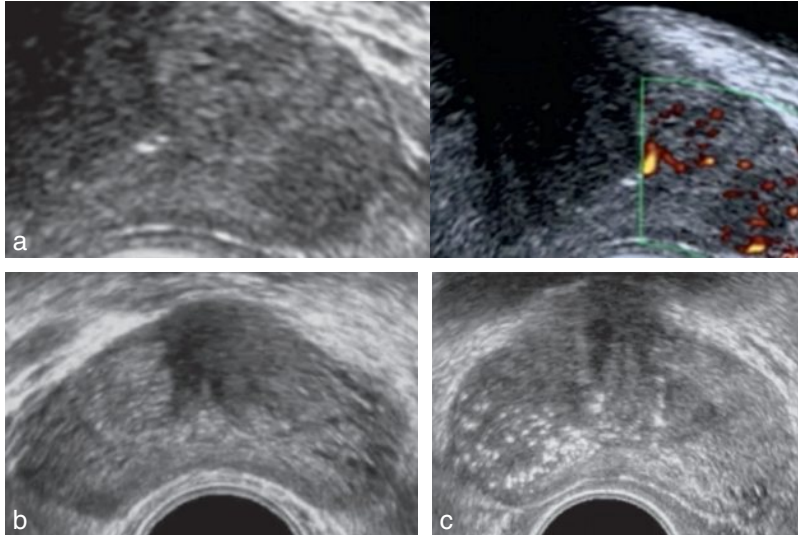


Fig. 9.10 Cancers de la prostate : voie endorectale.

a. Cancer de la prostate par voie endorectale avec Doppler couleur : nodule hypoéchogène avec vascularisation périphérique. **b.** Nodule hypoéchogène de la zone transitionnelle droite. **c.** Microcalcifications à distribution canalaire évocatrice d'un carcinome canalaire.



La sensibilité est excellente mais la spécificité reste aléatoire puisque les nodules de prostatite peuvent prendre le même aspect.

Le Doppler peut visualiser une hypervascularisation d'un nodule hypoéchogène de la zone périphérique.

Diagnostic différentiel des nodules hypoéchogènes



Pièges échographiques

- Les plexus veineux périprostatiques peuvent simuler un nodule, mais ils sont aisément rattachés à une origine vasculaire en suivant leur grand axe.
- Un kyste de l'utricule prostatique situé au-dessus du veru montanum peut être anéchogène ou hypoéchogène et de taille variable.

Le cancer peut être iso ou hyperéchogène s'accompagnant d'une déformation des contours de la glande selon son développement.

Le diagnostic sera toujours confirmé par la *ponction-biopsie sous contrôle échographique* (fig. 9.11).

Lorsque la lésion siège en zone transitionnelle ou en zone centrale, la voie endorectale permet également de guider la biopsie. Cependant, même l'histologie ne permet pas toujours de localiser avec certitude la zone prostatique, compte tenu des remaniements souvent associés de l'hyperplasie bénigne.

Enfin, l'échographie intervient également dans le *bilan d'extension locale et locorégionale*. La mise en évidence d'une rupture de la capsule prostatique est capitale mais de diagnostic difficile; le Doppler couleur présente ici tout son intérêt en montrant des signes vasculaires d'effraction.

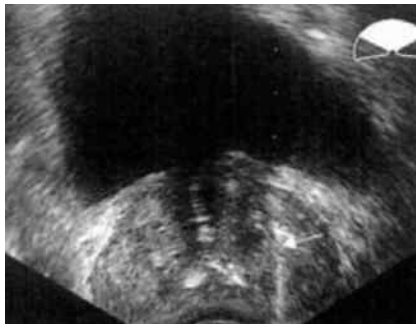


Fig. 9.11 Biopsie prostatique par voie endorectale, aiguille (flèche).

Point essentiel

L'échographie endorectale permet d'apporter des éléments en analysant la graisse périprostatique et les déformations des contours de la glande avec perte de leur régularité.

Elle peut dépister l'extension au plexus veineux périprostatique qui est probable lorsque la lésion dépasse 1,5 cm.

On peut également suspecter une extension aux vésicules séminales et au plancher vésical ainsi qu'à la paroi rectale. Ces données seront toujours précisées, à titre préthérapeutique, par un bilan IRM ou TDM.

L'extension régionale se fait par voie lymphatique et/ou hémotogène et se traduit le plus souvent par des métastases osseuses ou ganglionnaires. L'atteinte osseuse est volontiers condensante et siège à la ceinture pelvienne et sur le rachis. L'atteinte ganglionnaire suit le groupe obturateur, le groupe iliaque externe et les chaînes iliaques primitives et lombo-aortiques. L'extension lymphatique repose sur le scanner, l'échographie y tient une place modeste.

On peut également rechercher des métastases viscérales en fait rares (poumons, foie, surrénales).

Surveillance post-thérapeutique

La surveillance du cancer de la prostate en cas de prostatectomie radicale ou de traitement médical bénéficie de l'échographie endorectale qui dans ces conditions, sera plus performante que le toucher rectal. Le PSA, après prostatectomie radicale, doit être nul. Toute remontée signe la récurrence et doit faire pratiquer une IRM.

Points essentiels

- Au total, la suspicion ou le diagnostic de cancer de la prostate repose donc essentiellement sur les données cliniques et biologiques.
- Le diagnostic positif est fait par les ponctions-biopsies guidées par échographie.

Prostatites, calcifications et kystes

La classification des prostatites selon le *National Institute of Health* est fournie dans le [tableau 9.1](#).

Tableau 9.1 Classification et définition des catégories de prostatite selon le *National Institute of Health*.

Catégorie	Définition	Description
I	Prostatite aiguë bactérienne	Infection aiguë de la prostate
II	Prostatite bactérienne chronique	Infection récidivante de la prostate
III	Prostatite chronique non bactérienne	Inflammatoire (IIIa) Présence de leucocytes dans les sécrétions prostatiques, dans les urines après massage prostatique ou dans le liquide séminal
		Non inflammatoire (IIIb) Absence de leucocytes dans les sécrétions prostatiques, dans les urines après massage prostatique ou dans le liquide séminal
IV	Prostatite inflammatoire asymptomatique	Diagnostic lors de biopsies prostatiques ou présence de leucocytes dans les sécrétions prostatiques

Prostatite aiguë

Il s'agit d'un diagnostic clinique (fig. 9.12). L'échographie, douloureuse, met en évidence une prostate augmentée de taille et d'échostructure atténuée, dont la morphologie est conservée.

■ **En phase aiguë**, la voie endorectale n'est pas indispensable. Le Doppler couleur ou puissance pourrait visualiser les signes d'hypervascularisation liés à l'infection et la réaction inflammatoire.

■ **Sous traitement**, on observe une restitution *ad integrum* des lésions qui siègent préférentiellement dans la prostate périphérique où elles peuvent prendre des aspects nodulaires hypoéchogènes.

■ **En cas de complication**, on peut observer l'apparition de cavités qui traduisent des abcès sous forme de zones arrondies anéchogènes avec des parois épaisses légèrement irrégulières, qui peuvent être ponctionnées et drainées sous contrôle échographique.

■ On peut également observer une **atteinte de contiguïté** des vésicules séminales.

■ **Au stade de guérison**, on peut voir survenir des amas de calcifications.



Il faut noter qu'au cours des orchépididymites aiguës, on pratique généralement une étude conjointe de la prostate.

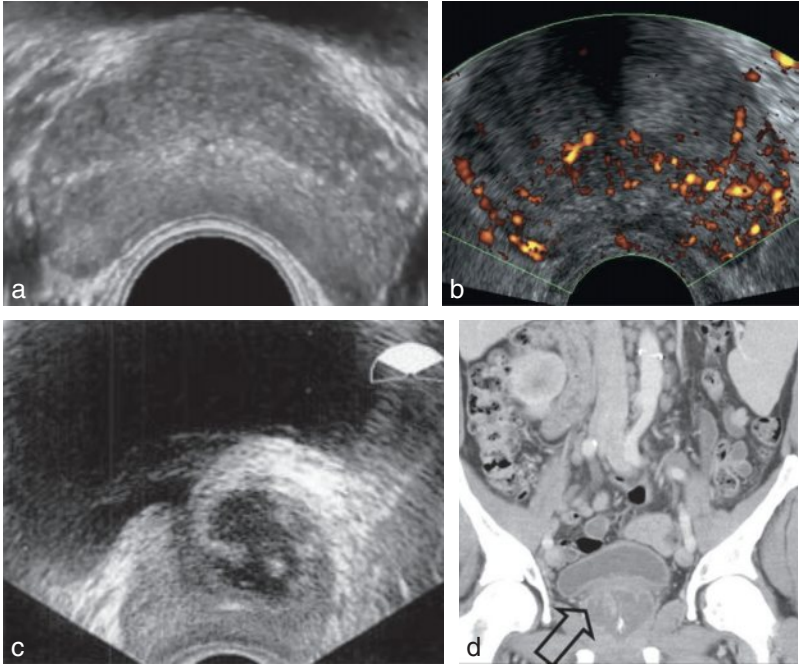


Fig. 9.12 Prostatite aiguë.

a. Aspect blanchâtre de la prostate (de la zone périphérique) compatible avec une prostatite. **b.** Hypervascularisation des zones inflammatoires au Doppler puissance. **c.** Prostatite aiguë avec abcès collecté. **d.** Aspect d'un abcès de la prostate au scanner sous forme d'une collection hypodense avec une prise de contraste périphérique.

Prostatites chroniques

Elles posent des problèmes de diagnostic difficile, notamment avec les cancers. La glande apparaît hétérogène, avec des nodules hypo, hyper ou isoéchogènes siégeant dans les régions périphériques. Dans ces cas, le moindre doute justifie un contrôle histologique.

Calcifications intraprostatiques

Elles correspondent à des lithiases qui peuvent s'observer chez l'adulte jeune sans caractère pathologique.

Elles peuvent être des séquelles de prostatite où elles siègent plus volontiers dans la partie externe de la glande.

On peut les voir se développer également en cas de compression des canaux prostatiques par un adénome.

Point essentiel

Dans tous les cas, les calcifications intraprostatiques nécessitent une analyse attentive car elles peuvent être associées à des petites lésions hypoéchogènes cancéreuses suspectes, voire les masquer.

Kystes prostatiques

De taille variable, ils sont souvent asymptomatiques, de découverte échographique fortuite. Ils correspondent vraisemblablement à des ectasies des canaux glandulaires comprimés par des nodules d'hyperplasie. Lorsqu'ils se développent au voisinage du col vésical, ils peuvent être responsables de troubles dysuriques. Ces kystes sont acquis. Les kystes congénitaux des canaux de Müller sont visibles au niveau de l'utricule. À l'inverse des kystes des canaux glandulaires, ils sont volumineux, responsables d'une symptomatologie urinaire parlante avec dysurie, pollakiurie et rétention d'urine. Ils peuvent être responsables de douleurs périnéales. Ils peuvent être associés à d'autres pathologies, agénésies rénales, cryptorchidies, et être responsables d'épididymite chez l'enfant. L'échographie retrouve une masse kystique de siège postérieur et médian.

Mentionnons enfin, pour mémoire, une *pathologie kystique de voisinage* rencontrée au niveau des vésicules séminales, bien accessible à l'échographie, ainsi que des diverticules des canaux éjaculateurs et des ampoules déférentielles.

Aspects postopératoires (fig. 9.13)

En postopératoire, l'échographie analyse en particulier la région trigonale où l'on observera une image liquidienne correspondant à la loge de résection, en continuité avec le col vésical.

Dans les adénomectomies, elle est centrale et antérieure, régulière alors que dans la résection transurétrale, elle est parfois excentrée et à bords un peu irréguliers.

■ L'échographie permet également une surveillance du parenchyme glandulaire restant.

■ L'évolution de ces loges de résection est variable. Elles peuvent s'affaïsser partiellement et même disparaître par prolifération d'un tissu de granulation parfois trompeur.

■ Lorsque les symptômes cliniques réapparaissent en cas de résection transurétrale ils traduisent une récurrence adénomateuse mais peuvent également faire évoquer une lésion tumorale développée sur la loge de résection.

■ Enfin, l'échographie permet d'analyser la prostate périphérique où peut toujours se développer un petit nodule tumoral.

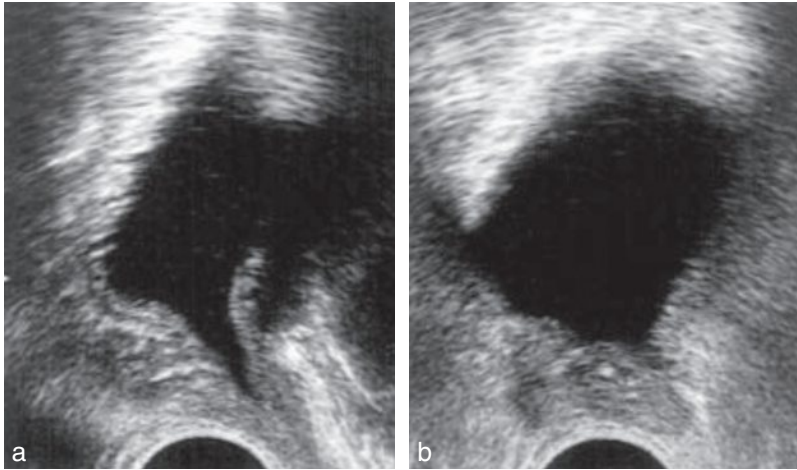


Fig. 9.13 Contrôle après résection endoscopique de la prostate : voie endorectale. a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale.



Fig. 9.14 Papillome vésical juxta-trigonal.

Pathologie vésicale

Tumeurs de vessie (fig. 9.14 à 9.16)

La tumeur de vessie est la deuxième cause de tumeur génito-urinaire après le cancer de la prostate. Le signe révélateur est la plupart du temps une hématurie terminale ou totale. Le siège de prédilection des lésions est le trigone et le bas-fond vésical. Elles ne siègent au dôme que dans 10 % des cas.

Ces lésions peuvent atteindre l'ensemble de l'épithélium de l'appareil urinaire.

Selon le mode de croissance on distingue :

- le papillome (fig. 9.14 et 9.15), tumeur bénigne qui a cependant une tendance proliférative à potentialité maligne;

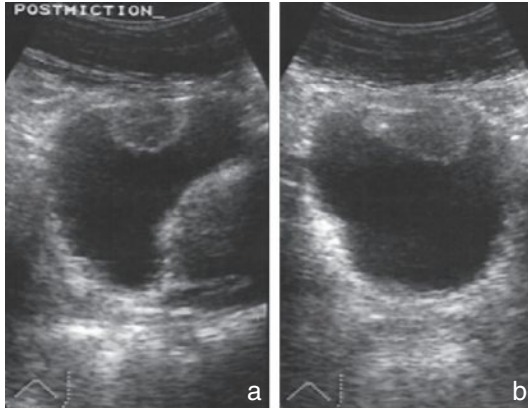


Fig. 9.15. Papillome vésical antérosupérieur.
a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale.

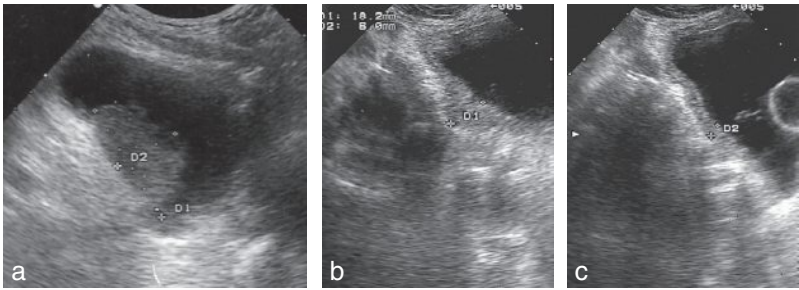


Fig. 9.16 Tumeurs de vessie.
a. Volumineuse tumeur à base d'implantation large. b. Tumeur infiltrante.

■ les formes infiltrantes qui peuvent évoluer soit vers un *cancer papillaire* soit vers un *cancer infiltrant*.

Point essentiel

Devant un signe d'appel urinaire, et en particulier une hématurie totale, les explorations diagnostiques comporteront un scanner ou une urographie avec injection et cystographie, une échographie de 1^{re} intention, toujours complétées par une cystoscopie avec biopsie.

L'échographie par voie sus-pubienne permet d'étudier le trigone et les parois de la vessie, en utilisant des réplétions variables, et en évitant la distension vésicale.

On aura recours à l'utilisation de sondes de haute fréquence ou à des matériaux d'interposition pour analyser la portion superficielle de la vessie.

L'échographie permet de préciser le volume, le nombre, la localisation et la taille des lésions. Le caractère transsonique de la vessie permettra le diagnostic différentiel avec un calcul qui est le plus souvent en position déclive et mobile. Les caillots peuvent également être reconnus lors d'études en incidences positionnelles et en décubitus latéraux.

Points essentiels

- On mettra ainsi en évidence une masse hyperéchogène faisant saillie dans la lumière vésicale d'échogénicité moyenne parfois hétérogène. Cette image peut être surestimée en raison de phénomènes de caillottage lorsque l'hématurie est importante.
- Les tumeurs papillaires, à base sessile ou pédiculée, peuvent être visibles à partir de 5 à 7 mm. Le diagnostic reste plus difficile pour les tumeurs planes, peu saillantes.

Le degré d'infiltration pariétale reste toutefois difficile à préciser.



L'échographie transrectale étudiera plus précisément le trigone vésical et ses rapports vésiculodéférentiels et prostatiques.

Le bilan d'extension guidera l'attitude thérapeutique.

L'échographie permettra d'apprécier un envahissement du plancher vésical avec atteinte de la prostate et des modifications des rapports des structures vésiculodéférentielles.

L'envahissement de la paroi abdominale antérieure est rare et doit être recherché avec une sonde de haute fréquence. Celui des structures digestives pelviennes peut être évoqué sur la disparition de la visibilité de la paroi vésicale normale.

Quant à l'extension aux orifices urétéraux, elle est suspectée sur la topographie des lésions et le retentissement sur les cavités excrétrices pyélocalicielles. Mais l'échographie peut méconnaître une hydronéphrose débutante.

L'extension lymphatique est précisée par le scanner ou l'IRM.

L'échographie intervient encore de manière importante dans la *surveillance postopératoire* où elle apprécie le degré de distension du haut-appareil urinaire et recherche une récurrence vésicale notamment dans les résections endoscopiques ou les cystectomies partielles.

Point essentiel

En pratique le diagnostic de tumeur de vessie, repose sur l'échographie sus-pubienne et la cystoscopie avec biopsie étagée.

Vessie de lutte et pathologie lithiasique vésicale

La vessie de lutte (fig. 9.17 à 9.19) se développe lorsqu'il existe un obstacle cervico-urétral, dans la majorité des cas d'origine prostatique, responsable alors d'un épaissement du détrusor avec une paroi vésicale supérieure à 5 mm.

Les signes de lutte vésicale se traduisent par un aspect crénelé avec des « cellules et colonnes » et constitution de diverticules de taille variable qui peuvent se compliquer de calculs et de tumeur.

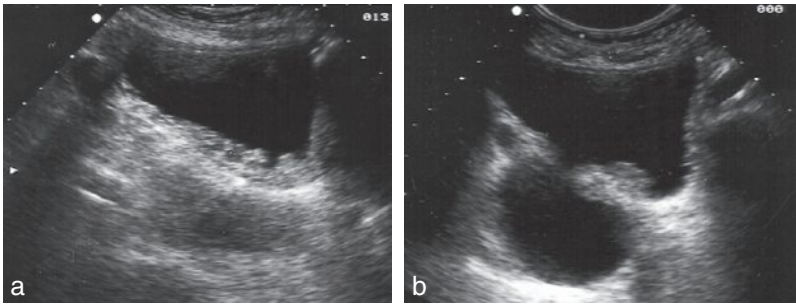


Fig. 9.17 Vessie de lutte.

a. Coupe longitudinale : épaissement crénelé de la paroi vésicale : vessie à « colonnes ». b. Coupe transversale : volumineux diverticule postérieur.



Fig. 9.18 Calculs vésicaux : coupe transversale.

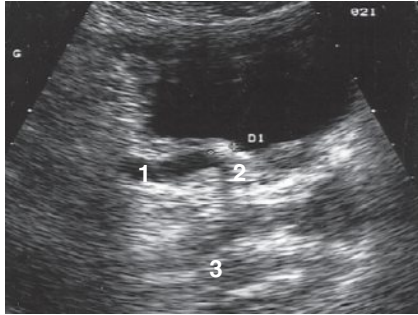


Fig. 9.19 Calcul du bas uretère droit : coupe oblique.

1. Uretère dilaté. 2. Calcul ostial. 3. Vésicule séminale droite.

L'obstacle cervicoprostatique, outre la vessie de lutte, peut être à l'origine de formation de calculs.

Toutes ces modifications sont appréciées par l'échographie qui montrera l'aspect irrégulier de la paroi vésicale, visualisera des diverticules sur les clichés post-mictionnels et, par voie de conséquence, appréciera l'importance du résidu vésical en sachant que ce dernier peut être majoré après une réplétion vésicale chez un patient dysurique et qu'il ne prend de véritable sens pathologique qu'au-delà de 50 mL.

L'échographie en temps réel identifiera également aisément la pathologie lithiasique, traduite par des images hyperéchogènes avec cônes d'ombre postérieurs qui, fait important, sont mobiles aux changements de position, sauf lorsqu'ils sont enclavés dans un diverticule. Parfois on observera des images de cônes d'ombre se déformant selon les changements de position et correspondant en fait, à un lait calcique.

L'étude de ces vessies de lutte reste toujours difficile car il faut garder en mémoire la possibilité d'association pathologique, notamment avec une papillomatose.

Points essentiels

- L'échographie est conduite par voie sus-pubienne permettant, en outre, de rechercher un retentissement sur le haut-appareil urinaire.
- Elle peut être complétée par une étude endorectale pour préciser la région trigonale.

Il faut également insister sur l'intérêt de l'échographie dans le diagnostic des lithiases radiotransparentes (fig. 9.20), leur expression sémiologique échographique étant identique à celle du calcul radio-opaque.

On mentionnera également pour mémoire l'existence de concrétions calcaires sur corps étrangers intravésicaux.

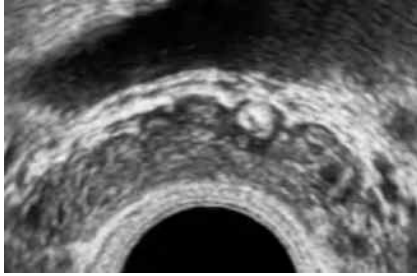


Fig. 9.20 Lithiase du canal déférent.

Pathologie de voisinage

- Tous les organes pelviens, ainsi que les structures osseuses et musculaires, peuvent être responsables d'un retentissement sur la vessie. Il s'agit en général de compressions extrinsèques qui sont diagnostiquées par l'échographie. La clinique et l'opacification des organes de voisinage permettent de les rattacher à leur cause.
- Outre la pathologie prostatique, il faudra penser à la pathologie d'origine rectosigmoïdienne, notamment aux abcès sigmoïdiens et aux tumeurs.
- Dans les lymphomes, les adénopathies iliaques peuvent entraîner des compressions vésicales, rarement des envahissements.
- On reconnaîtra aisément par l'échographie les hématomes pelviens et ceux des psoas iliaques uni ou bilatéraux ainsi que les épanchements libres de la cavité abdominopelvienne qui combrent le cul-de-sac de Douglas.
- Plus rarement, on pourra évoquer une pathologie vasculaire à type d'anévrisme.
- En postopératoire devant un tableau fébrile et douloureux, on pourra soupçonner des abcès pelviens ou des phénomènes de compression en rapport avec le développement d'une lymphocèle après curage ganglionnaire, accessible à la ponction évacuatrice.

Point essentiel

Toute anomalie de contour de la vessie bénéficie d'une étude échographique qui guidera les explorations étiologiques ultérieures.

Autres aspects

Pour terminer, il faut évoquer quelques images sémiologiques particulières rencontrées dans la pratique de l'échographie de l'appareil urinaire.

Calcul enclavé au niveau du méat urinaire inférieur (cf. fig. 9.19)

Point essentiel

Tout syndrome de stase urinaire aigu qui fait suspecter une pathologie lithiasique doit faire rechercher systématiquement un éventuel *calcul enclavé au niveau du méat urinaire inférieur* (cf. fig. 9.19).

Ce calcul se traduit par une petite image échogène avec cône d'ombre postérieur fixe au niveau d'une des cornes du trigone pouvant être associée à une dilatation plus ou moins marquée de l'uretère terminal rétrovésical ou dans son segment intramural.

Il est ainsi réalisé un véritable signe de Vespignani échographique qui montre une petite voussure ou une petite saillie au niveau du méat urétéral.

Rappelons également que l'étude échoscopique, voire le Doppler couleur, permettent d'apprécier le retentissement sur le flux des jets urétéraux.

Urétérocèle (fig. 9.21)

Lors de l'étude de la vessie, et notamment du trigone vésical, on peut mettre en évidence des anomalies à type d'urétérocèle source de complication urinaire d'amont. Elles apparaissent sous forme d'images liquidiennes intraluminales en contact avec l'uretère terminal, pouvant être légèrement dilaté, et coexister avec une malformation du haut-appareil urinaire qui sera recherchée de principe.

Rétention d'urine

L'échographie peut être également utile chez le patient opéré pour vérifier la position de sondes vésicales de lavage ainsi que pour préciser les cathéters sus-pubiens en cas de rétention d'urine dans la pathologie prostatique.



Fig. 9.21 Urétérocèle (voie endorectale) : coupe longitudinale.

Cystite pseudo-tumorale

Chez les patients sondés chroniques, il faut noter une complication à type de *cystite pseudo-tumorale* réalisant des images kystiques dans la région du trigone vésical qui peuvent poser un problème de diagnostic différentiel avec une urétérocèle. Ces images sont facilement identifiées, elles disparaissent à l'ablation de la sonde.

Contenu scrotal

K. Meddeber, A. Shull

PLAN DU CHAPITRE

- **Rappel anatomique**
- **Principales indications**
- **Technique d'examen**
 - Matériel
 - Protocole d'examen
 - Échoanatomie normale
- **Pièges et variantes de la normale**
 - Hile et artère transmédiastinale
 - Artefacts ou pseudo-images de calcifications
 - Variantes anatomiques liées à l'âge du patient
 - Vestiges embryonnaires
 - Polyorchidie (testicule double)
 - Agénésies
 - Ectopies testiculaires
 - Cryptorchidies
 - Microlithiases
- **Tumeurs testiculaires**
 - Classifications OMS
 - Aspects échographiques des principales tumeurs testiculaires
- **Pathologie inflammatoire et infectieuse : orchite, épididymite et orchépididymite**
 - Orchite
 - Épididymite
 - Torsion du cordon spermatique
- **Traumatisme des bourses**
- **Hernie scrotale**
- **Pathologie veineuse**
- **Affections fréquentes et bénignes**
- **Surveillance post-thérapeutique**
- **Conclusion**

Les indications de l'échographie découlent de l'examen clinique. La plupart du temps, les ultrasons confirment le diagnostic déjà posé. Cependant, dans certains cas, l'échographie vient au secours de la clinique, en particulier si la palpation est difficile (tumeur ne déformant pas le testicule).

Rappel anatomique

Les testicules sont des organes pairs, ovoïdes, entourés par l'albuginée. Leurs dimensions sont : longueur 4 cm (\pm 1 cm), épaisseur 3 cm (\pm 1 cm), largeur 2,5 cm (\pm 0,5 cm). **L'épididyme** entoure le pôle supérieur et le bord postérieur du testicule, le canal déférent émerge au niveau du corps de Highmore ou carrefour vasculo-tubulaire, ou encore hile du testicule. Les dimensions de l'épididyme sont : 1 cm au niveau de la tête, 0,3 à 0,5 cm au niveau du corps et 0,5 à 1 cm au niveau de la queue.

Le testicule et l'épididyme sont entourés par la vaginale viscérale et pariétale. Il existe un espace virtuel entre ces deux feuillets.

Le scrotum est divisé en deux compartiments par un septum médian; il est composé de plusieurs enveloppes : la tunique fibreuse profonde, le muscle crémaster, la tunique fibreuse superficielle, la tunique celluleuse sous-cutanée, le muscle dartos et la peau (fig. 10.1).

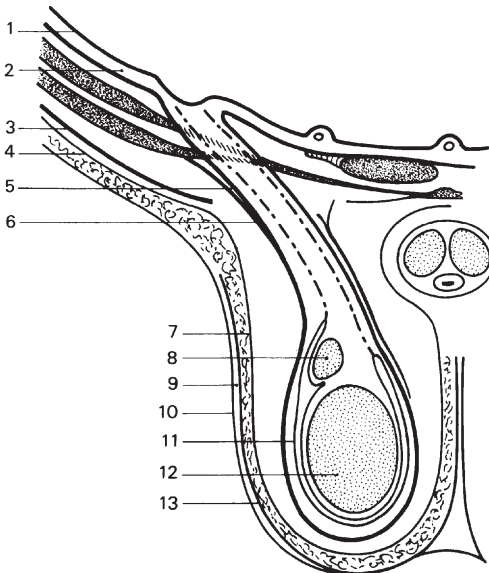


Fig. 10.1 Coupe schématique des enveloppes du contenu scrotal (Rouvière).

1. Péritoine. 2. Fascia transverse. 3. Aponévrose d'insertion du grand oblique. 4. Aponévrose superficielle. 5. Tunique fibreuse profonde. 6. Crémaster (faisc. ext.). 7. Tunique fibreuse superficielle. 8. Épididyme. 9. Dartos. 10. Scrotum. 11. Vaginale. 12. Testicule. 13. Tunique cellulaire sous-cutanée.

Le **cordon** est constitué par des éléments fibroadipeux, le canal déférent, le pédicule vasculaire et les lymphatiques qui se drainent au niveau des pédicules vasculaires rénaux rétropéritonéaux (artère et veine spermatiques, ganglions).

Principales indications

L'échographie viendra confirmer l'hypothèse ou contribuera à analyser des lésions intriquées ou occultes; elle précisera l'atteinte du testicule, des annexes, des enveloppes ou orientera l'étiologie des infertilités. Enfin, elle interviendra dans le bilan d'extension des tumeurs alors que la tendance actuelle privilégie le scanner.



En pratique : 5 tableaux cliniques dans des contextes bien différents

- **Grosse bourse** : tumeur, pseudo-tumeur, hydrocèle, varicocèle, hernie inguinoscrotale.
- **Bourse aiguë** (inflammatoire, infectieuse, torsion, traumatisme).
- **Gynécomastie**.
- **Infertilité**.
- **Circonstances diverses** : douleur, kyste du cordon ou autre, bilan d'adénopathies rétropéritonéales, lymphome, altération de l'état général, recherche de primitif, etc.

Technique d'examen

Matériel

On utilise des barrettes électroniques de 7,5 à 10 MHz; l'adjonction d'une poche à eau ou d'un matériau d'interposition est peu pratique dans cette localisation, surtout on peut utilement jouer sur les focalisations, avec un réglage optimal des paramètres et en particulier de la courbe de gain. Toutes ces sondes autorisent le tir Doppler pulsé couleur ou le Doppler de puissance. On utilise un gel de couplage sonde – peau en quantité suffisante en raison des poils plus ou moins abondants et du plissement cutané du scrotum.

Protocole d'examen

L'exploration s'effectue en décubitus dorsal, le patient expose ses bourses en maintenant sa verge sur le ventre. L'examen doit être bilatéral et comparatif et vérifier le territoire de drainage ganglionnaire.

La conduite de l'examen réalise des coupes sériées sagittales dans le grand axe du testicule et des coupes transversales craniocaudales.

Points essentiels

- Dans les **pathologies vasculaires**, on complétera par du Doppler pulsé couleur et de puissance, systématique bien que rarement spécifique.
- En cas de **varicocèle**, on complétera par une étude debout ou en Valsalva.
- Dans les **tableaux infectieux** et les bilans d'infertilité, on complétera par une échographie pelvienne voire endorectale (infertilité).
- En cas de **syndrome tumoral palpable ou non**, l'analyse du rétropéritoine médian est indispensable pour dépister des adénopathies.
- Dans les **hernies**, il faudra également étudier l'état de l'orifice inguinal pour estimer les risques de complication à type d'étranglement et chercher une majoration en effort de poussée abdominale.

Échoanatomie normale

Le testicule se présente sous forme d'une structure ovoïde, de plage homogène d'échostructure tissulaire avec des échos d'amplitude moyenne (fig. 10.2 à 10.5). L'épididyme, situé en postérolatéral par rapport au testicule, présente, à la partie supérieure, sa tête légèrement moins échogène que le testicule. À l'état physiologique, il peut exister une faible quantité de liquide dans la vaginale. Les contours du testicule normal sont toujours réguliers.



Élastographie (fig. 10.6)

- Complète les données mode B et Doppler.
- Indication : caractérisation des petites lésions solides (tumeur vs orchite focale, contexte d'infertilité) et diagnostic des kystes à contenu épais.
- La présence d'une hydrocèle ne permet pas une élastographie fiable.
- Tumeurs malignes : aspect d'hyposignal intense et bien limité dans tous les cas, de taille égale ou supérieure à l'image mode B avec perte de l'aspect « tri-bande » du testicule.
- Kyste : hyposignal global avec un hypersignal semi-lunaire de la face postérieure du kyste.

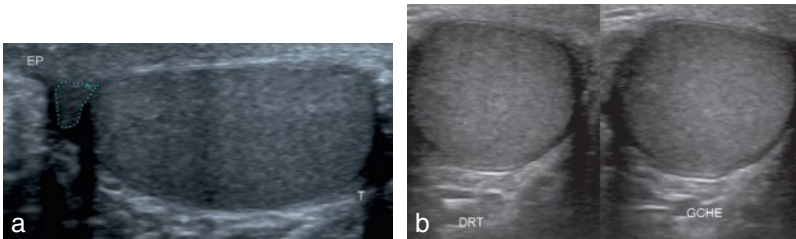


Fig. 10.2 Testicule normal.

a. Coupe longitudinale : testicule et tête de l'épididyme. b. Coupes transversales.

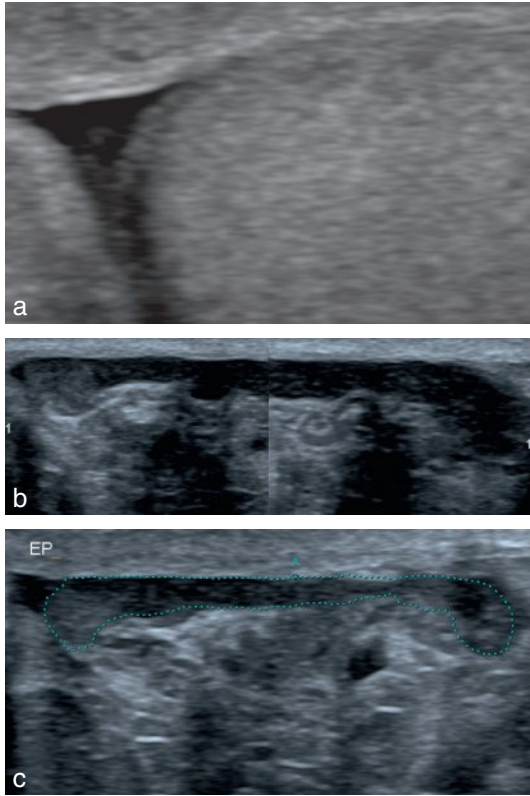


Fig. 10.3 Membrane albuginée (a), épididyme (tête, corps et queue) (b, c).

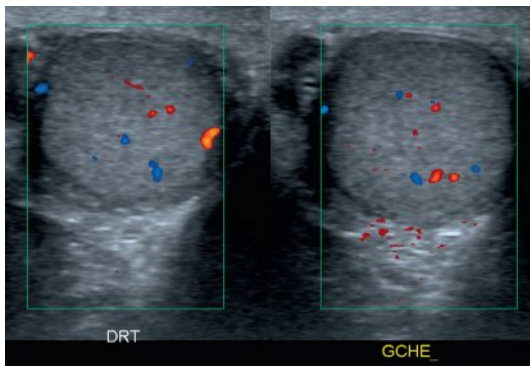


Fig. 10.4 Testicule normal : Doppler couleur.

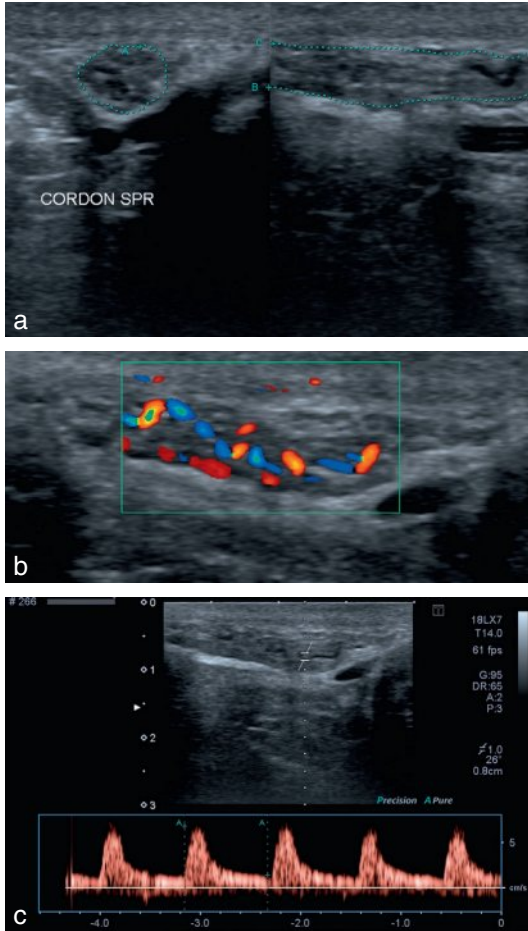


Fig. 10.5 Cordon spermatique.

a. Coupes transversale et longitudinale. **b.** Doppler couleur. **c.** Doppler pulsé à double composante systolodiastolique.

Pièges et variantes de la normale

Hile et artère transmédiastinale

Au niveau du tiers supérieur et de la partie postérieure du testicule, une ligne hyperéchogène (ou deux lignes hyperéchogènes séparées par une plage hypoéchogène) correspond à un épaissement de l'albuginée au niveau du carrefour vasculo-tubulaire.

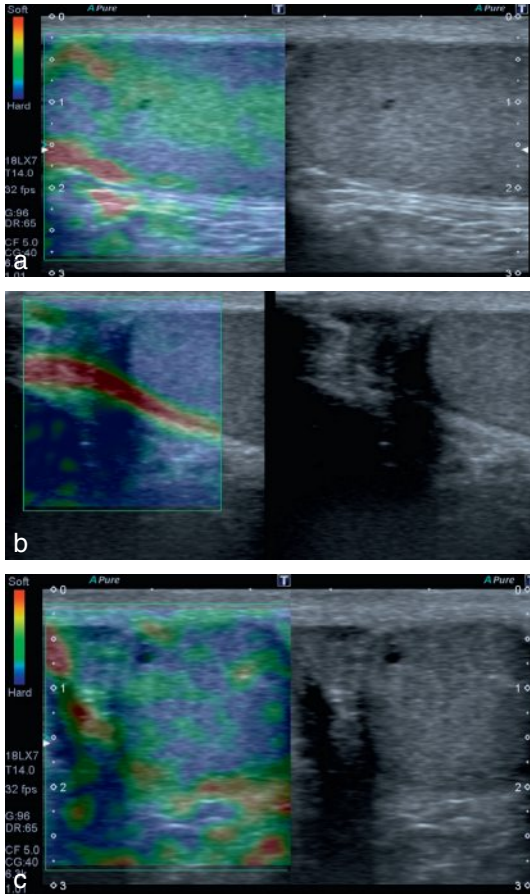


Fig. 10.6 Élastographie.

a. Aspect en triples bandes du signal du parenchyme testiculaire. **b, c.** Deux exemples d'un signal très faible d'un kyste et d'un nodule bénin.

Cette image, en règle physiologique, est plus fréquemment rencontrée chez les hommes jeunes, accessoirement en cas d'inflammation, elle correspond au hile (fig. 10.7). Il faut aussi reconnaître une structure linéaire transsonique, avec un signal vasculaire en Doppler, qui traverse le testicule. Il s'agit de l'artère transmédiastinale.

Artefacts ou pseudo-images de calcifications

Ils sont liés à un défaut de technique (en général mauvais réglage de l'appareil) simulant des foyers, ou l'interposition d'air entre les bourses et le capteur.

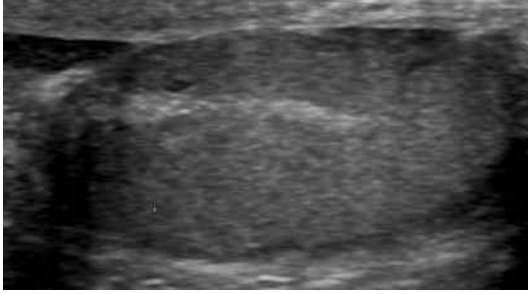


Fig. 10.7 Aspect normal du hile testiculaire (également appelé médiastin).

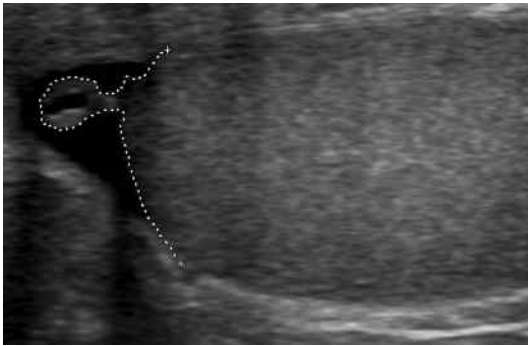


Fig. 10.8 Hydatide pédiculée.

Variantes anatomiques liées à l'âge du patient

Les testicules sont plus petits et hypoéchogènes chez l'adolescent.

Vestiges embryonnaires

L'hydatide pédiculée de Morgani au niveau de la tête de l'épididyme (fig. 10.8) ou l'hydatide sessile de Morgani, habituellement localisée entre l'épididyme et le testicule, peut être visualisée.

Ces vestiges peuvent prendre une forme kystique et se compliquer de torsion aiguë simulant une torsion de cordon. Ils sont mieux visibles en présence d'une lame d'hydrocèle physiologique ou réactionnelle.

Polyorchidie (testicule double)

L'aspect est celui d'une grosse gonade homogène régulière ou lobulée.

Agénésies

Elles doivent faire rechercher des malformations rénales.



Fig. 10.9 Cryptorchidie, petit testicule atrophié à l'anneau inguinal.



Fig. 10.10 Microlithiase testiculaire.
Images hyperéchogènes punctiformes disséminées.

Ectopies testiculaires

Il s'agit de testicules en dehors des voies de migration normales, à distinguer des *cryptorchidies* (cf. ci-dessous).

Cryptorchidies

Elles correspondent à un arrêt de migration en un point de son trajet.

Dans la majorité des cas, le testicule cryptorchide est situé à l'anneau inguinal détectable par les ultrasons (fig. 10.9).

Microlithiases

Il s'agit de spots inférieurs à 2 mm, hyperéchogènes sans cône d'ombre postérieur, répartis généralement dans le parenchyme des deux testicules (fig. 10.10). On en visualise plus de 5 dans le même testicule.

Tableau 10.1 Classification des microlithias testiculaires.

Grade 1	Rares microlithiasies réparties en périphérie des testicules
Grade 2	Entre 10 et 20 par champ d'exploration
Grade 3	Innombrables (risque de tumeur germinale)

La classification des microlithiasies est indiquée dans le [tableau 10.1](#).

Un grade 2 ou 3 justifie une surveillance annuelle.

Il existe une association importante entre microlithiasies de grade 3 et cancer testiculaire.

Points essentiels

- Cryptorchidie et ectopie testiculaire doivent être toutes deux opérées avec fixation dans la bourse.
- Ailleurs, le repérage de la malposition gonadique relèvera du scanner ou mieux de l'IRM pour le chercher sur tout son trajet.
- Il y a nécessité d'une surveillance car il peut se développer une tumeur germinale secondaire souvent non palpable pouvant s'associer à une *microlithiasie testiculaire*. La constatation de petites formations échogènes, éparses dans le parenchyme testiculaire, bilatérales, traduit cette microlithiasie et doit inciter à la prudence.

Tumeurs testiculaires (tableau 10.2)

Elles représentent 1 à 3 % des tumeurs de l'homme.

Le syndrome de masse testiculaire se traduit par un nodule solide d'échogénicité variable, parfois mixte, déformant la glande ou simplement enchâssé dans

Tableau 10.2 Les différentes tumeurs testiculaires.

Tumeurs germinales	Séminome, carcinome, polyembryome, choriocarcinome, tératome
Tumeurs des cordons sexuels	Tumeurs à cellules de Leydig, tumeur à cellules de Sertoli, tumeurs de la granulosa
Tumeurs des tissus lymphoïdes et hématopoïétiques	Lymphomes, leucémie aiguë
Tumeurs secondaires	Métastases (prostate, poumon, rein, côlon, estomac)
Tumeurs variées	Tumeur carcinoïde, sarcomes
Tumeurs de l'ébauche gonadique	Gonadoblastome, autres tumeurs

le parenchyme, pouvant se propager aux annexes, plus rarement à la peau. Le signal Doppler couleur est d'intensité variable, majoré en cas de phénomènes inflammatoires.

Classifications OMS

On distingue **les tumeurs germinales séminomateuses** les plus fréquentes de bon pronostic et **les tumeurs germinales non séminomateuses** de pronostic plus réservé mais sensibles à la chimiothérapie avec potentiel métastatique (cerveau et poumon).



En pratique

Avant 30 ans, on observe essentiellement le dysembryome, après 30 ans le séminome, entre 20 et 30 ans le choriocarcinome et à tout âge la tumeur de Leydig.

Aspects échographiques des principales tumeurs testiculaires

Séminomes

Ils représentent 50 % des tumeurs germinales. Il s'agit d'une tumeur hypoéchogène en général bien délimitée (fig. 10.11).

Tératomes

Ils représentent environ 10 % des tumeurs testiculaires de l'adulte, avec une grande fréquence chez l'enfant. Ces tumeurs peuvent se présenter sous forme hyperéchogène, kystique, quelquefois sous forme d'une association des deux contingents. Il est parfois possible d'identifier des structures linéaires hyperéchogènes avec ombres acoustiques sous-jacentes correspondant à des fragments de cartilage ou d'ossification.

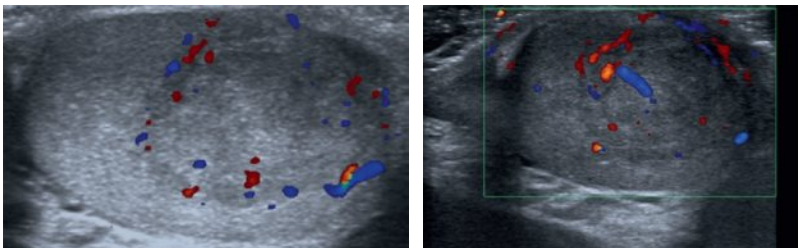


Fig. 10.11 Tumeur testiculaire.

Petite tumeur ne déformant pas les contours de la glande : séminome.

Tumeurs embryonnaires (fig. 10.12)

Elles ont habituellement des contours irréguliers, mais se présentent sous forme de processus en foyers hypoéchogènes. Plus rarement, ces carcinomes prennent l'aspect d'anomalies focales hyperéchogènes avec parfois de petites calcifications.

Choriocarcinomes

En règle générale, ce sont des tumeurs d'échostructure mixte. Il peut exister des zones liquidiennes correspondant à des phénomènes hémorragiques ou à une nécrose. Dans un 2^e temps, des calcifications peuvent apparaître sous forme de structures hyperéchogènes avec une ombre acoustique sous-jacente.

Tumeurs à cellules de Leydig

Elles peuvent se révéler par une gynécomastie, et sont souvent bilatérales. Petites non palpables, elles peuvent dégénérer.

Tumeurs mixtes

Elles se présentent avec un contingent germinal et non germinal, ou plusieurs contingents germinaux différents. Dans les syndromes d'hyperplasie des surrénales, congénitaux, insuffisamment ou non traités, on peut observer des pseudotumeurs bilatérales des testicules, palpables, hypoéchogènes au niveau des hiles. Ces formations diminuent sous traitement par les glucocorticoïdes, ce qui évite l'intervention. La non-réponse ou toute augmentation conduit à l'exploration chirurgicale. Elles traduisent l'hypertrophie du tissu ectopique réactivé (cellules type Leydig).

Un bilan endocrinien, plus rarement un prélèvement dans la veine spermatique en fonction de la réponse au traitement, est indispensable.

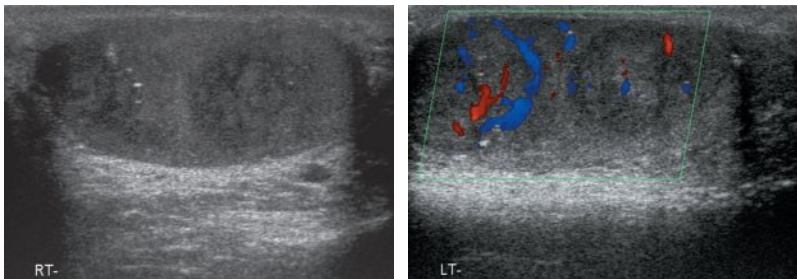


Fig. 10.12 Dysembryome bifocal.

Aspect échogène hétérogène, l'une des tumeurs contient des calcifications. Présence d'un signal au Doppler couleur.

Lymphome testiculaire et leucémies

Ils touchent le sujet âgé; les localisations sont bilatérales.

Métastases testiculaires

Elles se présentent habituellement sous forme de petits foyers hypoéchogènes, mais des formes échogènes ou mixtes sont également rencontrées.



Le cancer de la prostate, le mélanome ainsi que les leucémies et les cancers du poumon, en particulier, peuvent métastaser au niveau des testicules.

Points essentiels

- **L'échographie est particulièrement performante pour rechercher de petites tumeurs non palpables**, en effet le testicule est toujours très ferme à la palpation et une petite tumeur ne débordant pas des contours normaux du testicule échappera facilement au clinicien.
- **Elle contribuera au bilan d'extension**, en recherchant entre autres des adénopathies rétropéritonéales qui pourront avoir été révélatrices. Actuellement, le scanner trouve également sa contribution dans l'extension lymphophile et viscérale.

La biopsie n'a pas sa place. Seul l'abord direct (orchidectomie) est de mise avec parfois un curage ganglionnaire.

L'échographie peut contribuer à la stadification TNM d'une tumeur testiculaire, en montrant en particulier une invasion de l'épididyme (T2) ou une invasion du scrotum (T4).



Éléments péjoratifs d'un nodule

- Nodule hypoéchogène
- Et taille ≥ 5 mm ou évolutive ou hypervascularisation



Nodule et pièges

- Dilatation du rete testis
- Varicocèle intratesticulaire
- Kyste testiculaire
- Inclusions surrénaliennes

Pathologie inflammatoire et infectieuse : orchite, épididymite et orchépididymite

Ces états inflammatoires du contenu scrotal sont très fréquemment rencontrés dans un tableau de douleurs scrotales aiguës, le diagnostic est en général clinique.

Points essentiels

- L'échographie n'est indiquée qu'en cas de non-réponse au traitement médical ou de complications (abcédation).
- Chez l'immunodéprimé, il faut se méfier de la tuberculose et du lymphome. Enfin, on reconnaîtra les formes atypiques simulant une torsion du cordon ou révélatrice d'une tumeur.

Orchite

Le testicule hypertrophié, en général unilatéralement, présente un aspect globalement hypoéchogène ou éventuellement des anomalies focales hypoéchogènes en nappes (fig. 10.13).

Épididymite (fig. 10.14 à 10.19)

L'épididyme enflammé est tuméfié et plus hypoéchogène qu'habituellement. La douleur provoquée est très nette et peut limiter l'examen. On palpe et on visualise

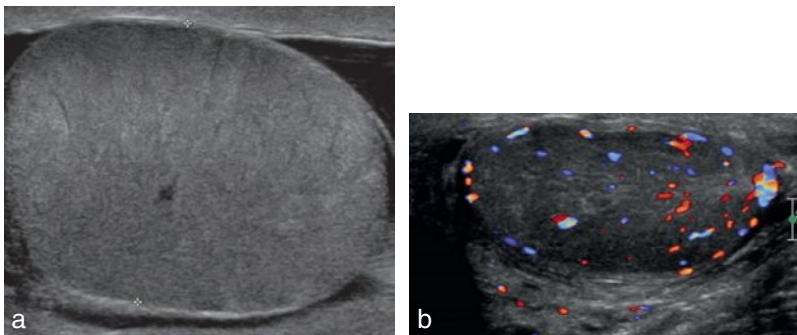


Fig. 10.13 Orchite.

Testicule hypoéchogène hypervascularisé : orchite.

a. Aspect strié en échographie. **b.** Aspect Doppler.

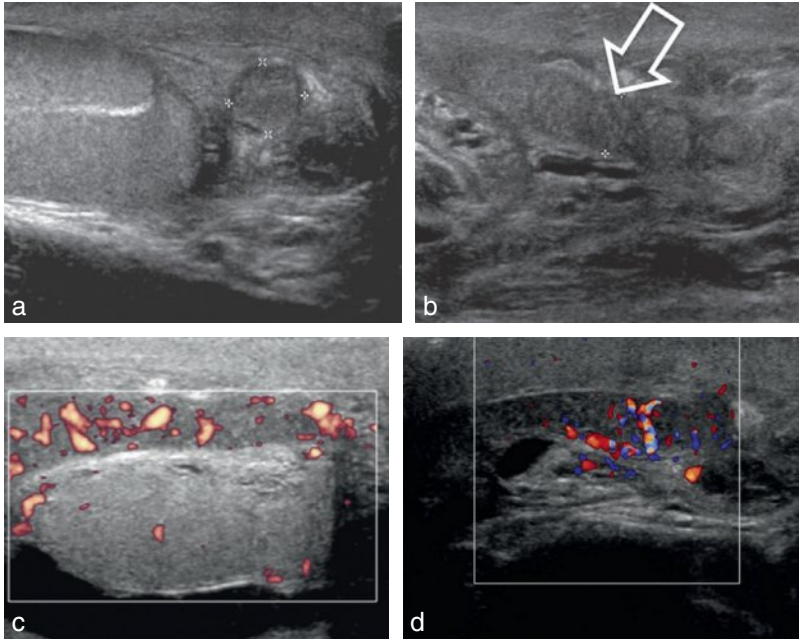


Fig. 10.14 Épididymite.

a. Nodule de la tête de l'épididyme (épididymite tuberculeuse). **b.** Important épaissement du corps de l'épididyme. **c, d.** Hyperhémie isolée de l'épididyme, le parenchyme testiculaire présentant une vascularisation normale.

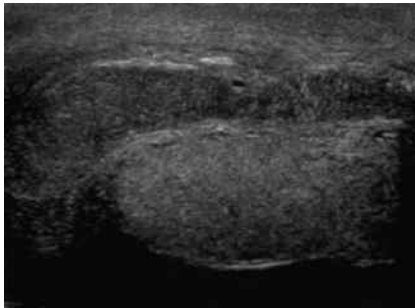


Fig. 10.15 Épididymite tuberculeuse.

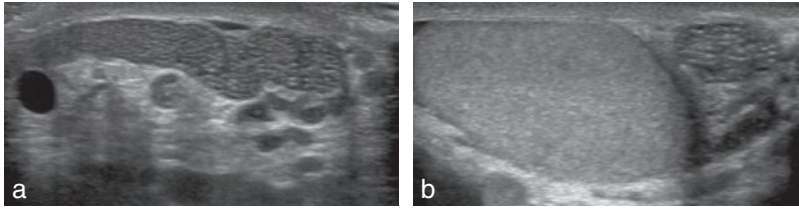


Fig. 10.16 Dilatation du corps épididymaire.

a. Aspect aréolaire en nid d'abeilles b. Caractéristique d'une sténose acquise du déférent post-infectieuse.

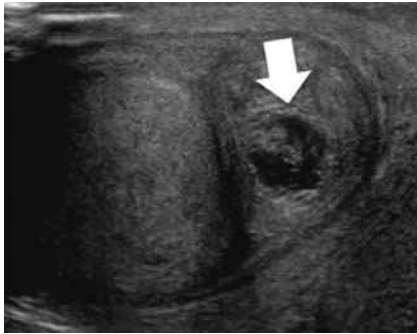


Fig. 10.17 Abscès de la queue de l'épididyme, échographie mode B montrant une collection anéchogène contenant des échos (flèche).

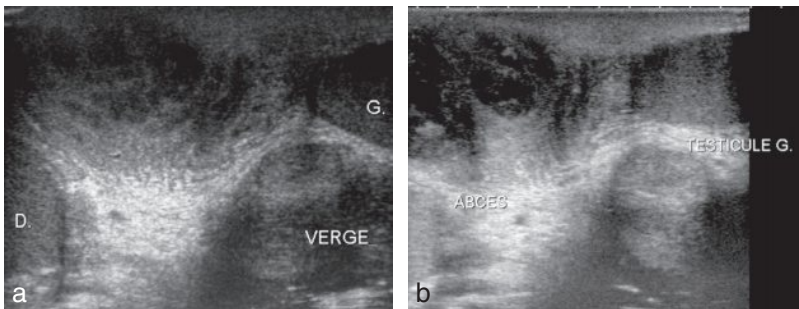


Fig. 10.18 Image d'abcès de l'espace cellulograisieux entre le testicule et la verge (a), échographie mode B montre une plage hypoéchogène mal limitée (b).

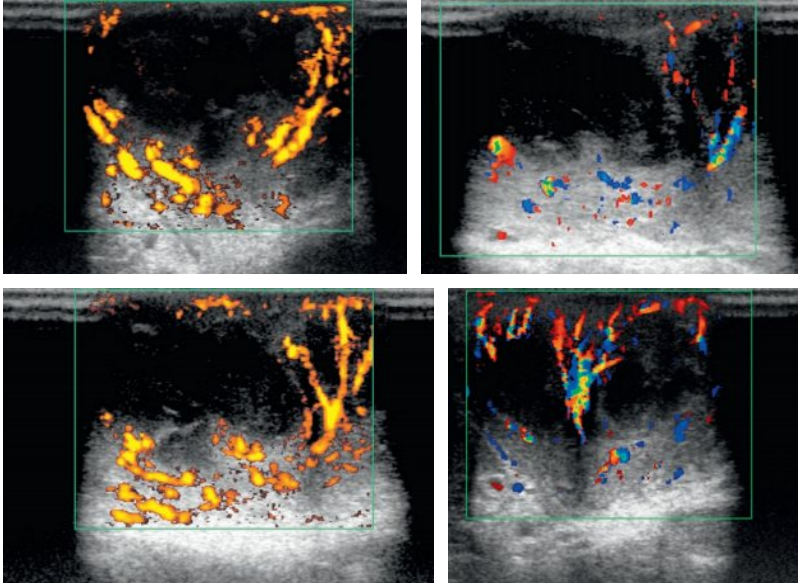


Fig. 10.19 Aspect hypervascularisé de l'espace cellulograisieux entre le testicule et la verge témoignant du caractère aigu de l'inflammation (Doppler couleur et puissance).

un nodule hétérogène sensible de la tête ou de la queue voire de tout l'épididyme. L'épididymite peut être aiguë ou chronique, le tableau clinique étant très différent en cas de chronicité. L'épididymite chronique est nodulaire, peut se calcifier, elle réalise parfois des aspects pseudo-tumoraux en particulier dans la tuberculose. L'étude en Doppler montre une hypervascularisation non spécifique.

Torsion du cordon spermatique (fig. 10.20)

Elle touche surtout le sujet jeune, c'est une urgence qui impose un geste chirurgical, sans délai dans les 6 heures, l'orchidopexie, pour prévenir la nécrose. D'installation brutale, la crise a parfois été précédée de poussées douloureuses traduisant des torsions-détorsions à répétition d'un testicule hypermobile mal fixé. Le diagnostic est clinique devant une bourse aiguë hyperalgique avec ascension du testicule; l'échographie n'est pas indispensable, elle ne doit pas retarder la mise en œuvre thérapeutique.

La spire de torsion est retrouvée en région inguinale avec *whirlpool sign* ou signe du tourbillon (enroulement des vaisseaux spermatiques) avec un testicule augmenté de taille prenant un aspect hétérogène siège de zones hypoéchogènes correspondant à de la nécrose et de zones hyperéchogènes compatibles avec des plaques d'hémorragies.

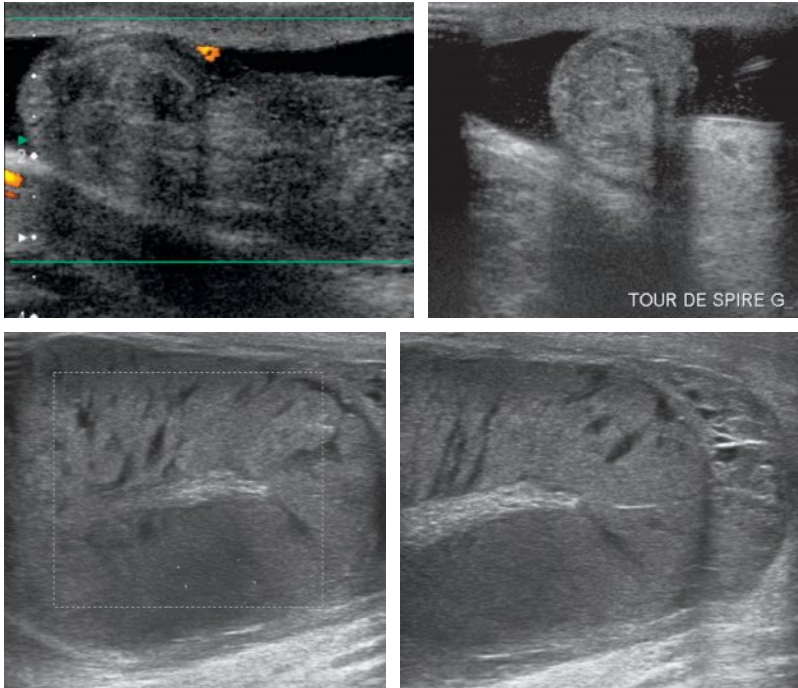


Fig. 10.20 Torsion et nécrose du parenchyme testiculaire.

Points essentiels

- Le phénomène de torsion/détorsion est responsable d'une augmentation du flux simulant une orchépididymite.
- La torsion peut comprimer les veines et épargner l'artère responsable d'une inversion du flux dans l'artère.
- Pour mémoire, on rapprochera les torsions d'hydatis qui peuvent prendre le même aspect, suspectées cliniquement en raison de la douleur élective au pôle supérieur de la glande, confirmées à l'intervention et de bon pronostic.

Traumatisme des bourses

L'échographie de cette bourse aiguë recherchera au sein de l'hématome (hématocele), une fracture du testicule avec rupture de l'albuginée ou un arrachement de l'épididyme qui nécessitent une réparation chirurgicale et une évacuation de l'épanchement hématique (fig. 10.21).

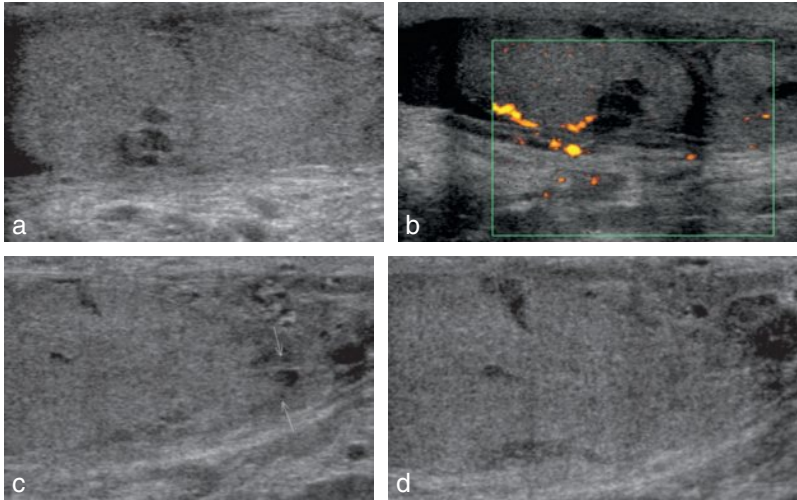


Fig. 10.21 Traumatisme des bourses.

a. Petits hématomes intratesticulaires associés à un hématome extra-parenchymateux.

b. Ischémie avec hypovascularisation du parenchyme testiculaire. **c.** Rupture de

l'albuginée avec saillie du parenchyme testiculaire. **d.** Fracture du parenchyme testiculaire.



On observe une disparition du contour de la glande mais on peut sous-estimer les lésions. C'est pourquoi l'exploration chirurgicale doit être rapide. La contusion simple bénéficie d'une surveillance.

Hernie scrotale

Elle réalise un tableau de grosse bourse de taille variable, c'est un diagnostic différentiel. L'échographie permet de vérifier l'intégrité du testicule. Elle comporte soit une anse digestive soit des franges épiploïques, réductible ou fixée, avec parfois une lame d'ascite.

Pathologie veineuse

La varicocèle (fig. 10.22 à 10.25) correspond à des varices du pédicule spermatique et traduit une incompétence valvulaire; elle peut entraîner une infertilité surtout si elle coexiste avec une azoospermie. Infraclinique, dépistée fortuitement en échographie, elle est souvent bilatérale.



La varicocèle d'apparition récente et symptomatique doit faire éliminer un syndrome tumoral rénal avec envahissement veineux.

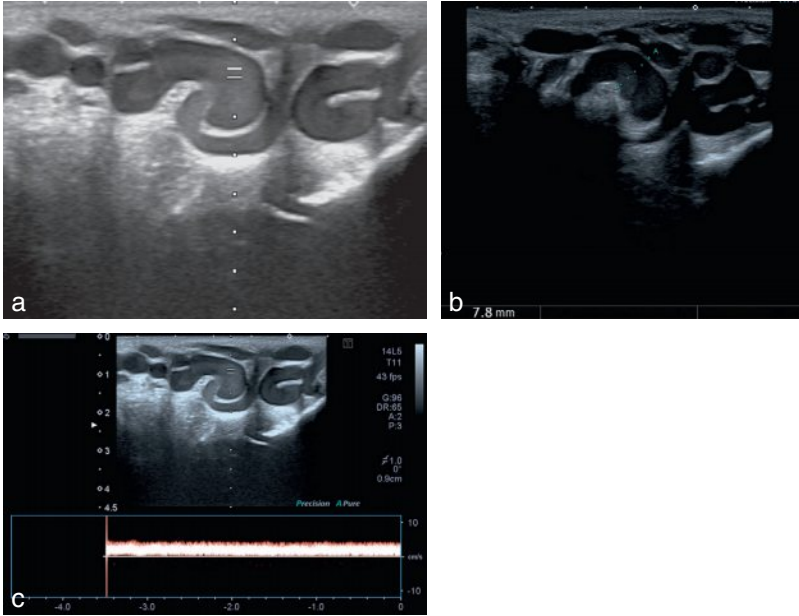


Fig. 10.22 Varicocèle.

a. Dilatation des veines postérieures. b. Dilatation veineuse à 7 mm. c. Varicocèle et Doppler couleur pulsé : reflux spontané au repos.

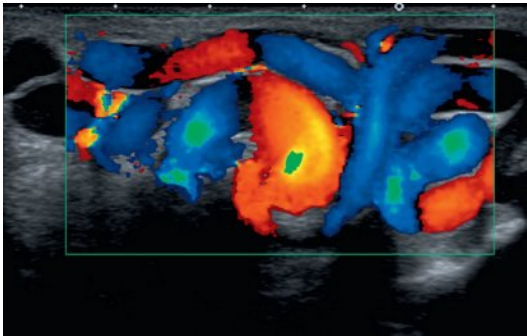


Fig. 10.23 Varicocèle au Doppler couleur : remplissage spontané au repos.

Elle se repère facilement en écho mode B et en Doppler couleur. On observe des structures tubulaires anéchogènes pelotonnées supérieures à 3 mm dépressibles entourant la gonade et retrouvées aussi dans le cordon, majorées en Valsalva et en orthostatisme.

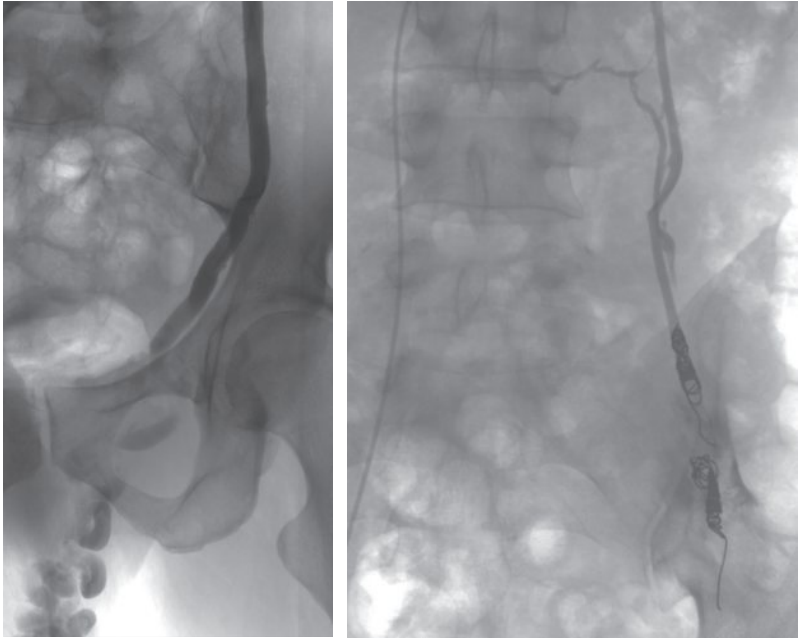


Fig. 10.24 Aspect de varicocèle avant et après embolisation avec des coils.

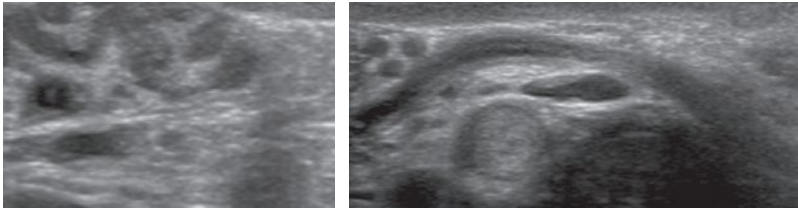


Fig. 10.25 Thrombophlébite d'une veine de varicocèle post-embolisation.



Quantification en mode spectral

- Remplissage spontané au repos.
- Remplissage rétrograde lors du Valsalva > 3 secondes.
- Grade 1 : reflux rétrograde bref < 3 secondes en Valsalva.
- Grade 2 : reflux rétrograde > 3 secondes en Valsalva.
- Grade 3 : reflux rétrograde permanent au repos.



Remarque

En l'absence de varicocèle palpable, seuls les reflux permanents devraient être qualifiés de varicocèle infraclinique.

Affections fréquentes et bénignes

Hydrocèle (fig. 10.26 et 10.27)

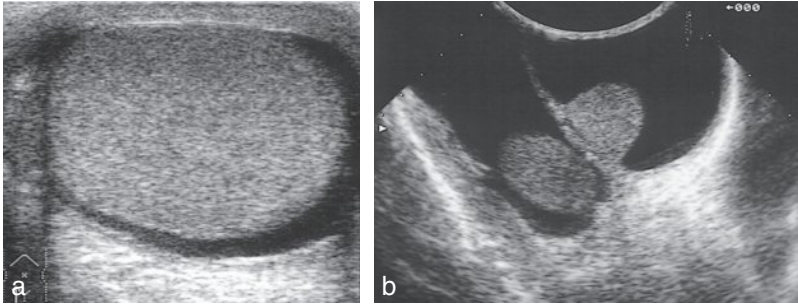


Fig. 10.26 Hydrocèle vaginale.

a. Petite lame d'hydrocèle. b. Volumineuse hydrocèle bilatérale sous tension.

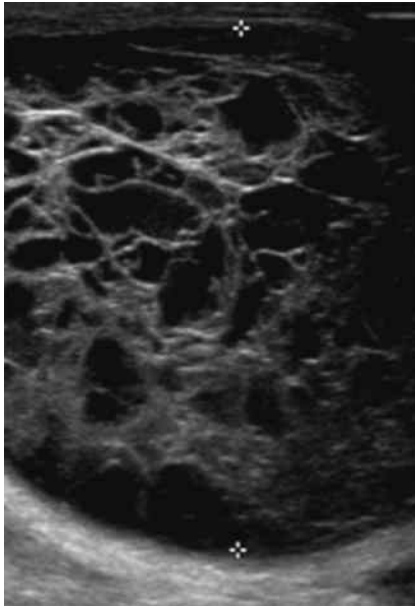


Fig. 10.27 Pycèle : multiples cloisons au sein de l'hydrocèle, signant l'infection.

C'est le tableau le plus fréquemment rencontré en pathologie scrotale. Cette collection de liquide, le plus souvent libre, uni ou bilatérale, peut parfois présenter des cloisonnements. La plupart du temps, on peut visualiser un épaissement de

la vaginale qui est mieux apprécié par l'épanchement liquidien. Quelques débris peuvent sédimenter, le septum est parfois visible.

En règle, cette hydrocèle est idiopathique mais parfois elle est secondaire à une tumeur, un traumatisme, une torsion ou une inflammation testiculaire (tuberculose). Elle peut parfois être communicante (canal vaginopéritonéal perméable). Elle apparaît sous forme d'une collection anéchogène transsonique et peut contenir de fins échos mobiles (cristaux de cholestérol) ou des calcifications.

Kyste épидидymaire (fig. 10.28)

Il touche électivement le corps de l'épididyme, et se présente également sous forme d'une collection liquidienne bien délimitée, toujours bénin, de taille variable, il se rapproche des kystes du cordon, reliquats du canal vaginopéritonéal. Il se distingue des kystes séquellaires des noyaux épидидymaires cicatriciels postinfectieux.

Spermatocèle (fig. 10.29)

C'est une dilatation kystique des tubes séminifères au niveau du rete testis (hile) à l'origine de l'épididyme. Elle peut être à développement intratesticulaire.

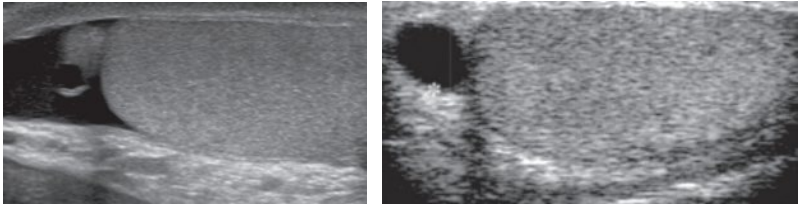


Fig. 10.28 Kyste de la tête de l'épididyme.

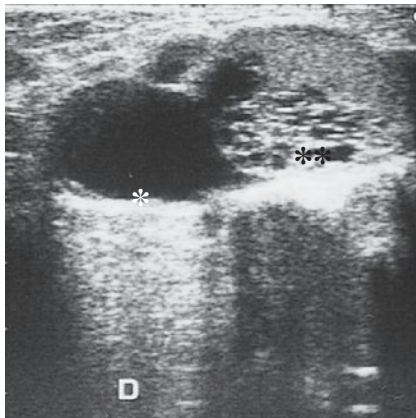


Fig. 10.29 Spermatocèle avec dilatation du rete testis.

Fracture de verge

La rupture de l'albuginée et du corps caverneux sous-jacent peut s'étendre au corps spongieux et à l'urètre.

L'échographie retrouve souvent des zones hypoéchogènes des corps caverneux avec ou sans rupture de l'albuginée (fig. 10.30).

Surveillance post-thérapeutique

L'échographie joue un rôle en postopératoire pour surveiller le testicule restant, en cas de pathologie tumorale. Elle évalue l'effet du traitement dans les pathologies infectieuses.

Conclusion

Devant une grosse bourse ou une bourse aiguë, l'échographie confirmera l'examen clinique. Ailleurs, le tableau sera intriqué ou une découverte fortuite; dans

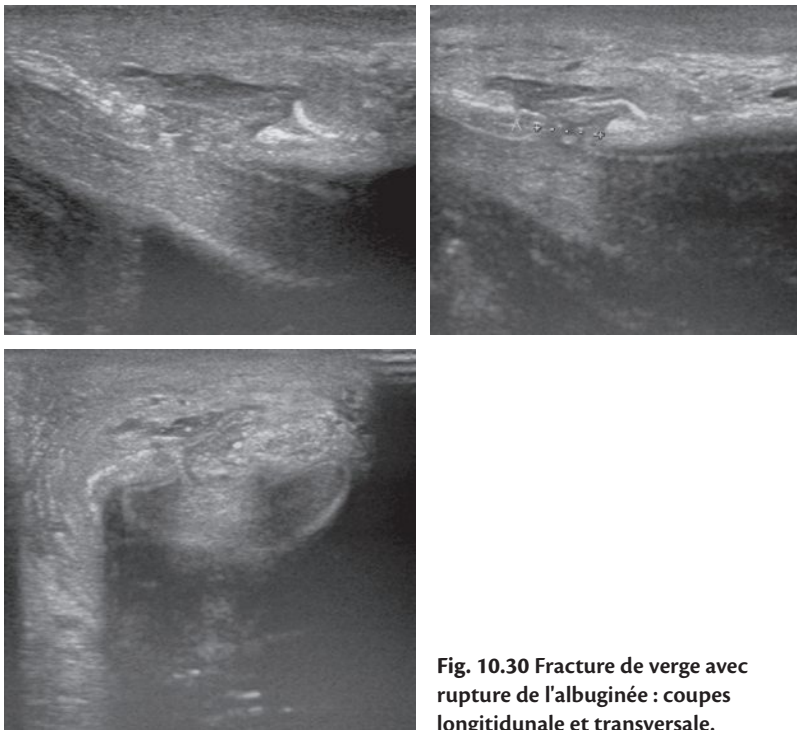


Fig. 10.30 Fracture de verge avec rupture de l'albuginée : coupes longitudinale et transversale.

ces situations, l'apport du bilan ultrasonore et du Doppler est justifié. Il ne doit jamais retarder l'heure chirurgicale.

Actuellement, l'échographie participe au diagnostic des infertilités.

Son innocuité et sa disponibilité en font en ce un examen de 1^{re} intention.

Pelvis féminin

P. Fayet, J. Uzan-Augui

PLAN DU CHAPITRE

- Rappel anatomique
- Technique d'examen
- Place de l'échographie
- Échoanatomie normale
 - Utérus
 - Col
 - Vagin
 - Trompes
 - Ovaires
 - Doppler utérin
 - Doppler ovarien
 - Autres structures pelviennes
- Images non gynécologiques
- Particularités chez la femme ménopausée
 - Ménopause en absence de THS
 - Ménopause sous THS
- Dispositif intra-utérin
 - Situation normale
 - Situation pathologique
 - Associations pathologiques
- Échoanatomie pathologique
 - Malformations
 - Endomètre pathologique
 - Fibromyomes utérins
 - Pathologie tubaire
 - Pathologie ovarienne
 - Endométriose
- Pelvis opéré

Rappel anatomique

Le petit bassin ou pelvis est une région anatomique complexe composée d'une paroi musculo-osseuse en forme d'entonnoir, située entre le détroit supérieur et le périnée et contenant les organes génitaux internes (utérus, ovaires, trompes), la vessie, les uretères, le rectum, les branches des vaisseaux iliaques, des lymphatiques et des nerfs (fig. 11.1 et 11.2).

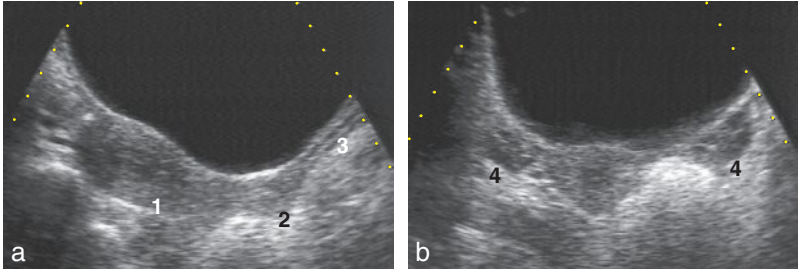


Fig. 11.1 Pelvis normal : voie sus-pubienne.

a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale. 1. Utérus. 2. Col. 3. Vagin. 4. Ovaires.

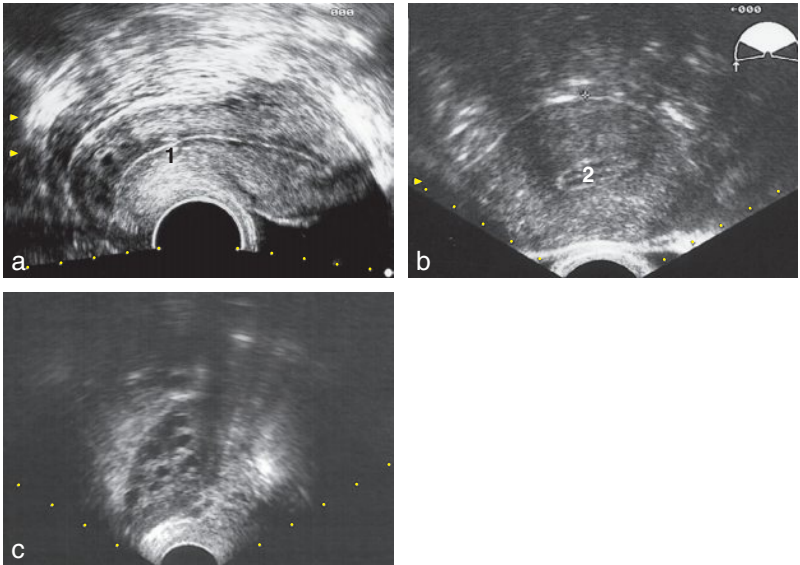


Fig. 11.2 Pelvis normal : voie endovaginale.

a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale. 1. Ligne cavitaire. 2. Endomètre.
c. Coupe oblique passant par l'ovaire droit.

Technique d'examen

L'échographie est le plus souvent débutée par une voie sus-pubienne. Elle est la plus contributive quand elle est réalisée en réplétion vésicale. Ensuite, chaque fois que cela est possible, l'essentiel de l'examen est effectué par une voie endovaginale qui permet d'obtenir une excellente définition des images. Elle s'effectue avec une sonde de 5 à 7,5 MHz ayant un secteur large (120 à 200°).

La voie endovaginale est réalisée de préférence sur une table d'examen gynécologique, la patiente ayant les pieds dans des étriers. En l'absence de table gynécologique, il est possible de placer un coussin pour surélever les fesses de la patiente afin de mieux incliner la sonde vers le haut. Le transducteur est protégé par un protège-sonde. Il est nettoyé de façon appropriée entre chaque examen. On pourra s'aider d'un palper abdominal lors de la réalisation de l'échographie, utile notamment afin de mieux visualiser l'endomètre en antéversant un utérus en position intermédiaire, de rechercher des adhérences, de visualiser un ovaire haut situé, de distinguer un kyste ovarien d'un faux kyste péritonéal.

Un examen Doppler couplé à un logiciel Doppler pulsé à codage couleur pour les flux lents complète l'échographie si nécessaire. Il permet essentiellement d'étudier la vascularisation utérine et ovarienne.

Il est également possible de réaliser une injection de sérum physiologique dans la cavité afin de mieux visualiser l'endomètre et de réaliser si besoin des biopsies. Il s'agit d'une hystérosonographie.

Enfin, certains appareils permettent la réalisation d'échographies tridimensionnelles particulièrement utiles dans l'étude des malformations utérines.

Place de l'échographie

L'échographie pelvienne doit toujours être confrontée aux données de la clinique (résultats des touchers, antécédents médicaux et chirurgicaux, période du cycle, symptomatologie) et de la biologie (pathologie tumorale, endocrinienne, surveillance post-thérapeutique, GEU [grossesse extra-utérine]).

Plus qu'un simple examen paraclinique, l'échographie pelvienne constitue un véritable palper profond, « ultrasonore », dont les résultats sont à intégrer au reste du tableau clinique et biologique.

Échoanatomie normale

Utérus

Sa situation est appréciée, tant au niveau d'une éventuelle latérodéviation que de ses angles de version et de flexion.

Sa forme est étudiée au travers d'un contour régulier, d'un aspect oblong sur les coupes sagittales, d'un corps ovalaire et d'un col arrondi sur les coupes transversales.

Sa taille est mesurée. Elle est variable selon l'âge et la parité (tableau 11.1). Son échostructure révèle (fig. 11.3 et 11.4) :

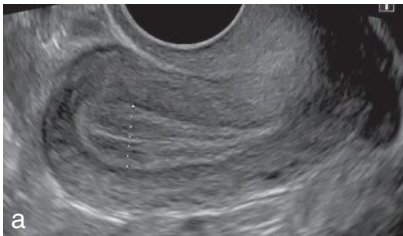
Tableau 11.1 Taille de l'utérus (valeurs moyennes en cm).

	Hauteur	Largeur	Épaisseur
Période prépubertaire	2,5	< 1	< 1
Nulliparité	7	4	2,5
Multiparité	9	5	4
Ménopause	3,5	2	2



Fig. 11.3 Utérus : aspect selon réplétion de la vessie.

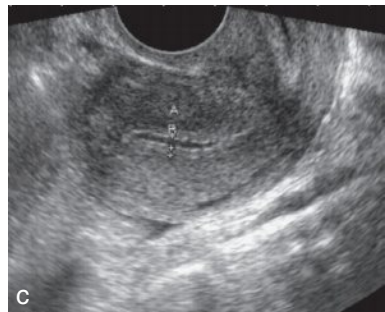
a. Utérus antéversé – antéfléchi. b. Utérus rétroversé – rétrofléchi. c. Utérus en situation intermédiaire = réplétion vésicale importante.



a



b



c

Fig. 11.4 Principe de formation de l'image échographique d'un plan de coupe.

a. Endomètre en phase proliférative. Voie endovaginale (coupe longitudinale). b. Lame d'épanchement intracavitaire de 1,5 mm d'épaisseur. c. Mesure de chacune des faces de l'endomètre (1,5 mm d'épaisseur chacune).

- un myomètre homogène, isoéchogène aux muscles;
- un endomètre subissant des variations cycliques (étudiées au mieux par voie endocavitaire) :
 - période menstruelle (J0 à J4) : endomètre à peine visible, avec dédoublement possible de la ligne cavitaire,
 - période proliférative (J4 à J14) : bandes hypoéchogènes autour de la ligne cavitaire (épaisseur totale = 10 mm à J14),
 - période sécrétoire : hyperéchogénicité progressive (épaisseur d'environ 12–14 mm à J21);
- une ligne cavitaire correspondant à l'interface entre les deux couches adjacentes de l'endomètre (cavité virtuelle).

L'épaisseur de l'endomètre se mesure là où il est le plus épais, le plus souvent dans le fond de la cavité. On précisera sur le compte rendu qu'il s'agit de l'épaisseur totale maximale de l'endomètre.

Si l'on visualise une lame d'épanchement intracavitaire, il faut alors mesurer chacune des faces de l'endomètre (fig. 11.4b et c) et indiquer leurs valeurs respectives sur le compte rendu.

Col

Son échogénicité est voisine de celle du corps. Le canal cervical peut contenir une zone hypoéchogène en phase préovulatoire (glaires cervicales).

On retrouve souvent des œufs de Naboth : images liquidiennes arrondies de quelques millimètres à 3 cm, en rapport avec des kystes des glandes cervicales, sans valeur pathologique.

Vagin

Il se présente comme une cavité virtuelle orientée en haut et en arrière sur les coupes sagittales, en continuité avec le col.

Il peut exister des kystes vaginaux.

Trompes

Elles sont rarement visibles à l'état normal sauf dans leur portion initiale, sur les coupes transversales.

Ovaires

Leur siège est variable, classiquement latéro-utérin en dedans des vaisseaux iliaques.

Ils présentent une forme ovoïde.

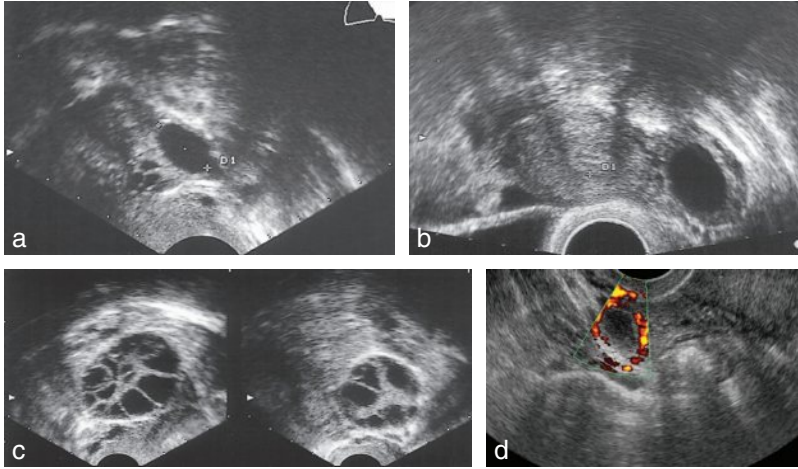


Fig. 11.5 Follicules ovariens.

a. Follicule au 10^e jour : 18 mm. b. Follicule mature : 24 mm. c. Stimulation : nombreux follicules sur les deux ovaires. d. Corps jaune avec couronne vasculaire au Doppler.

Leur taille est de :

- 25 à 35 mm pour la longueur
- 10 à 20 mm pour la largeur
- 10 à 15 mm pour leur épaisseur

Leur volume est de 4 à 8 cm³ en période d'activité génitale.

Leur échostructure est appréciée au mieux par voie endocavitaire.

Cette échostructure évolue selon le cycle :

- *à la phase folliculaire* : de J1 à J7, l'aspect est plurifolliculaire (follicules infracentimétriques). Le follicule dominant (> 14 mm) se dissocie entre J8 et J12 et les autres régressent (fig. 11.5a). Sa croissance est de 2 à 3 mm/jour. L'ovulation a lieu quand sa taille est comprise entre 20 et 24 mm ;
- *lors de l'ovulation*, on observe un affaissement du follicule dominant. Le liquide folliculaire se répand alors dans la fossette ovarienne et le Douglas ;
- *à la phase lutéale*, le follicule se remplit d'échos, sa paroi s'épaissit et il se transforme en corps jaune dont on visualisera la couronne vasculaire au Doppler couleur (fig. 11.5d).



Cas particuliers

- L'aspect multifolliculaire est normal en période prépubertaire.
- Ovaires sous contraception orale :
 - aspect multifolliculaire en début de plaquette avec les pilules minidosées ;
 - cycle ovulatoire avec les microprogestatifs.

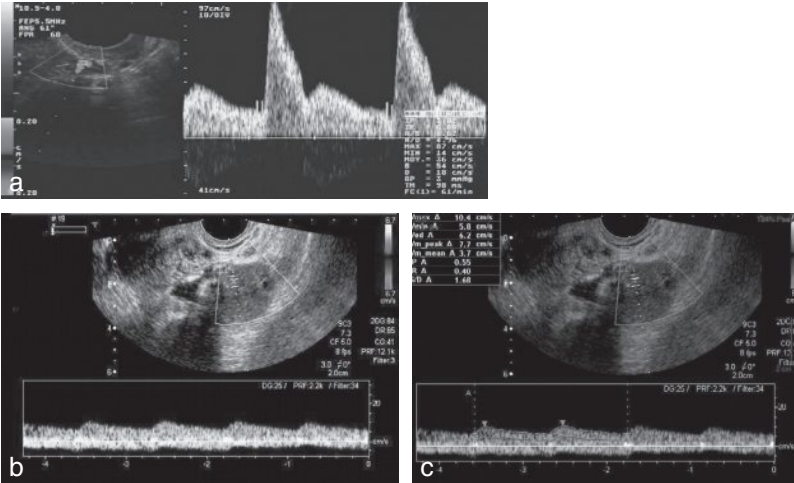


Fig. 11.6 Doppler utérin et ovarien chez une patiente en activité génitale.

a. Enregistrement du flux de l'artère utérine chez une patiente en activité génitale : il s'agit d'un flux à moyenne résistance avec une incisure protodiastolique (*notch*) et d'un flux diastolique inférieur à la moitié du pic systolique avec un IR compris entre 0,5 et 0,9 et un IP compris entre 1,5 et 3. b. Doppler ovarien au 21^e jour du cycle menstruel : flux à basse résistance avec un IR intra-ovarien de l'ordre de 0,45.

L'échographie peut être couplée à un Doppler des artères utérines ainsi qu'à un Doppler ovarien.

Doppler utérin

Artères utérines

Après repérage para-isthmique de la crosse de l'artère utérine droite ou gauche, le Doppler couleur permet d'identifier l'artère utérine correspondante grâce au codage couleur rouge de sa branche descendante et au codage couleur bleu de sa branche ascendante. L'enregistrement du flux peut alors être réalisé.

Le profil vélocimétrique des artères utérines chez une femme en période d'activité génitale se traduit par un flux à moyenne résistance avec une incisure protodiastolique (appelée *notch*), un flux diastolique inférieur à la moitié du pic systolique (fig. 11.6a). L'incisure protodiastolique témoigne de l'élasticité du vaisseau et la présence du flux diastolique témoigne de l'imprégnation œstrogénique.

Une fois le profil vélocimétrique établi, l'analyse quantitative de la courbe vélocimétrique permet d'effectuer la mesure des index principaux. Ces index sont calculés en fonction de la vitesse systolique maximum (S), de la vitesse résiduelle en télédiastole (D) et de la vitesse moyenne (M). Les principaux index utiles en gynécologie sont l'index de résistance de Pourcelot (IR) et l'index de pulsativité (IP).

$$IR = (S - D)/S \text{ et } IP = (S - D)/M$$

Ces index augmentent avec la résistance du vaisseau.

Chez une femme en période d'activité génitale, l'artère utérine a physiologiquement un flux à moyenne résistance avec un IR compris entre 0,5 et 0,9 et un IP compris entre 1,5 et 3.

Autres artères participant à la vascularisation de l'utérus

Le Doppler couleur permet également la visualisation des artères du myomètre.

À l'état normal, il n'est pas retrouvé de vaisseaux endométriaux sauf parfois en phase sécrétoire au Doppler énergie, c'est pourquoi toute hypervascularisation intra-endométriale doit être considérée comme suspecte.

Doppler ovarien

Il s'effectue dans le parenchyme ovarien avec si possible une étude en Doppler énergie permettant de détecter des flux lents. Le flux ovarien varie au cours du cycle menstruel avec une vascularisation modérée en début de cycle visualisable sous la forme d'une vascularisation du stroma ovarien.

En phase périovulatoire, du côté de l'ovulation, une augmentation du flux ovarien se traduit par l'apparition dans la paroi du follicule d'un anneau coloré.

Après la rupture folliculaire, lors de la phase lutéale, on visualise un corps jaune entouré d'un halo coloré. L'IR intra-ovarien de l'ordre de 0,65 en 1^{re} partie de cycle diminue jusqu'à 0,45 au 21^e jour du cycle (fig. 11.6b) puis remonte progressivement au fur et à mesure de l'involution du corps jaune. À partir du 24^e jour du cycle, on ne retrouve plus de différence significative entre les deux ovaires. Cette étude du flux ovarien est donc très intéressante dans le dépistage des troubles de l'ovulation.

Autres structures pelviennes

Le cul-de-sac de Douglas représente le point le plus déclive de la cavité péritonéale. En cas d'épanchement, on observe une image anéchogène en arrière du col utérin. Il peut exister de petits épanchements physiologiques (période ovulatoire, période menstruelle).

La vessie révèle un contenu liquidien pur et une paroi fine en réplétion.

Les structures digestives peuvent gêner l'examen et parfois être source d'erreurs diagnostiques.

La variabilité de ces images dans le temps constitue le meilleur critère différentiel avec une image organique.

Les gros vaisseaux iliaques primitifs et externes sont souvent bien vus. L'intérêt du Doppler est ici évident.

Les muscles piriformes ou pyramidaux qui constituent la paroi postéro-inférieure du pelvis, peuvent être confondus avec les ovaires.

Images non gynécologiques

- Images urologiques :
 - *rein pelvien* : il doit entraîner un contrôle des fosses lombaires;
 - *pathologie urétérale* : reflux vésico-urétéral, méga-uretère, urétéro-hydronéphrose, calcul, etc.;
 - *tumeur de la vessie, urétérocèle*.
 - Images digestives :
 - *anses grêles* ou *rectosigmoïde* posant des problèmes diagnostiques surtout si remplis de liquide. Un péristaltisme et la variabilité de l'image seront des éléments du diagnostic différentiel;
 - *masses digestives* telles qu'un abcès ou une tumeur.
 - Images vasculaires :
 - varices pelviennes;
 - anévrismes et fistules artérioveineuses hypogastriques.

Le Doppler prend ici toute sa valeur.
 - **Adénopathies pelviennes** se présentent comme des masses homogènes souvent très hypoéchogènes le long des axes vasculaires.
 - **Collections postopératoires** telles que l'hématome et la lymphocèle.
- Enfin une échographie abdominale peut retrouver un *syndrome de Fitz-Hugh-Curtis* dans le cadre d'une salpingite à *Chlamydiae* se traduisant par un petit épanchement périhépatique avec une vésicule biliaire normale.

Points essentiels

- L'essentiel de l'examen est effectué par une voie endovaginale qui permet d'obtenir une excellente définition des images.
- On étudie essentiellement :
 - l'utérus dont la taille est mesurée, variable selon l'âge et la parité;
 - le myomètre qui a une échostructure homogène, isoéchogène aux muscles et l'endomètre qui subit des variations cycliques;
 - les ovaires de forme ovoïde mesurant 25 à 35 mm de grand axe avec un volume de 4 à 8 cm³ en période d'activité génitale et dont l'échostructure évolue selon le cycle.
- Un examen Doppler complète l'échographie si nécessaire :
 - chez une femme en période d'activité génitale, l'artère utérine a physiologiquement un flux à moyenne résistance avec un IR compris entre 0,5 et 0,9 et un IP compris entre 1,5 et 3;
 - à l'état normal, il n'est pas retrouvé de vaisseaux endométriaux au Doppler couleure sauf parfois en phase sécrétoire au Doppler énergie, c'est pourquoi toute hypervascularisation intra-endométriale doit être considérée comme suspecte;
 - l'étude du flux ovarien peut être utile dans le dépistage des troubles de l'ovulation.

Particularités chez la femme ménopausée

Nous distinguerons la ménopause sans traitement hormonal substitutif (THS) de la ménopause avec THS.

Ménopause en absence de THS

La carence œstrogénique est responsable d'une involution progressive de l'utérus dont la hauteur diminue de 6 à 3 cm. On visualise fréquemment des calcifications myométriales d'origine vasculaire ou fibromateuse.

L'endomètre est classiquement hypoéchogène avec une épaisseur le plus souvent inférieure à 2-3 mm et ne devant pas dépasser 5 mm (fig. 11.7a). Une lame

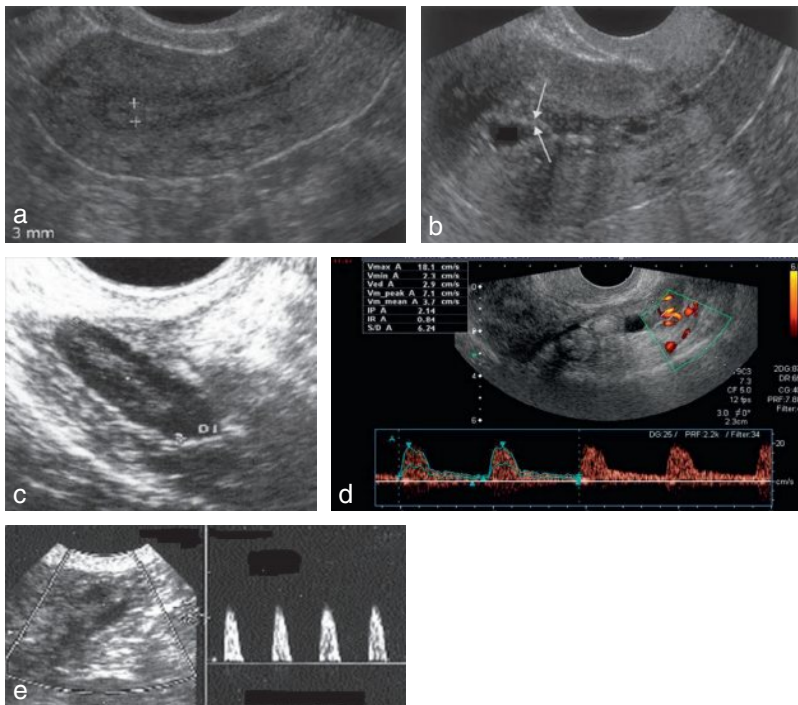


Fig. 11.7 Ménopause en l'absence de THS.

a. Endomètre hyperéchogène de 3 mm d'épaisseur. b. Présence d'une lame d'hydrométrie anéchogène, témoignant d'une sténose fibreuse physiologique de la région cervico-isthmique. c. Ovaires de petite taille. d. Doppler des artères utérines d'une femme ménopausée depuis moins de 2 ans : présence d'un petit flux diastolique résiduel non pathologique témoignant d'une activité hormonale à minima (IR = 0,84 et IP = 2,14). e. Doppler des artères utérines d'une femme ayant une ménopause confirmée : présence d'un flux à haute résistance avec un pic systolique étroit et un flux diastolique nul témoignant de l'absence d'activité œstrogénique, voire un *reverse flow* (IR = 1 et IP = 4).

d'hydrométrie anéchogène, témoignant d'une sténose fibreuse physiologique de la région cervico-isthmique est parfois retrouvée (fig. 11.7b). Au Doppler, il n'est pas retrouvé de flux endométrial.

Les ovaires diminuent progressivement de taille et il peut être plus difficile de les visualiser quand elle devient inférieure à 20 mm (fig. 11.7c).

En début de ménopause, une activité folliculaire résiduelle peut être retrouvée avec même la présence d'éventuels kystes fonctionnels. Par la suite, les ovaires ont une échostructure qui devient globalement homogène.

Le Doppler des artères utérines retrouve en cas de ménopause récente, inférieure à 2 ans, une activité hormonale *a minima* avec la présence d'un petit flux diastolique résiduel non pathologique. L'IR est supérieur à 0,8 et l'IP supérieur à 2 (fig. 11.7d).

Lorsque la ménopause est confirmée, le Doppler des artères utérines retrouve un flux à haute résistance avec un pic systolique étroit et un flux diastolique nul témoignant de l'absence d'activité œstrogénique, voire un *reverse flow*. L'IR est égal à 1 et l'IP supérieur à 3 (fig. 11.7e).

Ménopause sous THS

Le THS repose sur la prise d'œstrogènes et de progestérone. Les œstrogènes permettent par leur action vasodilatatrice de diminuer les risques cardiovasculaires. Ils sont associés à de la progestérone en raison du risque d'hyperplasie endométriale voire de cancer en cas de prise isolée d'œstrogènes.

Avant la mise sous THS, l'écho-Doppler permettra de dépister d'éventuelles anomalies utéro-ovariennes et de rechercher des signes d'imprégnation œstrogénique résiduelle pouvant faire discuter l'opportunité du THS.

L'endomètre est fin et hypoéchogène sous œstrogènes seuls (1^{er} au 2^e jour) puis s'épaissit et devient hyperéchogène sous œstrogènes et progestatifs (12^e au 24^e jour). L'épaisseur ne doit pas excéder 8 mm.

L'échographie permet également d'effectuer la surveillance des patientes ménopausées sous traitement. Il montre une involution modérée ou absente de la hauteur utérine ainsi que la persistance de l'évolution d'éventuels fibromes ou d'une adénomyose.

Le Doppler des artères utérines retrouve un flux artériel à moyenne résistance avec un flux diastolique conservé. Dans certains cas, il est même retrouvé une incisure protodiastolique témoignant de l'imprégnation œstrogénique. Classiquement, l'IP est inférieur à 3 et l'IR compris entre 0,7 et 0,8.

Ce profil vélocimétrique peut persister quelques mois après l'arrêt du THS en raison d'un effet résiduel des œstrogènes.

La mesure de l'épaisseur de l'endomètre et les index vélocimétriques permettent d'adapter le THS. En effet, si le THS est adapté, l'endomètre ne doit pas avoir une épaisseur supérieure à 8 mm (fig. 11.8a). Une épaisseur de l'endomètre qui dépasse

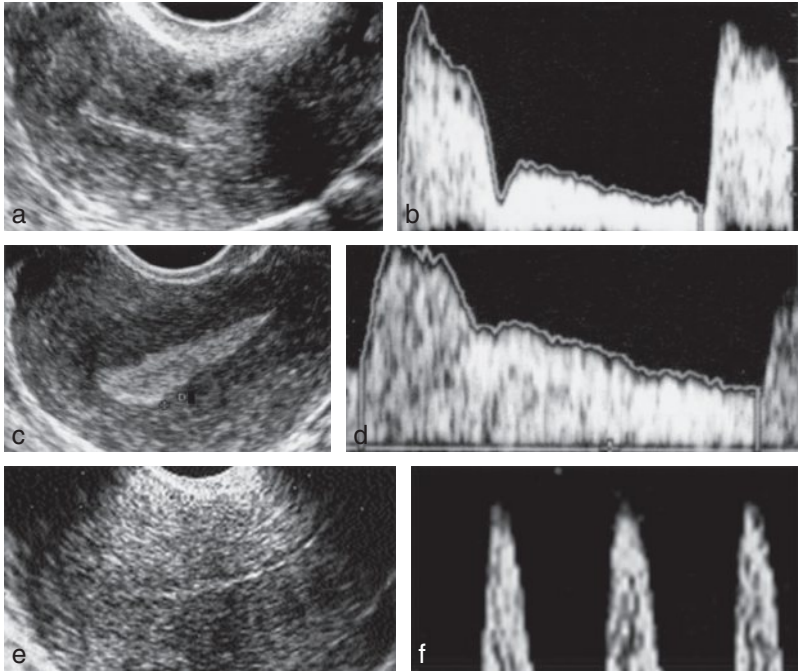


Fig. 11.8 Ménopause sous THS.

a, b. THS adapté : endomètre fin et IP = 2,4. c, d. Surdosage du THS : endomètre épais et IP = 1,3. e, f. Sous-dosage du THS : endomètre fin et IP > 3.

10 mm est en faveur d'un surdosage du TSH (fig. 11.8c) alors qu'une épaisseur de l'endomètre inférieure à 3 mm en cas de THS séquentiel est en faveur d'un sous-dosage (fig. 11.8e).

Points essentiels

Ménopause en absence de THS

- L'examen retrouve une involution progressive de l'utérus dont la hauteur diminue de 6 cm à 3 cm, l'épaisseur de l'endomètre ne doit pas dépasser 5 mm. Au Doppler, il n'est pas retrouvé de flux endométrial.
- Les ovaires diminuent de taille, leur échostructure devient globalement homogène.
- Lorsque la ménopause est confirmée, le Doppler des artères utérines retrouve un flux à haute résistance avec un pic systolique étroit et un flux diastolique nul témoignant de l'absence d'activité œstrogénique.

Ménopause sous THS

- L'épaisseur de l'endomètre ne doit pas excéder 8 mm.
- Le Doppler des artères utérines retrouve un flux artériel à moyenne résistance avec un flux diastolique conservé. Classiquement, l'IP est inférieur à 3 et l'IR compris entre 0,7 et 0,8.
- La mesure de l'épaisseur de l'endomètre et les index vélocimétriques permettent d'adapter le THS.
- L'écho-Doppler peut également être contributif chez une patiente ménopausée sous THS devant l'apparition de métrorragies.

De même au Doppler, en cas de THS adapté, l'examen retrouve un flux à moyenne résistance avec un IP compris entre 2 et 3 et un IR compris entre 0,7 et 0,8 (fig. 11.8b). En cas de surdosage, le flux est à moyenne résistance, voire à basse résistance avec un IR inférieur à 0,7 (fig. 11.8d).

En cas de sous-dosage, on retrouve un flux à haute résistance avec un IP supérieur à 3 et un IR supérieur à 0,9 (fig. 11.8f).

L'écho-Doppler peut également être contributif chez une patiente ménopausée sous THS devant l'apparition de métrorragies. Celles-ci sont suspectes si elles persistent plus de 2 mois après l'instauration du THS, si elles sont abondantes et associées à des douleurs pelviennes.

Les principales étiologies recherchées sont une atrophie de la muqueuse nécessitant une adaptation de THS, la mise en évidence d'un polype ou d'une hypertrophie endométriale imposant une confirmation histologique, la visualisation d'un fibrome sous-muqueux, d'une adénomyose ou d'une endométriose réveillés par le THS.

Dispositif intra-utérin (fig. 11.9)

Situation normale

Sur les coupes sagittales, on observe l'image hyperéchogène centrale de la branche verticale, située à égale distance de la face antérieure et de la face postérieure de l'utérus. L'extrémité inférieure est au-dessus de l'isthme. L'extrémité supérieure est à environ 15-20 mm du fond utérin et à moins de 10 mm du fond de la cavité.

Sur les coupes transversales, on note un point échogène central.

Quant aux coupes frontales, elles permettent de déterminer la position exacte du dispositif intra-utérin.



Remarque

Certains DIU, à base de progestérone, sont peu échogènes et peuvent être d'individualisation plus difficile.

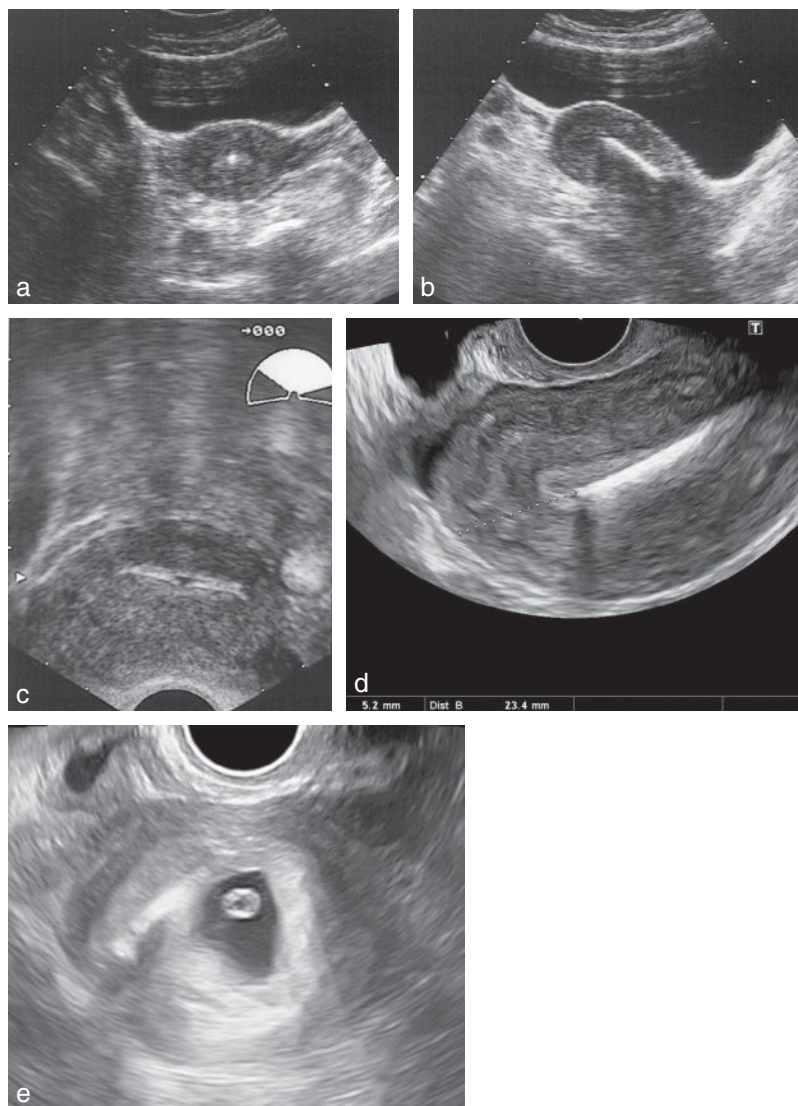


Fig. 11.9 Dispositif intra-utérin (DIU).

- a. Coupe transversale, voie sus-pubienne. b. Coupe longitudinale, voie sus-pubienne.
c. Coupe transversale, voie endovaginale. d. Coupe longitudinale, voie endovaginale.
e. DIU et grossesse intra-utérine.

Situation pathologique

Lorsque le DIU est trop bas, il est visible dans la région cervico-isthmique, la ligne cavitaire étant libre au-dessus.

Si le DIU est basculé, il est apprécié principalement sur des coupes frontales.

Dans le cas où le DIU est intramural, il est excentré et visible en partie dans le myomètre.

Enfin, quand le DIU est extra-utérin, il n'est pas visualisé à l'échographie, il est nécessaire de pratiquer un ASP et si besoin un scanner.

Associations pathologiques

Elles sont possibles avec des myomes interstitiels qui déforment la cavité et rendent difficile l'appréciation exacte de la situation du DIU (dispositif intra-utérin), et avec une grossesse : l'ablation du DIU est alors à discuter selon sa localisation par rapport à l'œuf.

Échoanatomie pathologique

Malformations (fig. 11.10)

L'échographie peut dépister des malformations utérines. Il est préférable de la réaliser en 2^e partie de cycle menstruel entre le 20^e et le 28^e jour du cycle. Elle participe au diagnostic de la plupart des malformations, en intégrant les données de l'examen clinique et de l'HSG (hystérosalpingographie), voire de la coelioscopie.

Par ailleurs, on peut être amené à découvrir fortuitement une malformation à l'occasion d'une échographie pratiquée pour un autre motif.

L'IRM du pelvis complète le bilan en donnant des renseignements anatomiques très précieux.

Nous rappellerons simplement les principales entités.

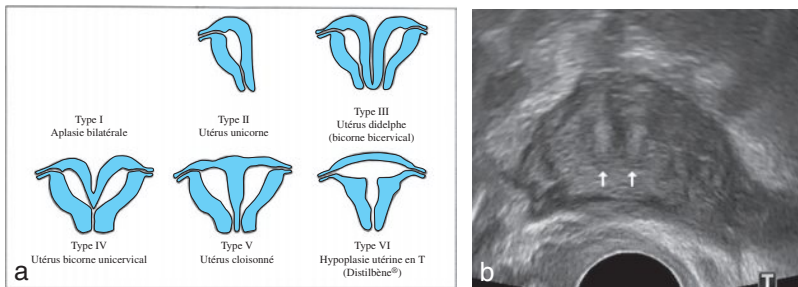


Fig. 11.10 Malformations utérines.

a. Classification d'après l'American Fertility Society. b. Utérus cloisonné, visualisation des 2 hémimatrices.

Aplasies utérines complètes ou incomplètes

Aplasia unilatérale = utérus unicorne.

Des anomalies congénitales rénales sont associées en cas d'utérus unicorne ou bicorne.

Hémimatrices

Elles comprennent :

- l'utérus bicorne bicervical avec hémivagin borgne non communiquant;
- l'utérus bicorne bicervical perméable;
- l'utérus bicorne unicervical.

Utérus cloisonnés

Ce sont les malformations les plus fréquentes.

Le diagnostic se fait devant une seule masse utérine avec une cloison hypoéchogène séparant deux hémicavités à axes convergents.

En pratique, il convient de différencier les utérus cloisonnés des utérus bicornes.

On s'aide des signes suivants :

- une seule masse utérine sans insinuation de la paroi vésicale postérieure entre deux hémimatrices (signe du V vésical, spécifique des utérus bicornes);
- pas d'anomalie rénale associée;
- visibilité de la cloison facilitée par la voie vaginale.

Anomalies cervicales et vaginales

On distingue :

- les atrésies;
- les diaphragmes;
- l'imperforation hyménéale.

Endomètre pathologique (fig. 11.11)

La voie endovaginale est indispensable à tout examen.

L'épaisseur de l'endomètre doit être corrélée au jour du cycle menstruel chez les femmes en période d'activité génitale.

On réalise l'échographie en fin de phase proliférative (J8–J13) en cas de suspicion de polype et en fin de cycle menstruel (J20–J28) en cas de suspicion de myome sous-muqueux ou de myome interstitiel à composante sous-muqueuse, de malformation utérine, d'hypertrophie endométriale.

Une hystérosonographie permet si besoin de compléter l'étude de l'endomètre. Elle consiste en une injection intracavitaire d'une solution saline sous contrôle échographique entraînant une distension de la cavité, ce qui permet une meilleure visualisation d'une éventuelle anomalie endométriale.

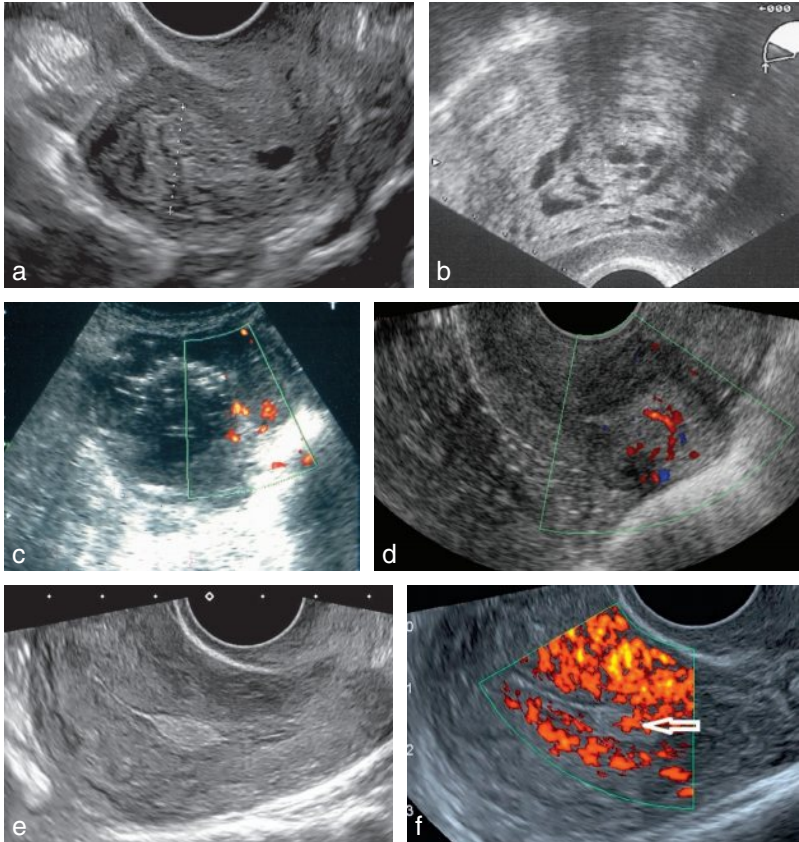


Fig. 11.11 Pathologie de l'endomètre.

a. Hyperplasie endométriale. b. Hyperplasie endométriale glandulokystique. c. Cancer de l'endomètre : masse endométriale, mal limitée, hétérogène, vascularisée avec plage nécrotique centrale et présence de petites images punctiformes hyperéchogènes compatibles avec de l'air. d. Cancer de l'endomètre avec vascularisation au Doppler couleur. e. Polype muqueux de $9,5 \times 6,5$ mm. f. Visualisation du pédicule vasculaire du polype au Doppler.

Atrophie de l'endomètre

Une bande hypoéchogène d'épaisseur inférieure à 5 mm traduit une atrophie muqueuse en rapport soit avec un état physiologique (début de cycle, ménopause non traitée), soit avec une insuffisance œstrogénique, soit avec la contraception (pilules minidosées).

L'atrophie kystique est une forme particulière qui se rencontre souvent chez les patientes sous tamoxifène (anti-œstrogène utilisé dans le traitement des néoplasies mammaires). Il s'agit d'une atrophie « pseudo-hypertrophique » par développement de nombreux microkystes endométriaux.

Hypertrophie de l'endomètre

Elle se traduit par un épaississement diffus de l'endomètre (≥ 15 mm, pouvant atteindre 40 mm).

Elle peut être simple, homogène ou glandulokystique, contenant de petites images liquidiennes.

Cancer de l'endomètre

Par voie sus-pubienne, son aspect est souvent identique à l'hypertrophie simple. La voie endovaginale, nettement plus performante, peut mettre en évidence un épaississement localisé, irrégulier de l'endomètre, une infiltration du myomètre avec l'absence de limite nette entre endomètre et myomètre.

Une hystérosonographie peut être utile afin de préciser la limite inférieure de la lésion à la recherche d'une extension au col utérin. Il est également possible d'effectuer des biopsies lors de l'examen.

Le Doppler est contributif quand il met en évidence la néovascularisation tumorale du cancer. La visualisation d'un flux endométrial impose la réalisation de biopsies sous hystéroscopie ou hystérosonographie

Le Doppler des artères utérines peut également être contributif en retrouvant en cas de forme diffuse d'un cancer de l'endomètre un IP inférieur à 1,5. En revanche, dans les formes localisées de cancer, le faible volume tumoral n'a pas de répercussion sur l'analyse du Doppler des artères utérines. De plus, la diminution de l'IR (en raison de l'augmentation du flux diastolique) est peu spécifique, pouvant être retrouvée aussi bien en cas d'hyperplasie simple que de cancer.

Polypes muqueux

Il s'agit d'une image hyperéchogène centrée sur la ligne cavitaire posant le problème de diagnostic différentiel avec un myome sous-muqueux sessile ou pédiculé. Celui-ci est cependant, en général, plus volumineux, hypoéchogène et refoulant la ligne cavitaire. Par ailleurs, en fonction des variations physiologiques du cycle, les polypes muqueux seront mieux visualisés en fin de 1^{re} partie, alors que les myomes sous-muqueux seront recherchés en fin de cycle.

Ils mesurent entre 5 et 15 mm, ont une forme arrondie, une échostructure homogène avec parfois des petites images liquidiennes.

L'hystérosonographie permet de mieux visualiser le polype en le décollant du reste de l'endomètre.

Le Doppler peut être contributif en permettant de visualiser le pédicule vasculaire du polype.

Autres images endocavitaires

On peut observer :

- une hématométrie qui donne une image liquidienne centrale à contenu plus ou moins échogène. Parfois on note des images de caillots (formations échogènes);
- une pyométrie au contenu très hétérogène (gaz);
- des images gravidiques normales ou pathologiques;
- des synéchies : en général toujours iatrogènes (post-curetage);
- des calcifications endométriales : post-infectieuses (endométrite), post-curetage ou en cas de métaplasie ostéoïde.

Fibromyomes utérins

Ce sont des tumeurs bénignes, très fréquentes, rencontrées chez 20 à 30 % des femmes de plus de 35 ans (fig. 11.12 et 11.13).

Leur involution post-ménopausique est habituelle en l'absence de THS.

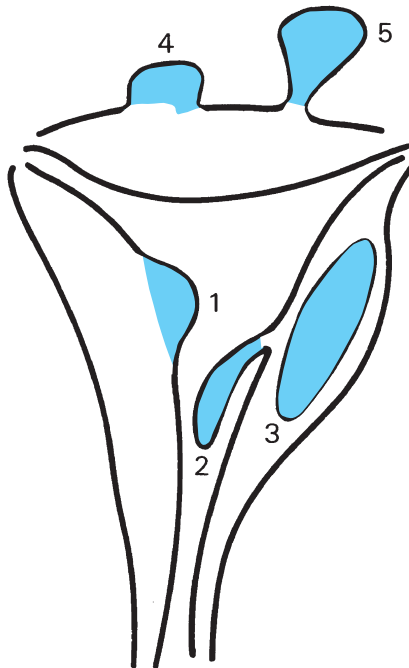


Fig. 11.12 Fibromyomes (différentes localisations).

1. Sous-muqueux sessile (classe 1 ou 2).
2. Sous-muqueux pédiculé (classe 0).
3. Interstitiel (classe 3 ou 4).
4. Sous-séreux sessile (classe 5 ou 6).
5. Sous-séreux pédiculé (classe 7).

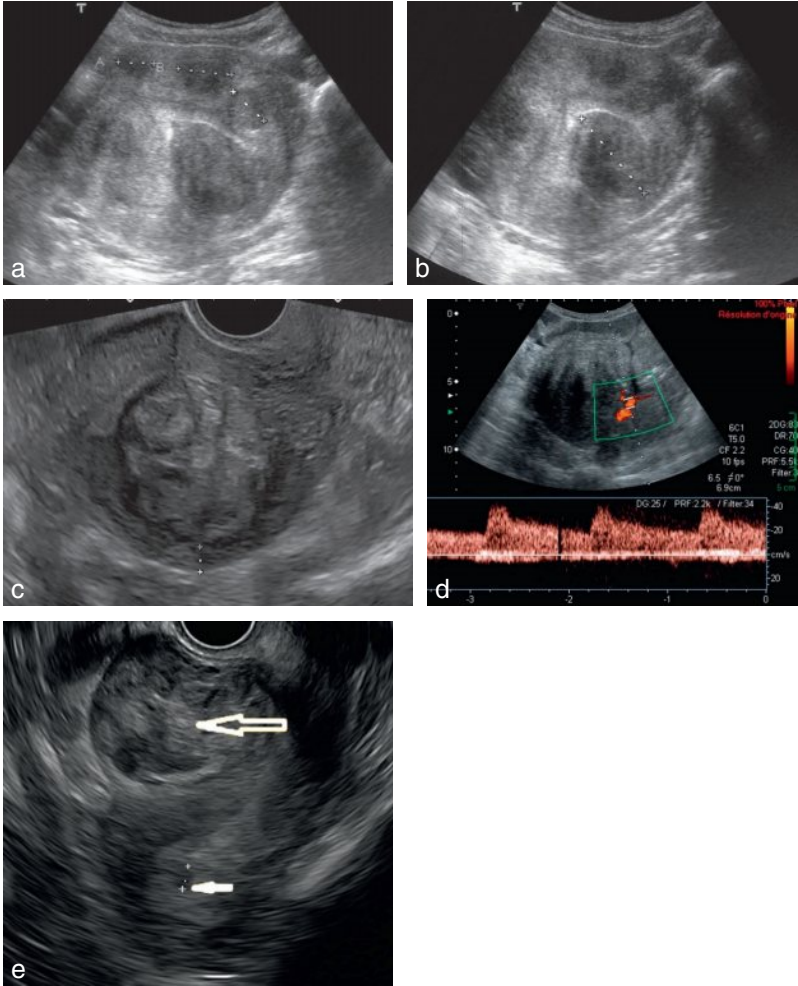


Fig. 11.13 Myomes.

a. Trois myomes interstitiels et un fibrome sous-muqueux. b. Fibrome sous-muqueux. c. Myome interstitiel. Mesure de la distance à la séreuse. d. Myome sous-séreux pédiculé. Visualisation du pédicule vasculaire au Doppler. e. Myome sous-séreux et sac ovulaire intracavitaire.

L'échographie permet de déterminer :

- leur nombre ;
- leur siège :
- sous-muqueux, se présentant comme une petite masse hypoéchogène à proximité de la cavité. S'il est pédiculé, il faut le distinguer du polype muqueux (image en général hyperéchogène centrée sur la ligne cavitaire).

- Ils sont de classe 0 (pédiculé intracavitaire), 1 ou 2 (fonction de la participation sous-muqueuse : classe 1 si < 50 % intramural, classe 2 si > 50 % intramural),
- interstitiel (intramural), dans la paroi, déformant plus ou moins les contours utérins et la ligne cavitaire; de classe 3 (100 % intramural au contact de l'endomètre) ou 4 (intramural),
 - sous-séreux, modifiant nettement le contour utérin. Les fibromes intramuraux à dôme sous-séreux sont de classe 5 (sous-séreux intramural < 50 %), les myomes sous-séreux à large base d'implantation de classe 6 (sous-séreux intramural > 50 %), et les myomes sous-séreux pédiculés de classe 7.
 - cervical, autre classe 8.

Le diagnostic différentiel est parfois difficile avec une masse annexielle en cas de fibrome pédiculé à pédicule long et étroit; Le Doppler peut être contributif en permettant de visualiser le pédicule vasculaire du fibrome sous-séreux pédiculé;

- leur taille;
- leur *échostructure*, également variable, appréciée par rapport au myomètre (hypo, iso ou hyper). Les myomes les plus récents sont plutôt hypoéchogènes, les gros fibromes sont plutôt hétérogènes et les fibromes vieilliss présentent des calcifications. Leur vascularisation sera appréciée au Doppler. Typiquement il s'agit d'un encoirbellement avec une faible vascularisation interne (sauf en cas de myome cellulaire où la vascularisation interne est plus importante).

Complications

Elles peuvent se voir avec :

- un *retentissement sur les structures voisines* : vessie, rectum, uretères (\pm hydronéphrose);
- des *transformations œdémateuses* signalées par l'augmentation de volume et une hypoéchogénéité diffuse et accentuée;
- une *nécrobiose aseptique* traduite par l'apparition de zones liquidiennes irrégulières;
- la *torsion* d'un fibrome pédiculé.

Diagnostic différentiel

Il se pose avec :

- un *utérus rétroversé*. L'hypoéchogénéité et l'aspect renflé du fond utérin par voie sus-pubienne sont classiques. Le repérage de la ligne cavitaire par voie endovaginale est important;
- des *masses annexielles*. En cas de fibrome sous-séreux pédiculé, le diagnostic est facile si le pédicule est visualisé et qu'on retrouve un ovaire homolatéral normal;
- une *adénomyose*.

Fibrome et grossesse

On observe une augmentation rapide des fibromes au début de grossesse avec un possible obstacle praevia (isthme, col) et le risque de torsion d'un fibrome pédiculé voire de nécrobiose dans le post-partum.

Adénomyose (fig. 11.14)

Il s'agit d'une localisation ectopique myométriale de l'endomètre (endométriose utérine).

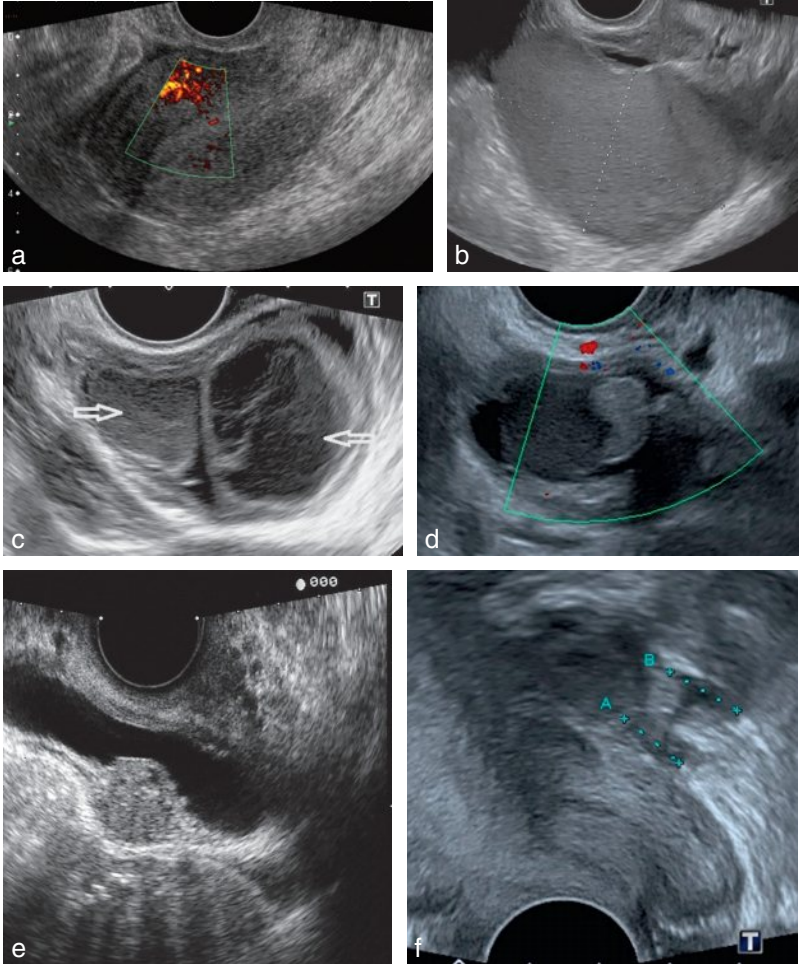


Fig. 11.14 Endométriose.

a. Adénomyose diffuse avec aspect légèrement hétérogène du myomètre, asymétrie d'épaisseur au profit du myomètre postérieur et hypervascularisation diffuse du myomètre au Doppler couleur. b. Endométriome ou kyste endométriosique ovarien. c. Endométriome et corps jaune. d. Endométriome le siège de caillots (pas de vascularisation des caillots au Doppler). e. Nodule endométriosique saillant dans la vessie. f. Nodule du torus et nodule digestif (image en sablier).

L'atteinte est diffuse ou localisée :

■ *dans la forme diffuse*, il existe un utérus augmenté de volume, globuleux, d'échostructure légèrement hétérogène, de type fibreux avec un épaissement préférentiel de la paroi postérieure du myomètre et une hypervascularisation diffuse du myomètre au Doppler couleur (fig. 11.14a). On recherchera des petites structures glandulaires kystiques situées à la jonction endomètre-myomètre interne ou plus en profondeur dans le myomètre;

■ *dans la forme localisée ou adénomyome*, il s'agit le plus souvent d'un noyau hypoéchogène posant le problème d'un fibrome mais dont les limites sont moins nettes que ce dernier avec un effet de masse moindre. Au Doppler couleur, à la différence des myomes, l'adénomyome est traversé par les vaisseaux sans encorbellement.

Parfois il peut s'y associer un kyste endométriosique de l'ovaire (cf. ci-dessous) ou une endométriose profonde

L'IRM et l'hystérosalpingographie contribuent alors au diagnostic.

Points essentiels

- L'échographie permet d'apprécier la localisation d'un DIU, dépister des malformations utérines, rechercher une anomalie endométriale.
- Une hystérosonographie permet si besoin de compléter l'étude de l'endomètre et d'effectuer des biopsies.
- Le Doppler est contributif quand il met en évidence la néovascularisation tumorale d'un cancer de l'endomètre. La visualisation d'un flux endométrial impose la réalisation de biopsies sous hystérocopie ou hystérosonographie.
- L'examen peut retrouver des polypes ou des myomes sous-muqueux (polypes classiquement hyperéchogènes mieux visualisés en fin de 1^{re} partie, myomes sous-muqueux recherchés en fin de cycle). Le Doppler peut être contributif en permettant de visualiser le pédicule vasculaire du polype.
- L'échographie peut visualiser des myomes dont on précisera le nombre, le siège (sous-muqueux, interstitiel, sous-séreux). Le Doppler peut être contributif en permettant de visualiser le pédicule vasculaire du fibrome sous-séreux pédiculé. On précisera également leur taille, leur échostructure, leur vascularisation appréciée au Doppler (typiquement il s'agit d'un encorbellement avec une faible vascularisation interne).
- L'examen peut retrouver une adénomyose diffuse ou localisée sous la forme d'un noyau hypoéchogène posant le problème d'un fibrome mais dont les limites sont moins nettes que ce dernier avec un effet de masse moindre. Au Doppler couleur, l'adénomyome est traversé par les vaisseaux sans encorbellement.

Pathologie tubaire

Pathologie infectieuse

Il s'agit en général d'une voie ascendante avec un point de départ vulvo-vaginal (plus ou moins parlant cliniquement), puis l'apparition successive d'une endocervicite, d'une endométrite, d'une salpingite et enfin d'une pelvipéritonite.

L'échographie, peu spécifique, permet cependant de guider la cœlioscopie, indispensable au diagnostic et au traitement.

Salpingite aiguë

L'échographie n'a pas de traduction précise, si ce n'est la mise en évidence d'un épanchement pelvien toujours possible.

Pyosalpinx

Il se présente comme une grosse trompe à paroi épaisse et à contenu purulent (fig. 11.15).

La clinique associe à une masse annexielle douloureuse un contexte infectieux.

À l'échographie, on observe une image allongée latéro-utérine à orientation postéro-inférieure et à contenu liquidien épais avec cloisons et parois épaisses.

Hydrosalpinx

Au stade séquellaire, il existe une dilatation kystique de la trompe de taille variable.

La clinique reste le plus souvent asymptomatique.

L'échographie (fig. 11.16) montre des images à contenu liquidien pur se moulant sur les structures adjacentes. La bilatéralité est fréquente.

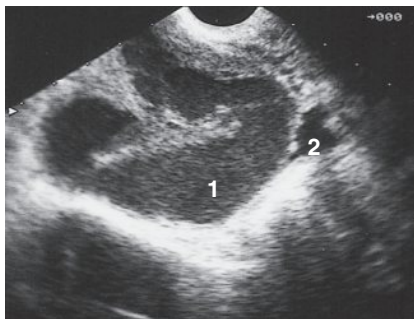


Fig. 11.15 Pyosalpinx.

1. Trompe dilatée à contenu échogène. 2. Lame liquidienne dans le cul-de-sac de Douglas.

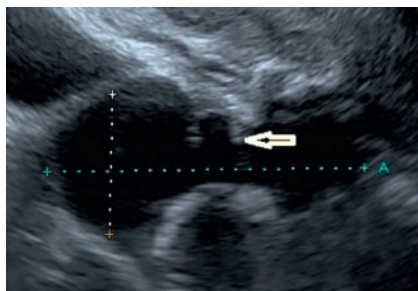


Fig. 11.16 Hydrosalpinx.

Trompe dilatée à contenu anéchogène. Visualisation des haustrations tubaires.

Infections ovariennes associées

Elles sont fréquentes dans l'infection tubaire.

Atteinte péritonéale

Elle peut se traduire par un épanchement du Douglas dont ni la présence ni l'abondance ne sont spécifiques.

Abcès du Douglas

Il est rare.

Pathologie tumorale

Elle est très rare. Son diagnostic est chirurgical.

Kystes paratubaires

Ils sont de taille variable mais parfois très volumineux.

Le diagnostic repose sur le caractère non fonctionnel du kyste et la visualisation d'un ovaire homolatéral normal en dehors de la formation kystique.

Torsion d'annexe

Elle peut être celle d'un hydrosalpinx ou d'un kyste ovarien.

Le diagnostic est clinique et échographique; il est suspecté sur des modifications d'une image connue (augmentation de taille, apparition d'échos internes, douleurs au passage de la sonde).

Grossesse extra-utérine (GEU) (fig. 11.17)

Il s'agit d'une pathologie de diagnostic pouvant être difficile.

Il faut savoir éliminer ce diagnostic de façon précoce et l'échographie, couplée aux dosages biologiques, constitue la meilleure technique. Elle permet un diagnostic d'exclusion en visualisant un sac ovulaire intracavitaire. L'association GEU-GIU est en effet exceptionnelle en dehors des stimulations ovariennes.

Les *facteurs favorisants* sont :

- des antécédents infectieux ou chirurgicaux tubaires;
- la présence d'un DIU.

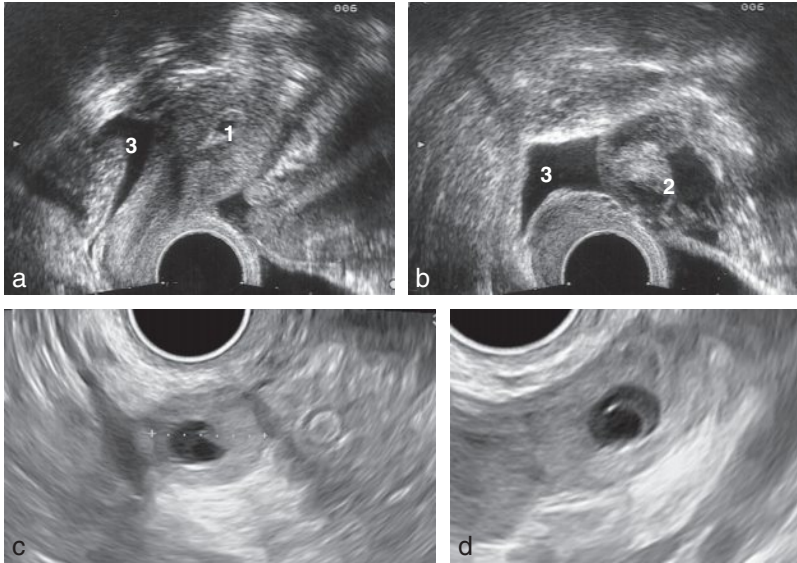


Fig. 11.17 Grossesse extra-utérine (voie vaginale).

a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale. c. Sac ovulaire extra-utérin. d. Sac ovulaire extra-utérin contenant une vésicule vitelline. 1. Pseudo-sac. 2. Hématosalpinx. 3. Hémopéritoine.

Le tableau clinique montre la triade classique associant un retard de règles, des métrorragies et une masse annexielle douloureuse.

Le contexte clinique et les facteurs favorisants peuvent cependant manquer. Il faut alors s'attacher à mettre en évidence :

- *des signes directs* dans la trompe (portion ampullaire) où se développe le plus souvent la GEU. La visibilité d'un sac ovulaire, en situation latéro-utérine, pouvant contenir un embryon est quant à elle une éventualité rare ;
- *des signes indirects* au niveau de l'utérus, des annexes et du péritoine. Au niveau de l'utérus, c'est avant tout l'absence de sac ovulaire intra-utérin, tout en sachant que l'endomètre, souvent épaissi (déciidualisé), peut saigner et entraîner un aspect de pseudo-sac. Il s'agit alors d'une image liquidienne que l'on distingue d'un œuf intra-utérin sur les signes suivants : siège médian, disparition de la ligne cavitaire, une seule couronne faiblement échogène ;
- *des signes annexiels* où la forme type est représentée par un hématosalpinx (masse échogène plus ou moins homogène), l'ovaire homologue étant normal ou contenant un corps jaune kystique ;
- *l'hémopéritoine* est un signe positif s'il est abondant.

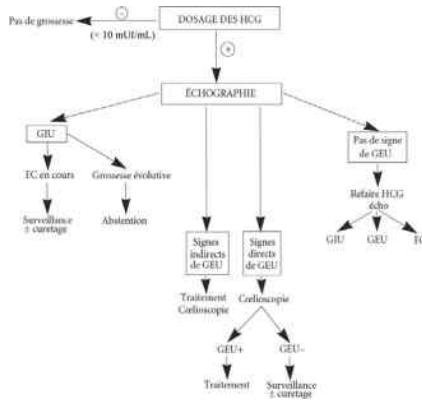


Fig. 11.18 Arbre décisionnel devant des signes cliniques évocateurs de GEU.

HCG : hormone chorionique gonadotrope ; GIU : grossesse intra-utérine ; GEU : grossesse extra-utérine ; FC : fausse couche.

La confrontation des données échographiques aux dosages de l'HCG (hormone chorionique gonadotrope) plasmatique permet schématiquement d'envisager trois cas de figure (fig. 11.18) :

- HCG < 10 mUI/mL = pas de grossesse ;
- HCG > 1000 mUI/mL = grossesse évolutive, sac intra-utérin ou œuf trop petit ou œuf extra-utérin. Il faut alors refaire un contrôle à 48 heures. Si le taux est multiplié par deux, la grossesse est évolutive et l'échographie en précisera le siège ; si le taux est stable ou a diminué, il s'agit d'une grossesse interrompue, intra ou extra-utérine.

Quant au diagnostic différentiel, il est particulièrement polymorphe. On doit faire précocement le diagnostic pour envisager un traitement conservateur de la trompe et le diagnostic repose sur un faisceau d'arguments cliniques, biologiques et échographiques.

Points essentiels

L'échographie peut aider au diagnostic de GEU en montrant l'absence de sac ovulaire intra-utérin, un hématosalpinx, un hémopéritoine. La visualisation d'un sac extra-utérin est plus rare.

Pathologie ovarienne

Dystrophies ovariennes polykystiques

Il s'agit d'une pathologie très fréquente. On retiendra essentiellement deux grandes entités : les ovaires micro et macropolykystiques.

Ovaires micropolykystiques

Ils sont d'origine endocrinienne ou idiopathique.

Le tableau clinique associe : dysménorrhée, obésité, hirsutisme et stérilité (par anovulation).

C'est une pathologie de la femme jeune (15–30 ans) et d'évolution lente.

À l'échographie, les ovaires micropolykystiques présentent une augmentation de volume bilatérale et plus ou moins symétrique, d'aspect globuleux, dont le grand axe est le plus souvent supérieur à 4 cm (fig. 11.19).

L'ovaire est le siège d'au moins 12 microkystes; on retrouve une hypertrophie du stroma se traduisant par des plages échogènes centro-ovariennes développées entre les microkystes.

Les microkystes sont de siège périphérique, d'un diamètre de 2 à 9 m. Enfin, ils sont constants quelle que soit la phase du cycle.

En pratique, le diagnostic d'ovaires micropolykystiques ne doit pas être exclusivement échographique. Il est nécessaire de le confronter aux données cliniques et biologiques.

En effet, il peut s'agir :

- de gros ovaires apparemment homogènes par voie sus-pubienne (microkystes < 3 mm);
- d'ovaires de taille subnormale avec de nombreux microkystes;
- d'ovaires apparemment normaux (pas de parallélisme échoclinique).

Le diagnostic différentiel peut se poser avec des ovaires plurifolliculaires où les formations liquidiennes se répartissent de façon harmonieuse au sein du parenchyme ovarien

Ovaires macropolykystiques

Il existe des antécédents infectieux ou chirurgicaux.

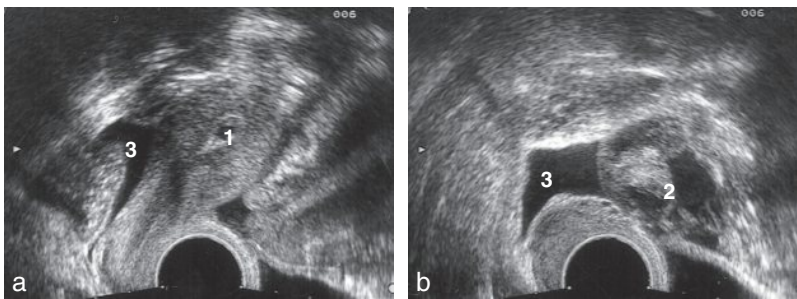


Fig. 11.19 Ovaires micropolykystiques.

a. Dystrophie ovarienne, ovaires micropolykystiques, gros ovaire avec nombreuses images microfolliculaires. b. Répartition préférentielle en couronne périphérique des microkystes avec hypertrophie du stroma central (sur un ovaire augmenté de volume) qui est hypervascularisé au Doppler couleur.

Le tableau clinique se compose de douleurs pelviennes, stérilité (par dysovulation), et plus rarement de dysménorrhée. On les rencontre chez les femmes légèrement plus âgées (25–45 ans) avec une évolution souvent rapide et brutale.

À l'échographie, les ovaires macropolykystiques se distinguent par la présence de plusieurs kystes supérieurs à 15 mm sur un ou sur les deux ovaires, avec des douleurs dans le tableau clinique et des antécédents favorisants. On note aussi une variabilité des images kystiques d'un cycle à l'autre. Enfin les kystes peuvent être parfois très volumineux.

Kystes fonctionnels

Ils sont plus fréquents que les lésions organiques. Ils sont typiquement anéchogènes, à paroi fine, et d'une taille inférieure à 6 cm (fig. 11.20 à 11.22). En fait, ils apparaissent souvent atypiques (paroi épaisse, échos internes).

Le diagnostic repose sur un critère évolutif : une régression complète, spontanée ou sous traitement freinateur, à 3 cycles lors d'un examen réalisé en début de cycle menstruel.

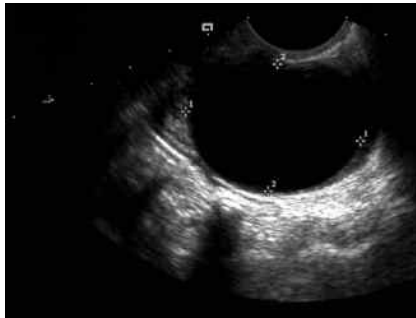


Fig. 11.20 Kyste folliculaire.

Image kystique liquidienne pure, sans cloison ni végétation qui disparaît à un contrôle ultérieur témoignant du caractère fonctionnel du kyste.

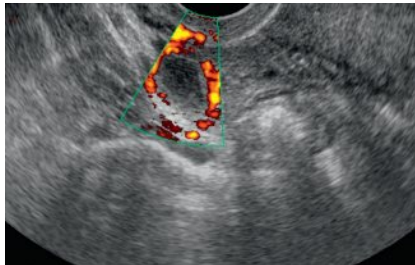


Fig. 11.21 Corps jaune entouré d'un halo coloré avec une paroi épaisse, le siège d'une hypervascularisation.



Fig. 11.22 Corps jaune hémorragique.

Image kystique contenant des échos pouvant témoigner du contenu hémorragique du kyste.

Kystes folliculaires

Ils ont l'aspect d'un gros follicule, de plus de 3 cm, parfois volumineux (5–10 cm) sans cloison ni végétation (fig. 11.20).



Remarque

La portion saine du parenchyme ovarien peut s'invaginer dans le kyste et en imposer pour une formation solide endokystique.

Kystes lutéiniques

Ils sont typiquement moins volumineux, centro-ovariens, avec une paroi un peu épaisse, crénelée et un contenu finement échogène.

Les kystes lutéiniques (fig. 11.21) du corps jaune sont fréquents, quasi physiologiques jusqu'à 3 mois de grossesse, devant disparaître au 2^e trimestre. Le Doppler retrouve une couronne vasculaire à la périphérie du kyste.

Quant aux kystes hémorragiques du corps jaune (fig. 11.22), trois possibilités doivent être envisagées :

- le kyste était connu et le diagnostic se pose devant la modification de l'image (augmentation de volume, apparition de nombreux échos internes) ;
- il s'agit d'un saignement récent, l'aspect très échogène (caillots frais) pouvant simuler une masse solide, le Doppler ne retrouve pas de vascularisation interne. L'évolution de l'image (lyse du caillot et variabilité du kyste) peut aider au diagnostic ;
- il y a un retard de règles associé : le diagnostic est alors impossible avec une GEU (hématosalpinx) sur les seules données de l'échographie.

Kystes lutéinisés

Ils résultent de la transformation de kystes folliculaires sans rupture. Ils sont uniques ou multiples et à parois épaisses.

Kystes organiques et tumeurs ovariennes

Cystadénomes séreux et séropapillaires bénins et malins (fig. 11.23)

Ils représentent 20 % des tumeurs bénignes de l'ovaire et 50 % des tumeurs malignes. La malignité augmente avec l'âge. La bilatéralité est fréquente.

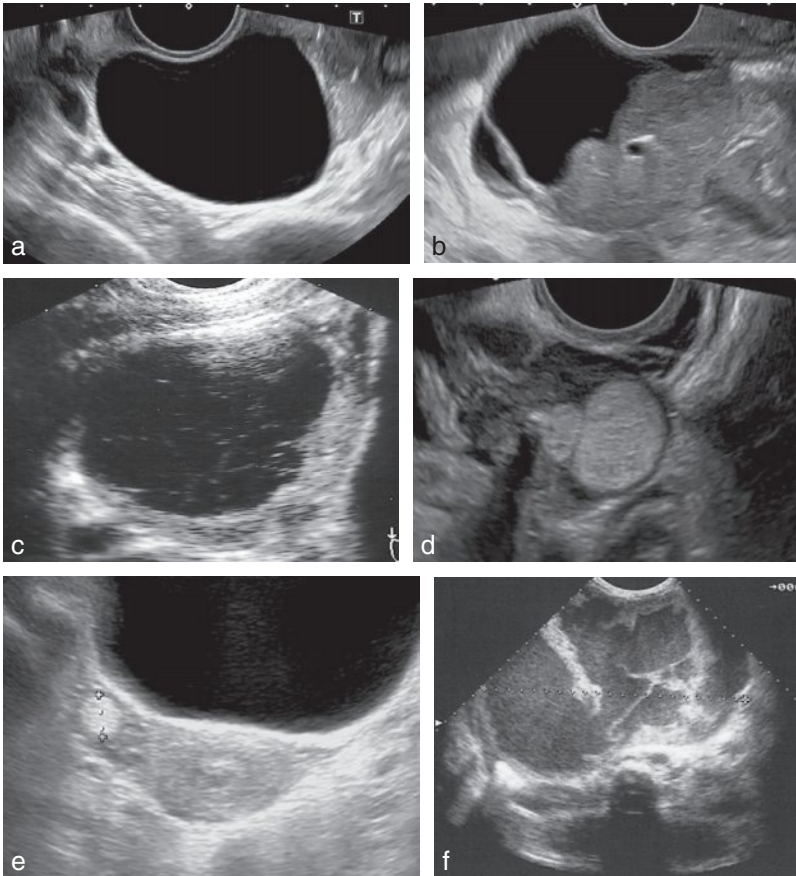


Fig. 11.23 Kystes organiques et tumeurs de l'ovaire.

a. Kyste séreux : cystadénome séreux. b. Cystadénocarcinome, composante tissulaire. c. Cystadénome mucineux. d. Kyste dermoïde avec inclusions dermoïdes. e. Inclusion dermoïde (voie sus-pubienne). f. Cancer de l'ovaire avec ascite et carcinose péritonéale.

À l'échographie, on distingue :

- des formes liquidiennes pures uniloculées qui ont l'aspect d'un kyste fonctionnel. Leur caractère organique ne pourra être affirmé que sur l'absence de régression dans le temps. La taille n'est pas un critère très discriminatif car il existe des kystes fonctionnels de 10 cm, et à l'inverse des kystes organiques de 3 cm ;
- des formes liquidiennes pures multiloculées qui ont le même aspect avec présence de fines cloisons régulières ;
- des formes mixtes montrant des végétations endokystiques plus ou moins nombreuses, étendues et volumineuses ;
- des formes solides pures, où les végétations occupent tout le volume du kyste. On recherchera une vascularisation des végétations au Doppler énergie.

Des arguments de présomption de bénignité existent : un kyste uniloculaire, la présence d'un renforcement postérieur, des contours internes lisses dans les kystes multiloculaires inférieurs à 10 cm, une éventuelle portion solide ne dépassant pas 7 mm et sans vascularisation au Doppler.

Des arguments de présomption de malignité existent. Le risque augmente en effet avec l'hétérogénéité de l'échostructure, quand le nombre des végétations est supérieur à 4, et devient majeur quand la partie solide prédomine sur la partie liquide.

De même, une tumeur kystique multiloculaire et solide de plus de 10 cm est très suspecte.

Les autres éléments de suspicion sont des contours irréguliers, rigides (adhérences), une fixité de la masse, une ascite et la bilatéralité.

Cystadénomes mucineux bénins ou malins (fig. 11.23c)

Ils sont fréquents, constituant 20 % des tumeurs bénignes et 17 % des tumeurs malignes. Ils se rencontrent chez la femme de 30 à 60 ans.

À l'échographie, on repère :

- les kystes simples uniloculés, arrondis dont le contenu est finement échogène (liquide épais) ;
- les kystes multiloculés qui sont la forme la plus fréquente. Il s'agit d'une image bien limitée contenant de multiples logettes séparées par des cloisons assez épaisses (aspect en rayon de miel) ;
- les formes hétérogènes présentent une échostructure interne très complexe, associant des plages solides hétérogènes et des zones liquidiennes.

Les arguments de présomption de malignité sont identiques à ceux des formes séropapillaires pour les critères à distance. Il n'existe aucun parallélisme entre la complexité de l'échostructure interne et le risque malin.

Kystes dermoïdes (fig. 11.23e)

Ils représentent 15 % des tumeurs ovariennes. Ils se voient essentiellement en période d'activité génitale. La forme bilatérale est fréquente.

Les aspects échographiques sont très variables, compte tenu de la présence, en proportions variées, de tissus ectopiques plus ou moins différenciés (cheveux, peau, os, dent, etc.) :

- les inclusions dermoïdes intra-ovariennes donnent des images hyperéchogènes (avec ou sans cône d'ombre postérieur) dans un ovaire de taille normale ;
- les formes liquidiennes prédominantes présentent un aspect de kyste séreux contenant une image dense absorbante ou un aspect de kyste à contenu plus ou moins échogène ;
- les formes mixtes contenant les divers composants possibles en proportions variables se traduisent par des images absorbantes très évocatrices ;
- les formes solides pures sont de diagnostic plus difficile car ces images sont souvent indissociables des anses digestives voisines. La discordance avec la clinique (masse ovarienne palpable) doit attirer l'attention et faire poursuivre les investigations (TDM ou IRM) ;
- les formes inhabituelles se présentent plus rarement sous l'aspect de kystes séropapillaires.

Kystes endométriosiques et cancers endométrioïdes

Il s'agit de la localisation ovarienne de l'endométriose sous forme kystique (cf. fig. 11.14).

L'endométriose bénigne est très fréquente (10 % des femmes en période d'activité génitale).

L'échographie retrouve des kystes de taille variable, plutôt uniloculés, souvent bilatéraux, avec un contour géométrique anguleux dont le contenu est finement échogène, assez homogène. Le diagnostic différentiel se pose avec le kyste fonctionnel (le contrôle à distance est alors nécessaire) et le kyste mucoïde uniloculé qui est très rare. Les cancers endométrioïdes sont beaucoup plus rares avec une fréquence comparable à celle des cancers mucineux.

L'échographie recherchera des remaniements hémorragiques successifs conduisant à un contenu très hétérogène et anarchique. Il n'existe dans ce cas aucune spécificité échographique. Les arguments de présomption de malignité sont des critères à distance. L'IRM est nécessaire au diagnostic.

Tumeurs ovariennes solides

Elles sont rares.

Citons les fibromes ovariens, les cancers indifférenciés, et les tumeurs de Krukenberg qui sont des métastases ovariennes de tumeurs digestives.

Points essentiels

- Les ovaires polykystiques sont une pathologie fréquente. On retrouve le plus souvent de gros ovaires le siège d'au moins 12 microkystes de siège périphérique avec une hypertrophie du stroma central.
- Les kystes fonctionnels sont fréquents, le diagnostic repose sur leur régression complète à 3 cycles.
- Les kystes lutéiniques du corps jaune sont fréquents, le Doppler retrouve une couronne vasculaire à la périphérie du kyste.
- Les kystes organiques les plus fréquents sont les cystadénomes séreux et séropapillaires bénins et malins se présentant comme des kystes liquidiens purs uniloculés qui ont l'aspect d'un kyste fonctionnel. Leur caractère organique ne pourra être affirmé que sur l'absence de régression dans le temps. Les formes liquidiennes pures multiloculées ont le même aspect avec présence de fines cloisons régulières; les formes mixtes montrent des végétations endokystiques; dans les formes solides pures, les végétations occupent tout le volume du kyste. On recherchera une vascularisation des végétations au Doppler énergie et des arguments de présomption de bénignité ou de malignité.
- On peut aussi visualiser des cystadénomes mucineux bénins ou malins le plus souvent retrouvés sous la forme de kystes multiloculés.
- Les kystes dermoïdes représentent 15 % des tumeurs ovariennes, les aspects échographiques sont très variables.
- Les kystes endométriosiques se traduisent à l'échographie par des kystes de taille variable, plutôt uniloculés, souvent bilatéraux, dont le contenu est finement échogène, assez homogène.
- Les cancers endométrioïdes sont beaucoup plus rares avec une fréquence comparable à celle des cancers mucineux.

Endométriose

Adénomyose (cf. fig. 11.14a)

Localisation ectopique de tissu endométrial dans le myomètre (cf. supra).

Endométrioles ou kystes endométriosiques (cf. fig. 11.14b, c, d)

Il s'agit d'une endométriose ovarienne (cf. supra).

Endométriose pelvienne profonde sous-péritonéale (cf. fig. 11.14e et f)

On la recherche au niveau du torus uterinum, des ligaments utérosacrés, du cul-de-sac vaginal postérieur, de la paroi antérieure du rectosigmoïde. Il s'agit de lésions nodulaires hypoéchogènes avec cône d'ombre postérieur, aux contours spiculés. Les nodules vésicaux sont hyperéchogènes, souvent le siège de petites images millimétriques anéchogènes, infiltrant la paroi postérieure de la vessie.

Pelvis opéré

Après hystérectomie subtotale, on visualise le col, en continuité avec le vagin. L'identification des ovaires est parfois moins aisée si les structures digestives sont abondantes.

Après hystérectomie totale, seul le vagin est visualisé.

Les complications postopératoires peuvent être un hématome, une lymphocèle ou un abcès, de collections rétrovésicales parfois très volumineuses et dont l'aspect échographique dépend de l'ancienneté; le diagnostic repose sur la confrontation de l'échographie et des données cliniques. Ainsi la découverte d'une lymphocèle peut être relativement tardive par rapport au geste chirurgical.

L'échographie permet de guider une éventuelle ponction percutanée de ces collections.

Échographie obstétricale

O. Anselem

PLAN DU CHAPITRE

■ 1^{er} trimestre

- Technique
- Échographie précoce avant 11 SA
- Datation et évolutivité de la grossesse
- Grossesse arrêtée
- Hématome décidual ou périovulaire
- Grossesse molaire
- Grossesse multiple
- Grossesse extra-utérine
- Examen morphologique
- Dépistage des aneuploïdies

■ 2^e et 3^e trimestres

- Technique
- Biométrie
- Examen morphologique
- Annexes fœtales
- Vitalité fœtale
- Doppler

■ Échographie du col

1^{er} trimestre

L'échographie est actuellement, en raison de son innocuité et son excellente résolution, la méthode de choix pour la surveillance de la grossesse et le dépistage des malformations fœtales.

En l'absence d'antécédent ou de pathologie particulière, il est préconisé de réaliser la 1^{re} échographie entre 11 et 13 semaines d'aménorrhée (SA) plus 6 jours. Elle a pour objectifs de confirmer l'évolutivité et la date de début de grossesse, le nombre d'embryon(s) et de réaliser première analyse morphologique de l'embryon. Elle constitue également un élément important du dépistage de la trisomie 21 par la mesure de la clarté nucale. L'âge de la grossesse est exprimé en semaines d'aménorrhée comptabilisées à partir du 1^{er} jour des dernières règles.

Technique

L'examen se pratique par voie abdominale, vessie en semi-réplétion, et permet la visualisation de l'utérus, du sac ovulaire, des annexes et de l'embryon.

Cet examen peut, dans certains cas, être complété par un examen endovaginal, réalisé vessie vide :

- grossesse avant 6 SA;
- utérus rétroversé ou patiente obèse;
- suspicion de malformation fœtale;
- suspicion d'image annexielle anormale.

Le Doppler a peu d'indications au cours du 1^{er} trimestre. Son utilisation pourrait être responsable d'une élévation locale de la température, elle doit être limitée.

Échographie précoce avant 11 SA

Le sac ovulaire est visible à partir de 4 à 5 SA (ce qui correspond à un taux de β -HCG plasmatiques de 1 000 UI/mL environ) sous forme d'une image anéchogène de 2 à 3 mm, excentrée, fundique, siégeant dans l'épaisseur de l'endomètre décidualisé et entourée d'un fin anneau hyperéchogène : la couronne trophoblastique. À 5 SA, le diamètre interne du sac atteint 7 à 10 mm. Il est entouré d'une double couronne hyperéchogène, correspondant à l'accolement des caduques et du trophoblaste (fig. 12.1).

À ce terme apparaît la vésicule vitelline, structure arrondie à paroi fine de 2 à 3 mm (fig. 12.2).



Remarque

En l'absence de visualisation d'une structure embryonnaire ou de la vésicule vitelline dans le sac gestationnel, il n'est pas possible d'affirmer que l'image anéchogène observée correspond bien à un sac gestationnel et une grossesse extra-utérine ne peut être exclue.

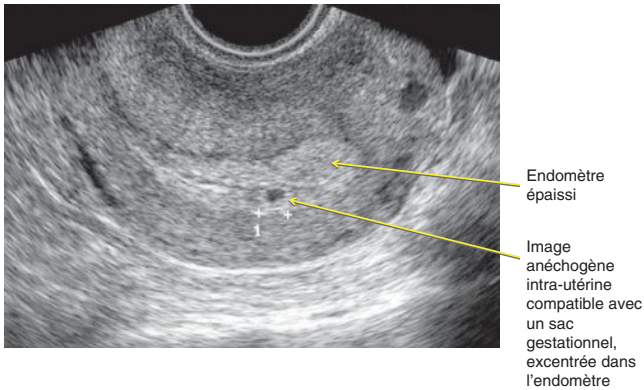


Fig. 12.1 Grossesse de 4 SA, en l'absence d'image embryonnaire ou de vésicule vitelline, il n'est pas possible d'affirmer qu'il s'agit bien d'un sac de grossesse.

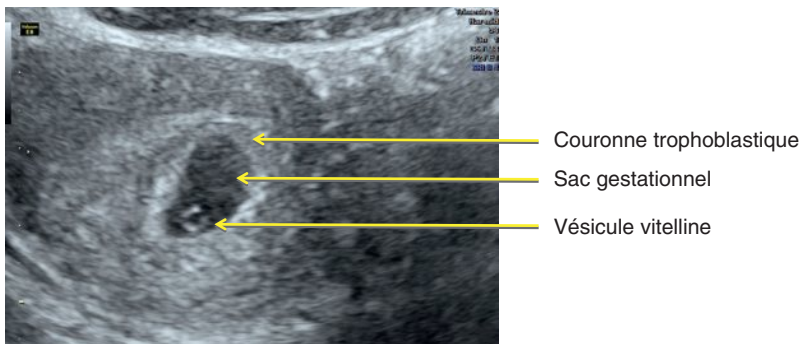


Fig. 12.2 Grossesse intra-utérine de 5 SA.

L'embryon devient visible à 6 SA sous forme d'un écho dense au contact de la vésicule vitelline (fig. 12.3). Dès que l'embryon est visible, son activité cardiaque est visualisée en temps réel. L'utilisation du Doppler pulsé n'a pas d'intérêt pour l'objectiver. Entre 6 et 8 SA, l'embryon grandit et s'incurve, on identifie un pôle céphalique renflé, un pôle caudal et l'ébauche des membres (fig. 12.4).

Les mouvements de l'embryon sont visibles dès 9 SA sous forme de mouvements de flexion-extension.

Avant 7 SA, la cavité dans laquelle baigne l'embryon correspond au coelome externe (fig. 12.5). La cavité amniotique se développe rapidement à l'intérieur du coelome externe. La vésicule vitelline et le coelome externe disparaissent vers 12 SA. L'accolement de la membrane amniotique à la paroi utérine peut être incomplet jusqu'à 15 voire 16 SA. Un diagnostic de décollement peut parfois être posé par excès à cette période.

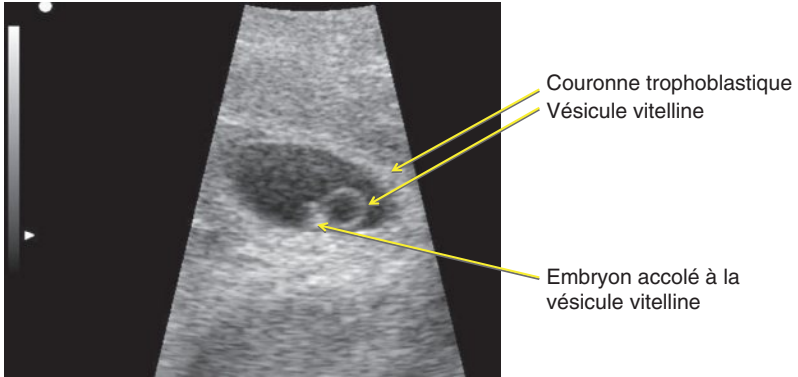


Fig. 12.3 Grossesse intra-utérine de 6 SA.

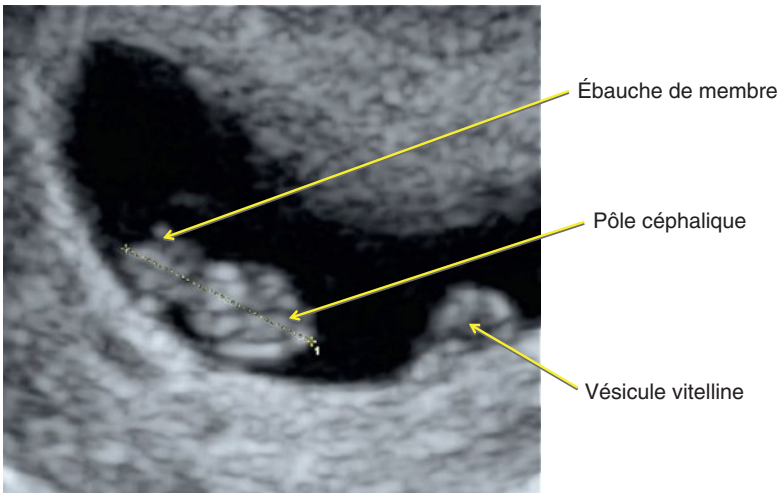


Fig. 12.4 Grossesse intra-utérine de 7 SA + 3 jours.

Le corps jaune de grossesse visible sur l'ovaire peut subir une transformation kystique sans caractère pathologique (3 à 10 cm) et disparaît dans le 4^e mois de grossesse (fig. 12.6).

Point essentiel

L'échographie précoce n'est pas un examen systématique. Lorsqu'elle est réalisée, elle a pour objectif de confirmer la présence d'une grossesse intra-utérine par la visualisation d'un sac gestationnel intra-utérin contenant une vésicule vitelline ou un embryon.



Fig. 12.5 Grossesse intra-utérine de 8 SA + 2 jours. Visibilité de la membrane amniotique séparant cœlome en dehors et amnios en dedans.

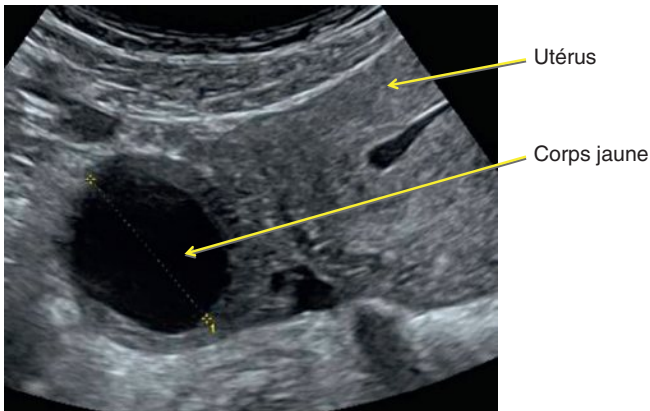


Fig. 12.6 Corps jaune.

Datation et évolutivité de la grossesse

La meilleure précision est obtenue par la mesure de la longueur craniocaudale (LCC) 7 à 11 SA. La précision est alors de ± 3 jours. Entre 11 et 14 SA, la précision de la datation de grossesse est un peu moindre avec un intervalle de ± 5 jours (tableau 12.1).

La mesure de la longueur craniocaudale se fait sur une coupe sagittale stricte passant par le profil et le tubercule génital, sur un fœtus en position neutre (ni hyperflexion ni hyperextension). Elle prend en compte la plus grande longueur de l'embryon du pôle céphalique au pôle caudal (fig. 12.7).

L'évolutivité de la grossesse peut être affirmée devant la mise en évidence d'un embryon intra-utérin avec une activité cardiaque.

Tableau 12.1 Datation de la grossesse en fonction de la longueur craniocaudale (LCC).

LCC (mm)	Âge gestationnel (SA + jours)
15	8 + 3
17	8 + 4
19	8 + 6
21	9 + 0
23	9 + 1
25	9 + 3
27	9 + 4
29	9 + 5
31	10 + 0
33	10 + 1
35	10 + 2
37	10 + 3
39	10 + 5
41	10 + 6
43	11 + 0
45	11 + 1
47	11 + 2
49	11 + 4
51	11 + 5
53	11 + 6
55	12 + 0
57	12 + 1
59	12 + 2
61	12 + 3
63	12 + 4
65	12 + 6
67	13 + 0
69	13 + 1
71	13 + 2
73	13 + 3
75	13 + 4
77	13 + 5

LCC (mm)	Âge gestationnel (SA + jours)
79	13 + 6
81	14 + 0
83	14 + 1
85	14 + 2



Fig. 12.7 Grossesse de 12 SA : coupe sagittale passant par le profil et le tubercule génital, mesure de la longueur craniocaudale.

Point essentiel

La datation de grossesse repose sur la mesure de la LCC entre 7 et 14 SA.

Grossesse arrêtée

Elle peut être suspectée devant des métrorragies ou des douleurs en début de grossesse. Elle peut également être diagnostiquée de façon fortuite chez une femme asymptomatique ou présentant des symptômes de grossesse.

Les signes échographiques sont :

- la visualisation d'un embryon de plus de 10 mm sans activité cardiaque;
- une absence d'évolution de la taille du sac gestationnel ou de l'embryon à au moins 5 jours d'intervalle.
- la visualisation d'un sac ovulaire de grande taille (plus de 30 mm) sans embryon ni vésicule vitelline, confirmée sur 2 examens réalisés à au moins 5 jours d'intervalle. On parle alors d'« œuf clair ».

Hématome décidual ou périovulaire

Il s'agit d'une image fréquente au 1^{er} trimestre de la grossesse, dont l'évolution est le plus souvent favorable. L'hématome peut être révélé par des métrorragies. L'échographie montre une lame hématique en croissant entre le trophoblaste et la caduque dont l'échogénicité varie avec le temps : hyperéchogène puis anéchogène avec parfois organisation de cloisons (fig. 12.8).

Une image similaire se rencontre en cas de défaut d'accolement des membranes sans caractère pathologique.

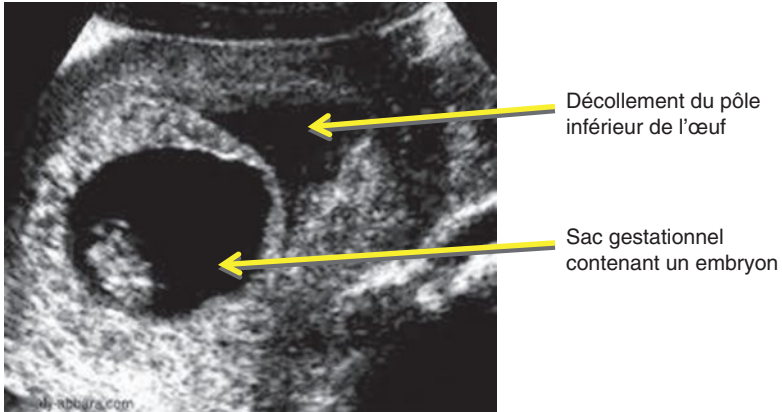


Fig. 12.8 Grossesse de 8 SA : image anéchogène correspondant à un décollement récent du pôle inférieur de l'œuf.

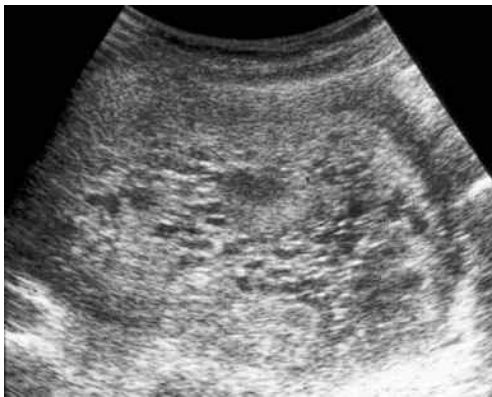


Fig. 12.9 Grossesse molaire : môle complète, absence de cavité amniotique, absence d'embryon, placenta multivacuolaire.

Grossesse molaire

Pathologie rare (1 sur 1000 grossesses), elle peut se manifester cliniquement par des métrorragies et des signes sympathiques de grossesse exacerbés. Il existe en règle générale un taux très élevé de β -HCG plasmatiques.

En cas de môle complète, il n'y a pas d'embryon visible. Il existe une prolifération du trophoblaste qui est multivésiculaire, souvent associée à des kystes ovariens bilatéraux (fig. 12.9).

En cas de môle partielle, l'aspect est celui d'un trophoblaste multivésiculaire associé à un embryon présentant un syndrome polymalformatif (fig. 12.10). La môle partielle correspond à une triploïdie.

Le diagnostic différentiel des grossesses môlares est constitué par les images kystiques focales du trophoblaste qui n'ont aucun caractère pathologique (fig. 12.11).

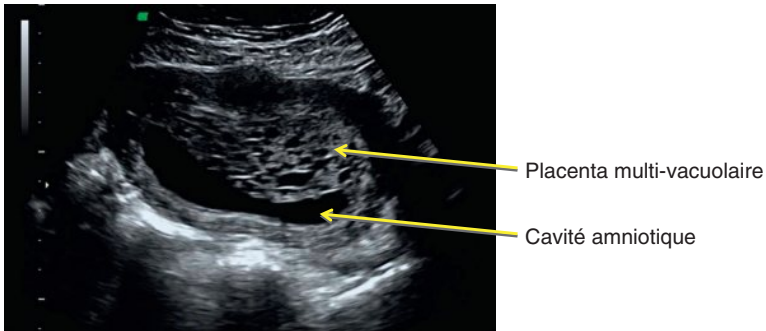


Fig. 12.10 Grossesse molaire : môle partielle, placenta multivacuolaire.



Fig. 12.11 Placenta présentant quelques images anéchogènes, dans un trophoblaste homogène, sans caractère pathologique.

Une grossesse gémellaire comportant une grossesse normale et une môle complète peut également mimer une môle partielle.

Une surveillance est nécessaire après évacuation de la môle car il existe un risque d'évolution vers une tumeur trophoblastique gestationnelle.

Grossesse multiple

Son diagnostic doit être fait lors de l'échographie du 1^{er} trimestre. Il est également indispensable de déterminer la chorionicité (qui correspond au nombre de placentas) et l'amnionicité (qui correspond au nombre de cavités amniotiques) au 1^{er} trimestre car la fiabilité de l'échographie pour identifier le type de grossesse gémellaire est moindre à partir du 2^e trimestre.

Les grossesses dizygotiques donnent toujours lieu à des grossesses bichoriales bi-amniotiques. Les grossesses monozygotiques peuvent donner lieu à des grossesses bichoriales bi-amniotiques, monochoriales bi-amniotiques ou monochoriales mono-amniotiques selon le stade embryonnaire auquel survient la division. Ainsi en cas de diagnostic échographique de grossesse bichoriale bi-amniotique, il peut s'agir d'une grossesse dizygotique (90 % des cas) ou monozygotique (10 % des cas).

En cas de grossesse bichoriale biamniotique, entre 6 et 9 SA on visualise deux sacs gestationnels intra-utérins. Après 9 SA, les deux sacs apparaissent accolés et on met en évidence la présence de trophoblaste entre les deux sacs qui apparaît sous la forme d'un triangle échogène à base placentaire : c'est le signe du « lambda » (fig. 12.12).

En cas de grossesse monochoriale biamniotique, entre 6 et 9 SA on visualise un seul sac gestationnel contenant deux embryons, la membrane interamniotique n'est habituellement pas observée avant 9 SA. Après 9 SA, on visualise la membrane amniotique qui se raccorde à angle droit au niveau du trophoblaste : c'est le signe du « T » (fig. 12.13).

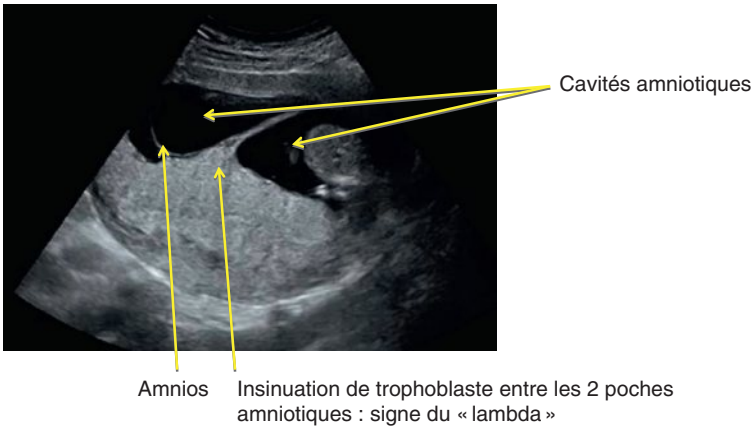


Fig. 12.12 Grossesse gémellaire bichoriale biamniotique : signe du « lambda ».

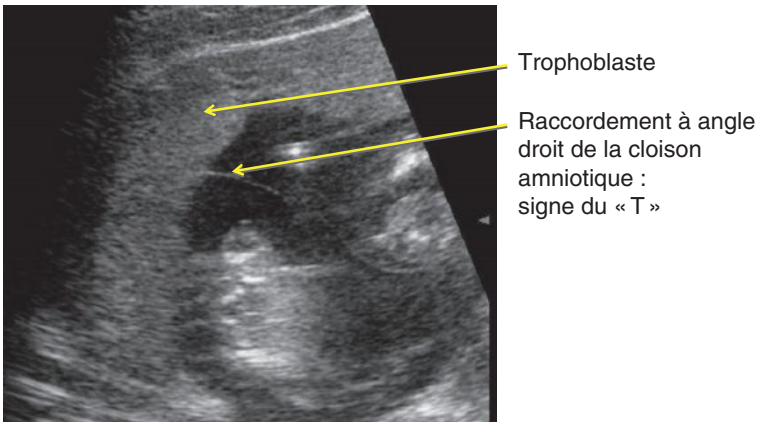


Fig. 12.13 Grossesse gémellaire monochoriale biamniotique : signe du « T ».

En cas de grossesse monochoriale monoamniotique, on visualise une seule vésicule vitelline et on n'objective pas de membrane entre les deux embryons au-delà de 9 SA. On peut également mettre en évidence un enchevêtrement des cordons qui n'a pas de caractère péjoratif dans ce contexte.

Points essentiels

Le signe du lambda permet de poser le diagnostic de grossesse bichoriale, le signe du « T » celui de grossesse monochoriale.

Grossesse extra-utérine

(Cf. chapitre 11)

Examen morphologique

L'examen de dépistage du 1^{er} trimestre doit évaluer selon les recommandations du CTE (Comité technique de l'échographie) un certain nombre d'éléments, et le compte rendu doit comporter certains éléments d'iconographie (fig. 12.14) :

- pôle céphalique : examen des contours de la boîte crânienne afin de diagnostiquer une anencéphalie et mesure du diamètre bipariétal (BIP) (fig. 12.15). En cas d'exencéphalie, la mesure du diamètre bipariétal est impossible, seule la base du crâne est présente et on visualise au-dessus des orbites une masse hétérogène qui correspond aux tissus encéphaliques (fig. 12.16). La lyse de ces tissus conduit à une anencéphalie. Un défaut localisé de la boîte crânienne constitue une encéphalocèle (fig. 12.17). L'examen de dépistage doit également comporter la visualisation de la ligne médiane afin de faire le diagnostic de l'holoprosencéphalie dans sa forme lobaire, réalisant un aspect de ventricule unique avec une fusion des plexus choroïdes (fig. 12.18) ;

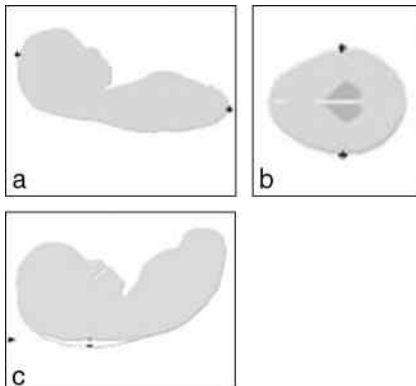


Fig. 12.14 Iconographie à joindre au compte rendu d'échographie selon les recommandations du CTE : mesure de la LCC (a), mesure du BIP (b), mesure de la clarté nucale (c).

Rapport du Comité national technique de l'échographie de dépistage prénatal, avril 2005.

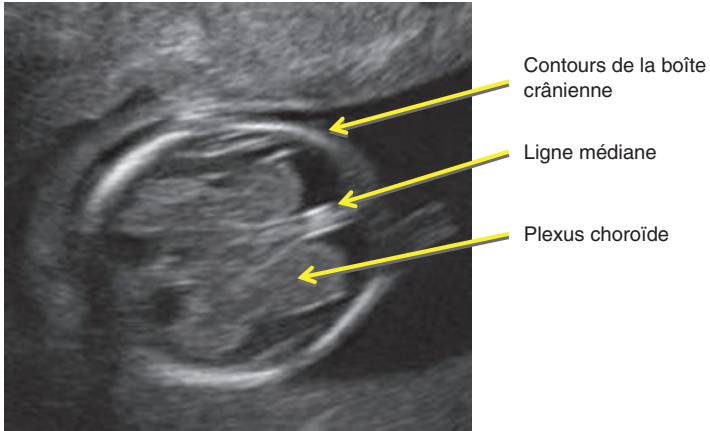


Fig. 12.15 Coupe transversale du pôle céphalique à 12 SA permettant la mesure du diamètre bipariétal.



Fig. 12.16 Exencéphalie à 12 SA + 4 jours : absence de voûte crânienne en coupe sagittale.

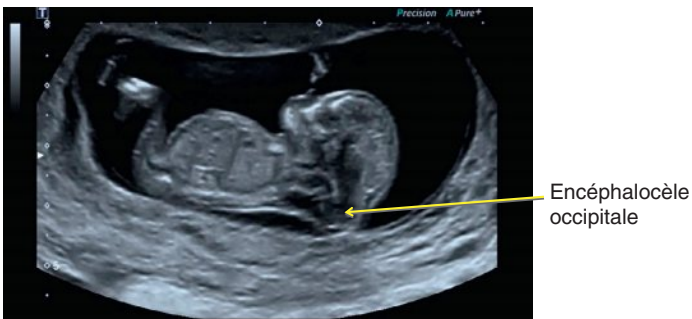


Fig. 12.17 Encéphalocèle occipitale à 12 SA + 2 jours : défaut de la boîte crânienne en coupe sagittale.

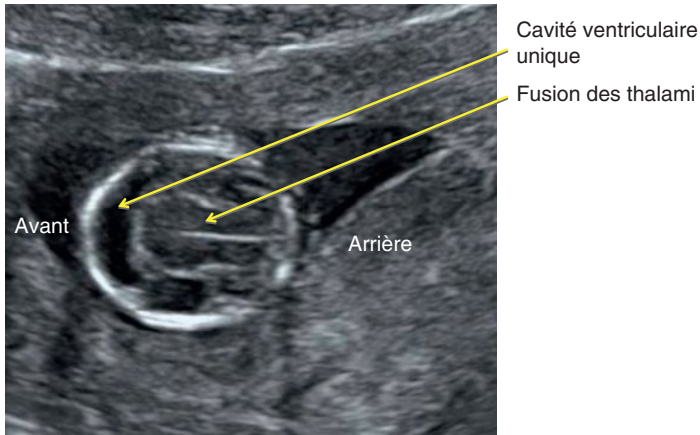


Fig. 12.18 Holoprosencéphalie lobaire à 13 SA : coupe transversale du pôle céphalique devant faire rechercher une trisomie 13.

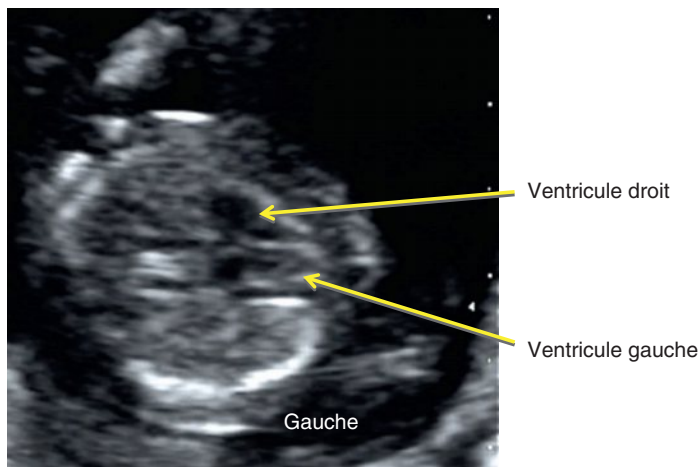
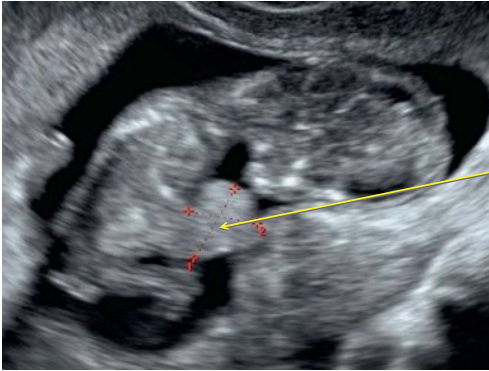


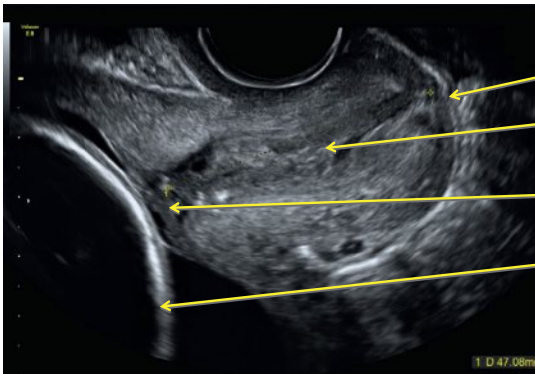
Fig. 12.19 Coupe des 4 cavités cardiaques à 12 SA : coupe transversale à hauteur du thorax.

- thorax : examen de l'activité cardiaque. La visualisation des 4 cavités cardiaques est possible mais non requise dans l'examen de dépistage (fig. 12.19);
- abdomen : vérification de l'absence de défaut de la paroi abdominale afin de diagnostiquer une omphalocèle (fig. 12.20) ou un laparoschisis (fig. 12.21). L'omphalocèle doit être différenciée de la hernie ombilicale physiologique qui



Omphalocèle
contenant du
foie et des anses
digestives,
recouvertes de
péritoine

Fig. 12.20 Omphalocèle à 13 SA + 1 jour, coupe sagittale : défaut de la paroi abdominale, contours réguliers.



Orifice externe du col
Canal cervical
Orifice interne du col
Pôle céphalique

Fig. 12.21 Laparoschisis à 12 SA + 4 jours, coupe transversale : défaut de la paroi abdominale situé à droite du cordon, contours irréguliers.

peut exister jusqu'à 11 SA. L'estomac est visible à partir de 10 SA (fig. 12.22). La vessie est également le plus souvent visible au 1^{er} trimestre (fig. 12.23). Sa non-visualisation au-delà de 16 SA est anormale et doit faire suspecter une extrophie vésicale;

- 4 membres : chacun doit comporter 3 segments de membres (fig. 12.24);
- trophoblaste : précision de sa localisation.

Dépistage des aneuploïdies

La mesure de la clarté nucale entre 11 SA et 13 SA + 6 jours joue un rôle déterminant dans le dépistage des aneuploïdies. Elle doit être effectuée sur une coupe qui répond à des critères de qualité :

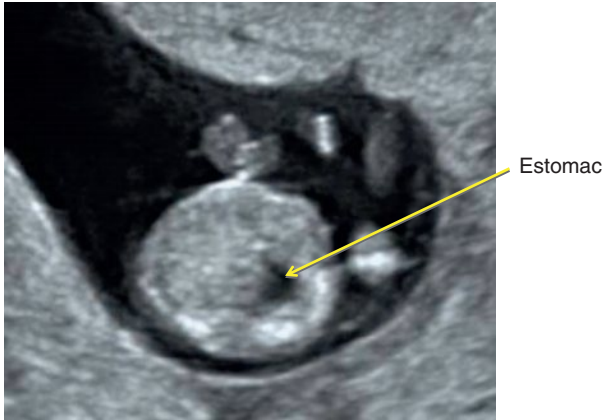


Fig. 12.22 Estomac sur une coupe transversale de l'abdomen à 11 SA + 5 jours.

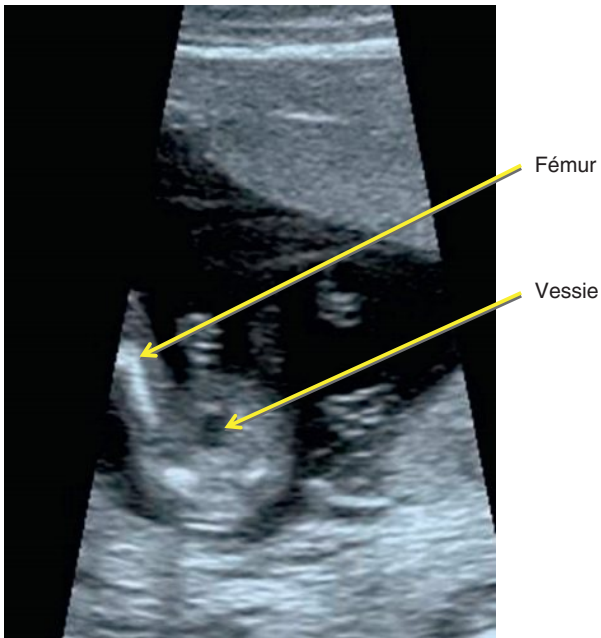


Fig. 12.23 Vessie à 12 SA + 1 jour.

- une coupe sagittale stricte passant du profil au tubercule génital;
- une position neutre de l'embryon, ni en hyperflexion, ni en hyperextension;
- une visualisation de la peau du dos;
- un zoom suffisant : la tête et le thorax occupent les $\frac{3}{4}$ de l'image;

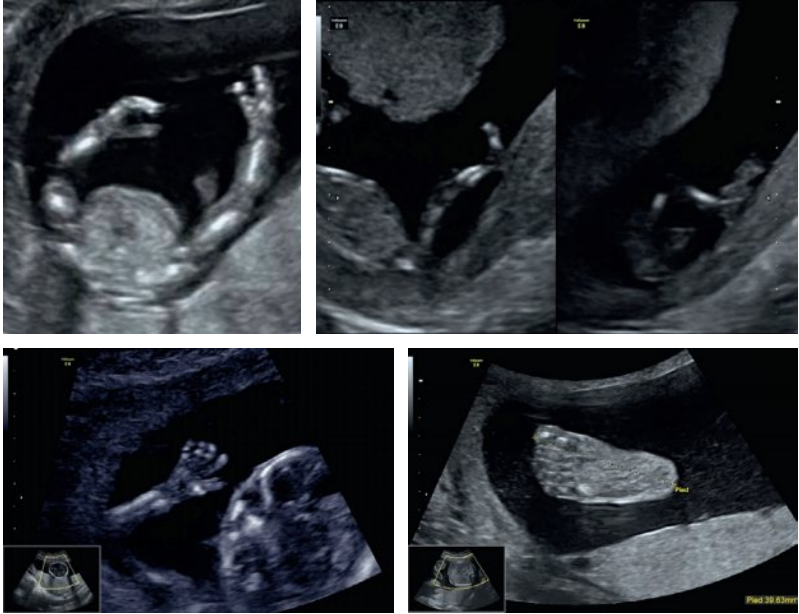


Fig. 12.24 Membres à 12 SA.

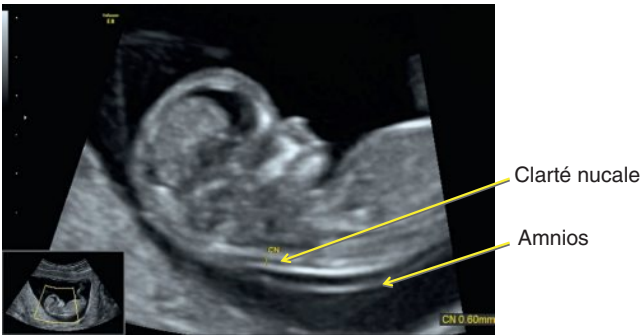


Fig. 12.25 Mesure de la clarté nucale à 12 SA : coupe sagittale stricte, tête en position neutre, visualisation de la peau du dos et de l'amnios, zoom suffisant (thorax et pôle céphalique occupant 75 % de l'image).

- une visualisation de l'amnios ;
 - le bon positionnement des calipers qui doivent être placés perpendiculairement à la clarté nucale, au bord de l'espace anéchogène.
- Pour obtenir un bon cliché, il faut également que la focale soit positionnée à hauteur de la nuque (fig. 12.25).

Tableau 12.2 Score de Herman.

Critères mineurs		Critères majeurs	
Tête en position neutre	0 ou 1	Coupe sagittale stricte	0 ou 2
Amnios visible	0 ou 1	Position des calipers	0 ou 2
Agrandissement suffisant	0 ou 1	Continuité de la peau du dos	0 ou 2

Ces critères sont cotés sur 9 points dans le score de Herman (tableau 12.2). Pour utiliser une mesure de la clarté nucale, il est nécessaire que le cliché ait un score supérieur ou égal à 4. Il convient de noter dans le compte rendu la mesure de la clarté nucale au 1/10^e de millimètre. La mesure s'interprète ensuite en fonction de la longueur craniocaudale. Elle permet de déterminer le risque de trisomie 21, associé au dosage des marqueurs sériques et à l'âge maternel. Ce risque intégré est rendu par le laboratoire de biochimie qui effectue le dosage des marqueurs sériques et qui dispose du compte rendu d'échographie sur lequel est mentionné le numéro d'identifiant délivré par un réseau lors de la réalisation d'une évaluation des pratiques professionnelles.

En cas d'hyperclarté nucale supérieure à 3,5 mm, correspondant au 99^e percentile, il n'est pas pertinent de proposer un dosage des marqueurs sériques, il convient d'adresser d'emblée la patiente en consultation de diagnostic prénatal. En cas d'association d'une hyperclarté nucale à une dilatation des sacs jugulaires, on parle d'hygroma, il est parfois associé à un œdème sous-cutané. Le risque d'anomalie chromosomique augmente avec l'épaisseur de la clarté nucale, il existe également une augmentation du risque de malformation cardiaque.

Compte rendu d'échographie du 1^{er} trimestre (recommandations du CTE)

- Nombre de fœtus, si gémellaire : chorionicité, individualiser les informations relatives à chaque fœtus
- Mobilité spontanée
- Activité cardiaque présente
- LCC (mm)
- BIP (mm)
- Contours de la boîte crânienne
- Absence de particularité de la ligne médiane
- Paroi abdominale antérieure
- 4 membres de 3 segments
- Volume amniotique
- Aspect du trophoblaste
- Absence de masse annexielle
- Mesure de la clarté nucale (mm et 1/10^e de mm)
- Conclusion : correction de la date de début de grossesse, proposition d'acte diagnostique, éventuelles difficultés techniques, chorionicité si multiple.

2^e et 3^e trimestres

L'échographie du 2^e trimestre s'effectue aux alentours de la 22^e SA et a pour objectifs l'évaluation de la croissance et l'étude morphologique du fœtus, l'iconographie devant être fournie dans le compte rendu selon les recommandations du CTE est indiquée dans la [figure 12.26](#).

L'échographie du 3^e trimestre s'effectue aux alentours de la 32^e SA et a pour objectifs l'évaluation de la croissance fœtale, la détermination de la présentation fœtale et la recherche d'une situation dystocique, l'iconographie devant être fournie dans le compte rendu selon les recommandations du CTE est indiquée dans la [figure 12.27](#).

En cas de grossesse multiple bichoriale, la surveillance doit comporter une échographie mensuelle, en cas de grossesse monochoriale elle doit être bimensuelle.

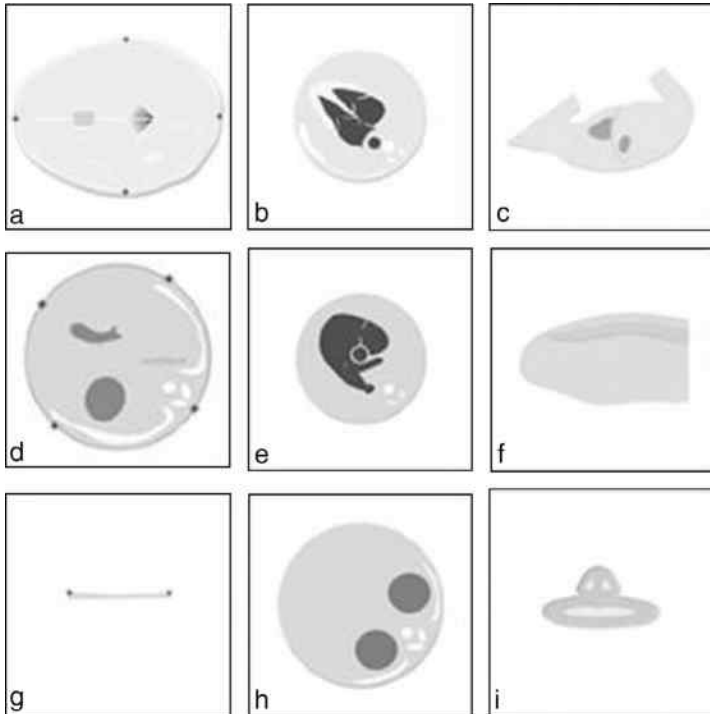


Fig. 12.26 Iconographie à joindre au compte rendu d'échographie du 2^e trimestre selon les recommandations du CTE : mesure du PC (a), coupe 4 cavités (b), coupe sagittale permettant de visualiser la coupole diaphragmatique gauche (c), PA (d), croisement des gros vaisseaux (e), rachis (f), fémur (g), reins (h), lèvre supérieure (i).

Rapport du Comité national technique de l'échographie de dépistage prénatal, avril 2005.

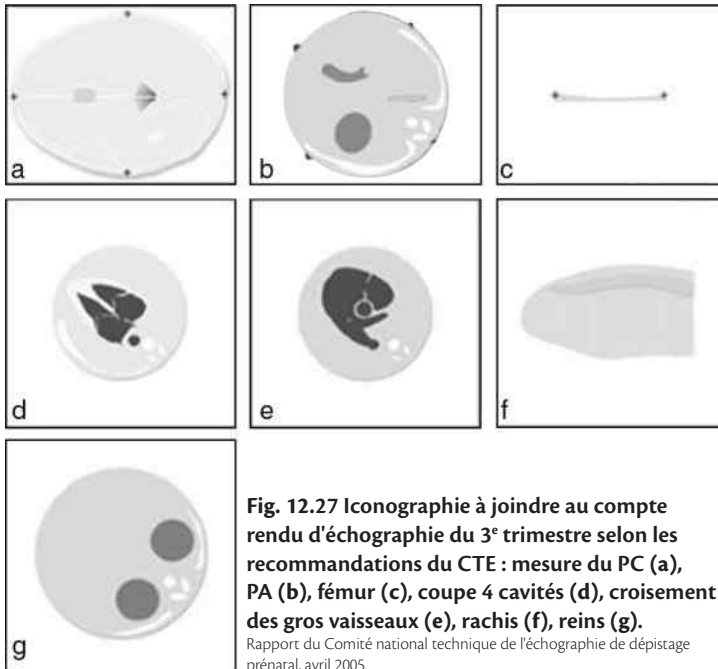


Fig. 12.27 Iconographie à joindre au compte rendu d'échographie du 3^e trimestre selon les recommandations du CTE : mesure du PC (a), PA (b), fémur (c), coupe 4 cavités (d), croisement des gros vaisseaux (e), rachis (f), reins (g).

Rapport du Comité national technique de l'échographie de dépistage prénatal, avril 2005.

Technique

L'examen est orienté par le contexte clinique et les éventuels facteurs de risque de la patiente, aussi il est indispensable de réaliser un bref interrogatoire à la recherche d'antécédents, de consommation de toxiques ou de prises médicamenteuses.

L'examen suit un ordre logique propre à chaque échographiste, afin de s'assurer de réaliser un examen complet et de gagner en efficacité. Le 1^{er} temps de l'examen est le contrôle de la vitalité foetale et la détermination de la position foetale et du situs (latéralisation droite-gauche du fœtus).

Biométrie

L'examen biométrique comporte systématiquement les mesures suivantes :

- le périmètre céphalique (PC) : sur une coupe transversale du crâne en horizontalisant la ligne médiane et passant au-dessus de la tente du cervelet et comportant les repères suivants : la cavité du septum pellucidum et les thalami (fig. 12.28);
- le périmètre abdominal (PA) : sur une coupe transversale de l'abdomen en dessous des poumons et au-dessus des reins qui permet de visualiser une glande surrénale et le sinus porte (fig. 12.29);

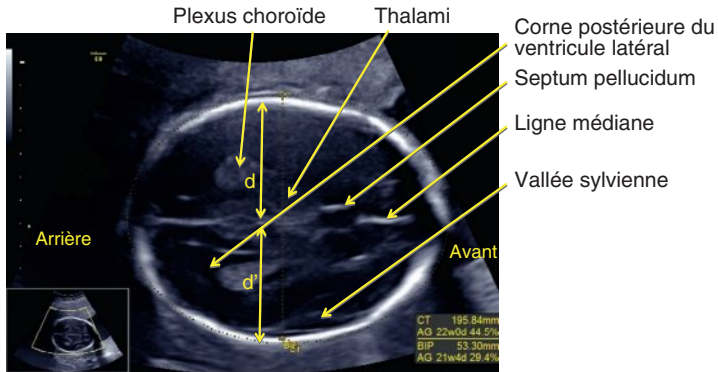


Fig. 12.28 Coupe transversale de l'extrémité céphalique permettant la mesure du périmètre céphalique, passant par le septum pellucidum et les thalami. La ligne médiane est horizontale et la coupe est symétrique ($d = d'$).

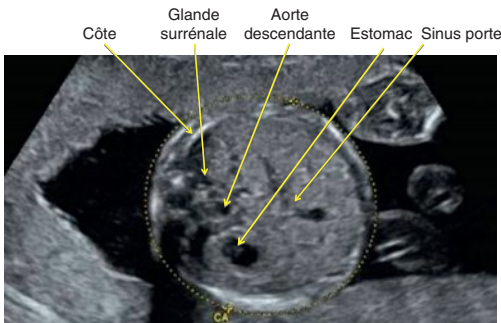


Fig. 12.29 Coupe transversale de l'abdomen permettant la mesure du périmètre céphalique et passant par le sinus porte et la glande surrénale.

■ la longueur de la diaphyse fémorale (LF) : mesurée sur un fémur horizontalisé, en réduisant la profondeur de l'image, elle ne doit pas prendre en compte les épiphyses (fig. 12.30).

Dans certaines situations obstétricales, la mesure du diamètre bipariétal, qui s'effectue sur une coupe du PC, doit être renseignée (fœtus en présentation du siège, macrosomie foetale, etc.).

Le compte rendu doit comporter ces mesures en mm et en percentile selon des courbes référencées. Les mesures des PC, PA et LF permettent d'estimer le poids foetal selon la formule de Hadlock à 3 paramètres. L'EPF (estimation du poids foetal) doit être renseignée en grammes et en percentiles selon les courbes référencées.



Fig. 12.30 Mesure de la longueur de la diaphyse fémorale sur un fémur horizontalisé, ne prenant pas en compte les épiphyses, la focale (triangle) est positionnée au niveau du fémur.

Points essentiels

La biométrie doit comporter les mesures du PC, du PA et de la longueur fémorale en mm et percentile. L'estimation du poids fœtale doit être indiquée en grammes et percentile.

Examen morphologique

Extrémité céphalique

Crâne

Les contours de la boîte crânienne doivent être examinés. Les diagnostics d'acranie, d'exencéphalie ou d'encéphalocèle sont le plus souvent réalisés au 1^{er} trimestre (cf. fig. 12.16 et 12.17). En cas de forme anormale du crâne, la visualisation des sutures en coupe transversale et en 3D peut aider au diagnostic de craniosténose. Un aplatissement des bosses frontales est en faveur d'une anomalie de fermeture du tube neural.

Face

L'étude de la face (fig. 12.31 à 12.33) comporte l'examen :

- des orbites contenant les cristallins, sur une coupe transversale plaçant les orbites vers le haut de l'écran. La distance interorbitaire interne normale doit être équivalente au diamètre d'une orbite;
- du profil et la visualisation des os propres du nez. Une hypoplasie ou une agénésie des os propres du nez est associée à un risque accru de trisomie 21; cependant, ce signe comporte une grande variabilité selon les origines géographiques. Un retrait du menton peut faire poser le diagnostic de rétrognathisme;
- de la lèvre supérieure doit être examinée sur une coupe frontale permettant de visualiser les narines et d'affirmer l'absence de fente labiale ou labio-maxillaire. L'examen du palais à la recherche d'une fente palatine associée est difficile.

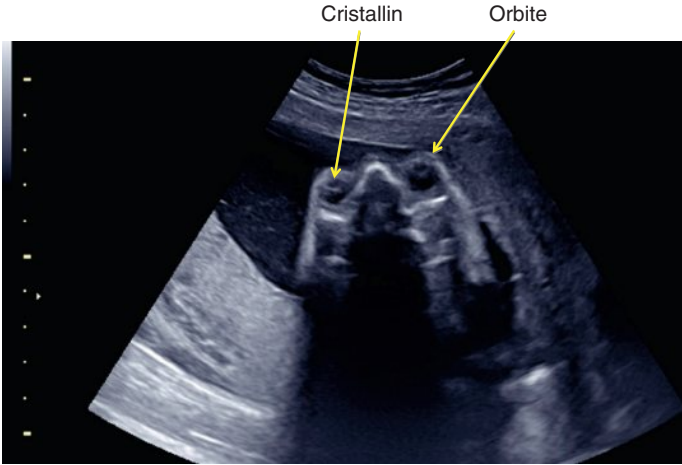


Fig. 12.31 Coupe transversale du pôle céphalique permettant l'examen des orbites : l'espace entre les deux orbites correspond au diamètre d'une orbite.

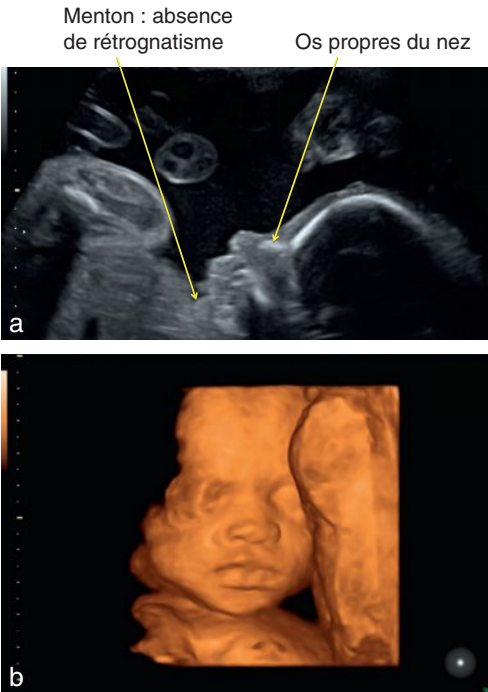


Fig. 12.32 Examen de la face en coupe sagittale de profil (a) et en 3D (b).

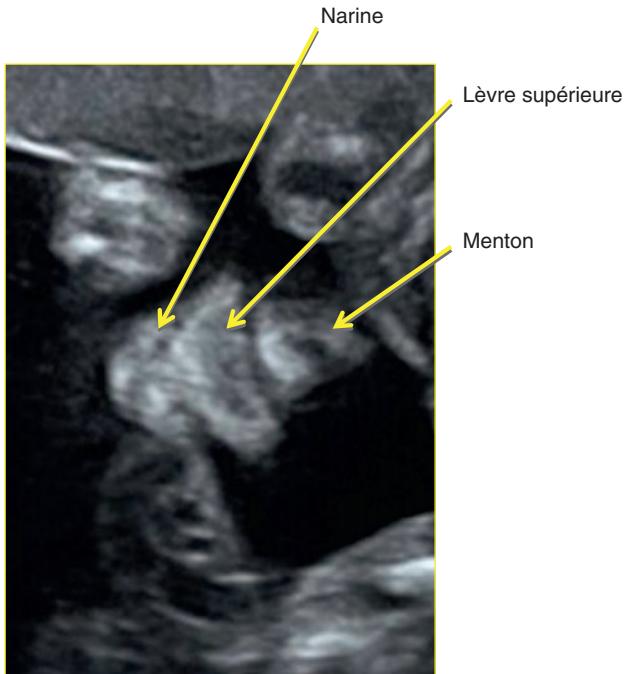


Fig. 12.33
Examen de la lèvre supérieure, permettant de vérifier l'absence de fente labiale.

Encéphale

L'étude de l'encéphale (fig. 12.34 à 12.36) comporte l'examen :

- de la ligne médiane sur une coupe transversale avec d'avant en arrière la faux du cerveau, puis la cavité du septum pellucidum, le 3^e ventricule le plus souvent virtuel, les thalami. La coupe sagittale permet de visualiser le corps calleux, le septum pellucidum et le vermis;
- des ventricules latéraux contenant les plexus choroïdes. La mesure des ventricules latéraux n'est pas systématique et doit être réalisée en cas de suspicion de ventriculomégalie (fig. 12.35). Une ventriculomégalie est définie par une mesure supérieure à 10 mm. Les plexus choroïdes sont échogènes et habituellement homogènes. La présence de kystes des plexus choroïdes est banale avant 22 SA. L'examen de la vallée sylvienne sur cette même coupe permet d'évaluer la gyration;
- de la fosse postérieure sur une coupe transversale oblique basse. Les hémisphères cérébelleux et la grande citerne doivent être examinés (fig. 12.36). Une méga grande citerne est définie par une mesure supérieure à 10 mm sur une coupe transversale passant par le septum pellucidum en avant et le cervelet en arrière. Au contraire, un effacement de la grande citerne doit faire suspecter une malformation de Chiari II dans le cadre d'une anomalie de fermeture du tube neural.

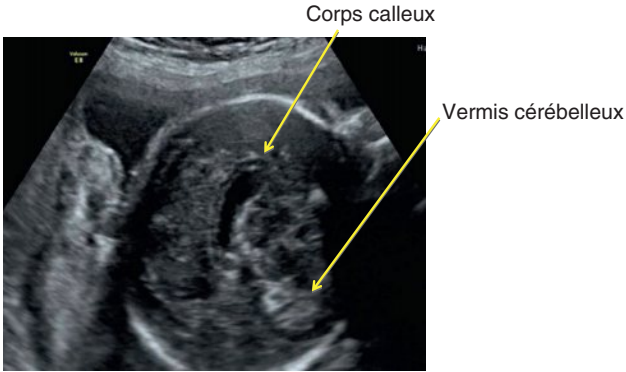


Fig. 12.34 Coupe sagittale du pôle céphalique permettant l'examen du corps calleux et du vermis cérébelleux.

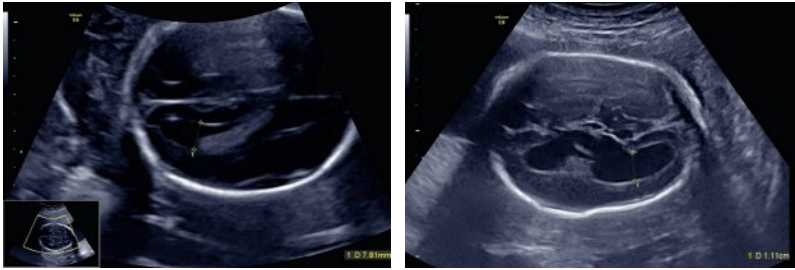


Fig. 12.35 Coupes transversales du pôle céphalique permettant la mesure des ventricules latéraux.

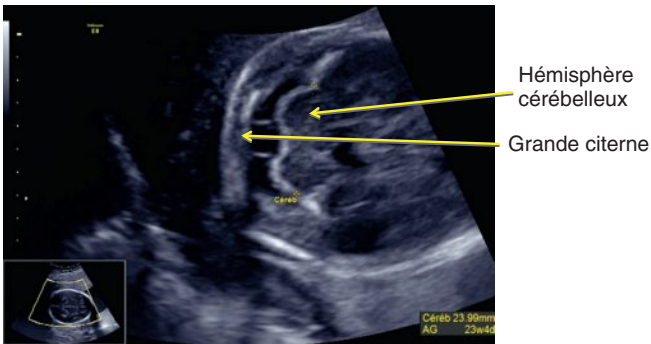


Fig. 12.36 Coupe transversale du pôle céphalique permettant l'examen de la fosse postérieure.

Rachis

Il s'étudie sur des coupes sagittales, frontales et transversales étagées du rachis cervical au rachis lombaire. Il peut être complété par un examen du cône terminal de la moelle.

En cas de défaut de fermeture du tube neural, l'examen des corps vertébraux montre une absence de fusion des arcs postérieurs, il peut exister un défaut cutané en regard et une hernie des méninges sans retentissement sur l'insertion de la moelle (ménéngocèles) ou une hernie des racines nerveuses avec une moelle bas attachée (myéломéningocèle).

Plus rarement, l'examen du rachis peut révéler des malformations vertébrales (fig. 12.37).

Thorax

Cœur

La coupe des « 4 cavités » est obtenue par un mouvement d'inclinaison de la sonde vers la tête foetale à partir d'une coupe du périmètre abdominal (fig. 12.38).

À l'examen de cette coupe :

- la pointe du cœur est orientée vers la gauche;
- les 4 cavités sont isovolumétriques;
- l'aorte descendante est située à gauche du rachis. L'oreillette gauche est identifiable par la valvule de Vieussens et l'abouchement d'au moins une veine pulmonaire;
- le ventricule gauche a une paroi lisse, il forme la pointe du cœur;
- le ventricule droit est plus trabéculé;
- il existe une concordance atrioventriculaire;
- le septum interventriculaire est continu et la croix du cœur à l'intersection des valves auriculoventriculaires est visualisée.

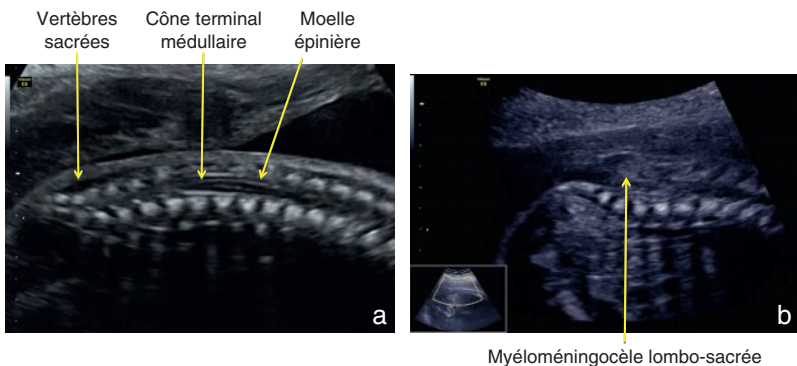


Fig. 12.37 Coupe sagittale du rachis : rachis normal (a), myéломéningocèle (b).

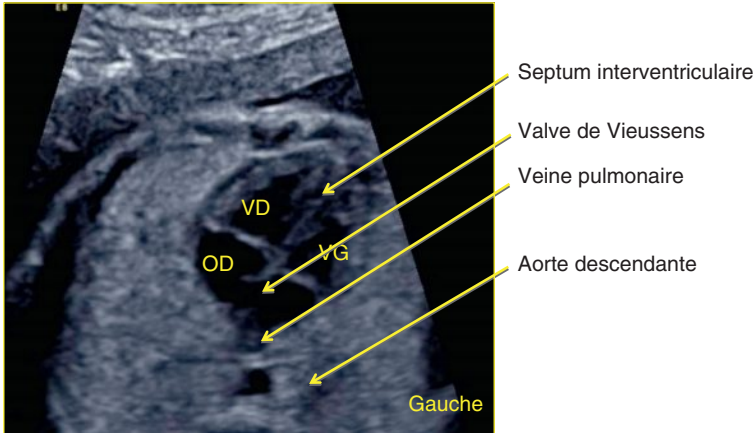


Fig. 12.38 Coupe transversale du thorax : coupe des 4 cavités cardiaques.

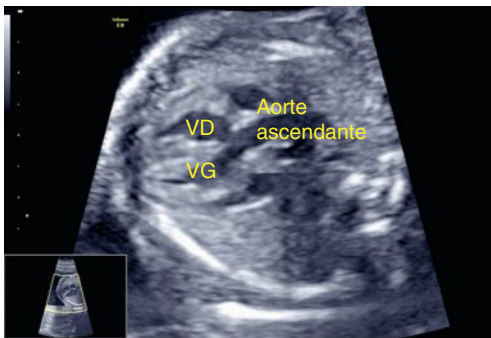


Fig. 12.39 Coupe ventricule gauche – aorte montrant la continuité septo-aortique.

■ l'insertion de la valve tricuspide est plus proche de la pointe du cœur que celle de la valve mitrale. La contractilité est normale.

L'inclinaison de la sonde vers la tête fœtale permet de visualiser le ventricule gauche et le départ de l'aorte avec une continuité septo-aortique et mitroaortique. L'aorte décrit un trajet vers la droite et vers l'arrière. Une coupe parasagittale permet de visualiser la crosse de l'aorte, reconnaissable par les vaisseaux destinés à la vascularisation céphalique (fig. 12.39).

L'inclinaison de la sonde davantage vers la tête fœtale à partir de la coupe des 4 cavités permet de visualiser le ventricule droit et dans sa continuité l'artère pulmonaire qui se bifurque. L'artère pulmonaire droite passe sous la crosse aortique, l'artère pulmonaire gauche se divise et va donner le canal artériel qui rejoint l'aorte horizontale (fig. 12.40).

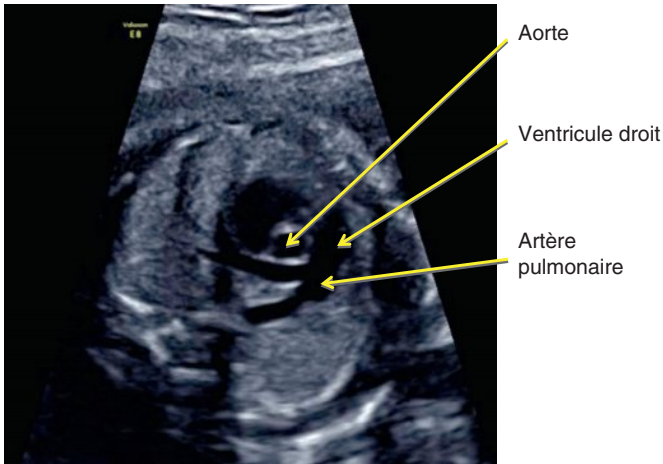


Fig. 12.40 Coupe ventricule droit – artère pulmonaire montrant la bifurcation de l'artère pulmonaire.

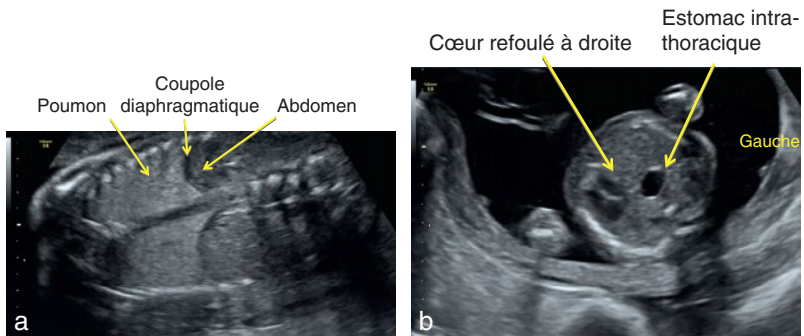


Fig. 12.41 Examen des poumons.

a. Coupe frontale permettant la visualisation des coupoles diaphragmatiques.

b. Coupe transversale du thorax montrant une hernie diaphragmatique gauche avec estomac intrathoracique et cœur et médiastin refoulés à droite.

Poumons

En situation normale, les poumons sont échogènes et homogènes et occupent tout le thorax avec le cœur. Plusieurs types d'anomalies peuvent être mis en évidence :

- un épanchement pleural qui apparaît comme une image anéchogène refoulant le poumon, il peut être uni ou bilatéral;
- une image intrapulmonaire, il peut s'agir le plus souvent d'une malformation adénomatoïde kystique pulmonaire ou d'une séquestration pulmonaire;
- la visualisation intrathoracique d'un organe abdominal, le plus souvent, il s'agit de l'estomac ou d'anses intestinales, en cas de hernie diaphragmatique (fig. 12.41).

L'intégrité des coupes diaphragmatiques doit être vérifiée sur des coupes parasagittales droite et gauche ou frontales, permettant de visualiser la différence d'échogénicité entre le poumon et les organes abdominaux (fig. 12.41).

Abdomen

L'estomac est visualisé dans l'abdomen sous la forme d'une image anéchogène de volume variable. La non-visualisation de l'estomac peut faire évoquer une atrésie de l'œsophage, elle est souvent dans ce cas associée à un hydramnios.

L'intestin grêle et le côlon apparaissent comme une masse plus ou moins hétérogène, le péristaltisme est parfois visible, à noter qu'au 3^e trimestre, le contenu du côlon devient hypoéchogène et ses haustrations sont souvent bien visualisées. Lorsque l'échogénicité des anses intestinales est identique ou supérieure à celle de l'os, on parle d'intestin hyperéchogène qui est un signe fréquent notamment en cas de métrorragies en cours de grossesse mais qui peut également être un signe d'appel pour certaines pathologies fœtales (infection à CMV, mucoviscidose, trisomie 21). Il faut veiller à retirer les harmoniques et à diminuer le gain pour ne pas diagnostiquer à tort un intestin hyperéchogène qui serait dû à un mauvais réglage.

Le foie est homogène et l'on peut observer sous le foie une image anéchogène qui correspond à la vésicule biliaire, cependant sa visualisation ne fait pas partie de l'examen de dépistage (fig. 12.42). On différencie la vésicule biliaire de la veine ombilicale grâce à l'utilisation du Doppler couleur.

La veine ombilicale a un trajet médian de l'insertion du cordon jusqu'au sinus porte qui réalise une bifurcation vers la droite. Le canal d'Arantius est visualisable en Doppler couleur au niveau du sinus porte, il va rejoindre la veine cave inférieure.

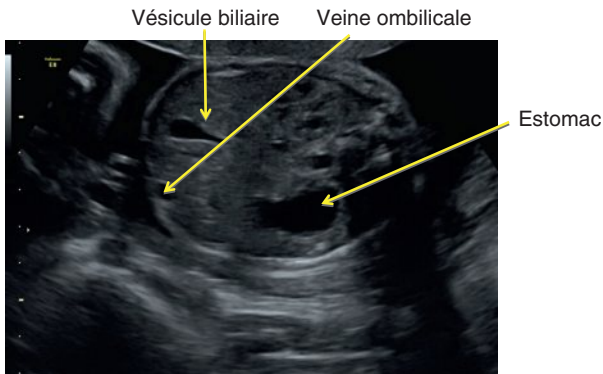


Fig. 12.42 Coupe transverse de l'abdomen : visualisation de la vésicule biliaire.

Appareil urinaire et rétropéritoine

Les reins sont localisés en situation normale dans les fosses lombaires, leur taille approximative correspond à la hauteur de 4 corps vertébraux. Le parenchyme rénal apparaît hétérogène avec une corticale plus échogène que la médullaire, c'est la différenciation corticomédullaire (fig. 12.43). La mesure des bassinets n'est pas systématique lors d'un examen de dépistage, elle ne doit être réalisée que si une dilatation anormale du bassinet est suspectée. On parle de pyélectasie à partir de 7 mm sur une mesure antéropostérieure.

En situation normale, les uretères ne sont pas visualisés, s'ils sont visibles et donc dilatés, on parle de mégaurotère.

La vessie forme une image anéchogène dans le pelvis. On parle de mégavessie lorsque le plus grand diamètre de la vessie dépasse 10 mm au 1^{er} trimestre et 50 mm au 2^e trimestre de la grossesse.

Organes génitaux externes

Au 1^{er} trimestre, le diagnostic de sexe est possible mais il ne présente pas une fiabilité parfaite. Il repose sur l'inclinaison du tubercule génital qui est vertical chez les garçons et horizontal chez les filles.

À partir de 16 SA, le diagnostic échographique du sexe fœtal est plus fiable, avec la visualisation du pénis et des bourses chez les garçons (fig. 12.44) et des grandes et petites lèvres chez les filles (fig. 12.45). Les testicules sont visualisés dans les bourses à partir du 3^e trimestre.

Membres et extrémités

L'examen des membres est facilité en début de 2^e trimestre par la grande mobilité du fœtus et la quantité proportionnellement importante du liquide amniotique. Elle devient beaucoup plus difficile au 3^e trimestre.

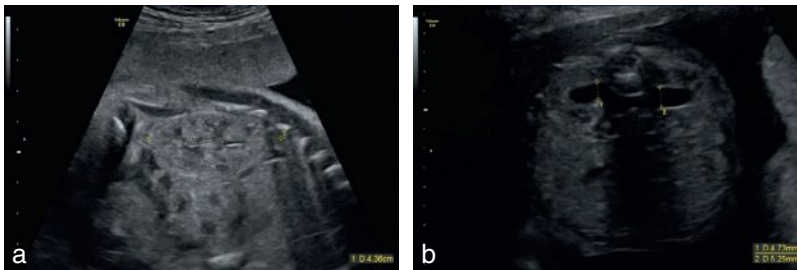


Fig. 12.43 Rein en coupe parasagittale.

Visualisation de la différenciation corticomédullaire (a), mesure antéropostérieure des pyélons sur une coupe transversale (b).

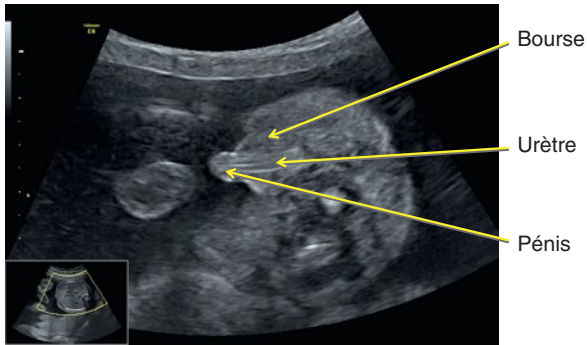


Fig. 12.44 Organes génitaux externes masculins.

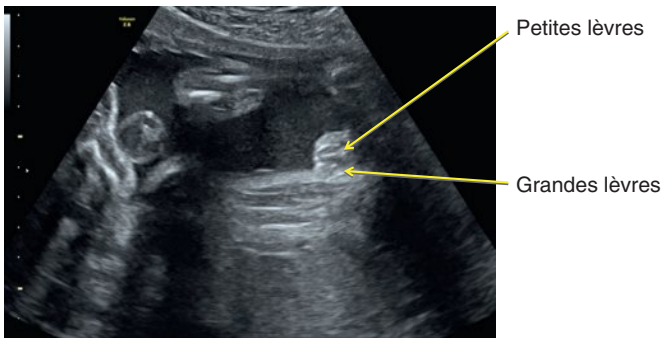


Fig. 12.45 Organes génitaux externes féminins.

Il est nécessaire de visualiser les 3 segments des 4 membres, ainsi que la présence d'un os dans chaque cuisse et chaque bras et de 2 os dans chaque jambe et avant-bras (cf. fig. 12.24). En revanche, il n'est pas nécessaire de dénombrer les doigts dans un examen de dépistage. Il faut apprécier la mobilité des membres et la position de chaque pied par rapport à l'axe de la jambe et de chaque main par rapport à l'avant-bras afin d'écarier une malposition (pied bot ou main botte) (fig. 12.46).

Liquide amniotique

Lors d'un examen de dépistage, il n'est pas nécessaire de faire une mesure de la quantité de liquide amniotique. Toutefois, en cas d'impression subjective d'anomalie de la quantité de liquide amniotique, une mesure doit être réalisée.

La mesure de l'index amniotique correspond à l'addition des citernes mesurées dans chaque quadrant de l'utérus, en prenant soin de la position la sonde de

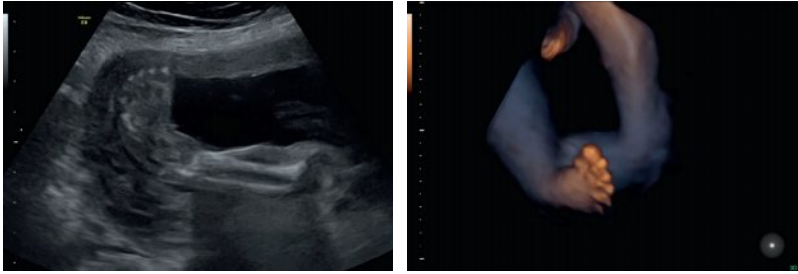


Fig. 12.46 Pieds bots.

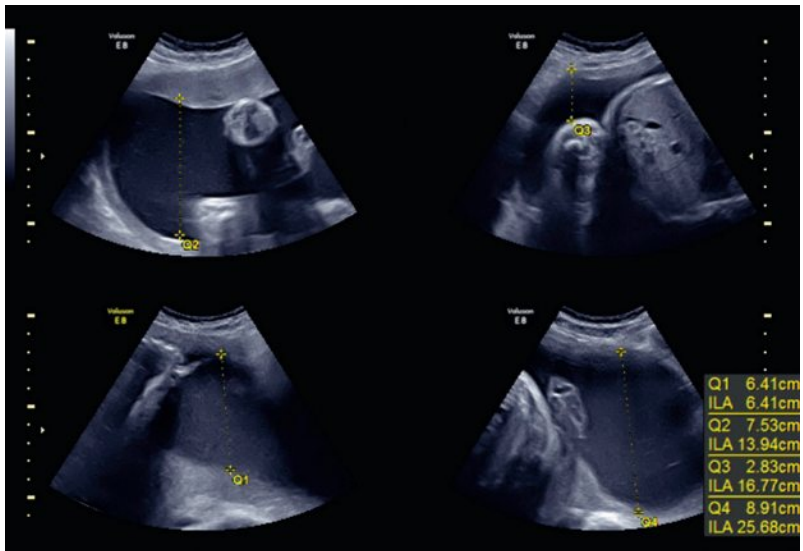


Fig. 12.47 Évaluation de la quantité de liquide amniotique par la mesure de l'index amniotique dans les 4 quadrants.

façon verticale. Un index amniotique inférieur ou égal à 5 cm correspond à un oligoamnios, supérieur à 20 cm à un excès de liquide, et supérieur ou égal à 25 cm à un hydramnios (fig. 12.47).

En cas de grossesse gémellaire ou en fin de grossesse, la mesure recommandée est celle de la plus grande citerne. Une plus grande citerne inférieure à 2 cm correspond à un oligoamnios, une plus grande citerne supérieure ou égale à 8 cm définit l'hydramnios.

En l'absence de liquide amniotique, on parle d'anamnios.

Annexes foétales

Placenta

Sa localisation est appréciée par rapport au corps utérin (antérieur, postérieur ou fundique). En cas de placenta bas inséré, c'est-à-dire situé à moins de 5 cm de l'orifice interne du col, on parle de placenta praevia, la distance entre la limite inférieure du placenta et l'orifice interne du col doit être précisée. Il peut également s'agir d'un placenta praevia marginal ou recouvrant (fig. 12.48). L'insertion placentaire, fréquemment basse au 2^e trimestre, se normalise en général au 3^e trimestre. Chez une femme ayant un antécédent de césarienne, en cas de placenta antérieur bas inséré, il est nécessaire de rechercher des signes de placenta accreta.

La structure placentaire est homogène au début du 2^e trimestre et subit une sénescence physiologique avec apparition de calcifications qui ne sont pas corrélées avec la fonction placentaire.

Cordon

Il comprend deux artères et une veine. Une artère ombilicale unique sans anomalie associée n'a pas de caractère pathologique.

Vitalité foétale

Elle est appréciée sur :

- le rythme cardiaque : régulier entre 120 et 160 battements/min ;
- les mouvements du tronc et des extrémités du fœtus ;
- les mouvements respiratoires ;
- la déglutition.

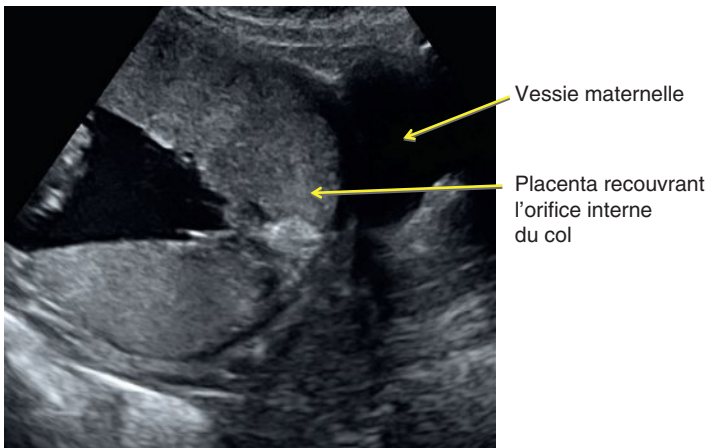


Fig. 12.48 Placenta praevia recouvrant par voie abdominale.

Doppler

L'examen Doppler nécessite l'utilisation d'un Doppler pulsé avec codage couleur. On distingue deux types de Doppler :

- les Doppler fœtaux qui ont un intérêt pronostique :
 - le Doppler de l'artère ombilicale mesuré en cordon libre qui est le reflet de la résistance placentaire (fig. 12.49),
 - le Doppler de l'artère cérébrale moyenne qui est le reflet de l'adaptation fœtale à une situation d'hypoxémie (fig. 12.50) :
 - en situation physiologique, l'index de résistance (appelé également indice de Pourcelot : $S - D/S$) est bas au niveau de l'artère ombilicale et élevé au niveau de l'artère cérébrale moyenne. Progressivement avec la grossesse, l'index de résistance dans l'artère ombilicale va diminuer, il convient donc de l'interpréter selon l'âge gestationnel,

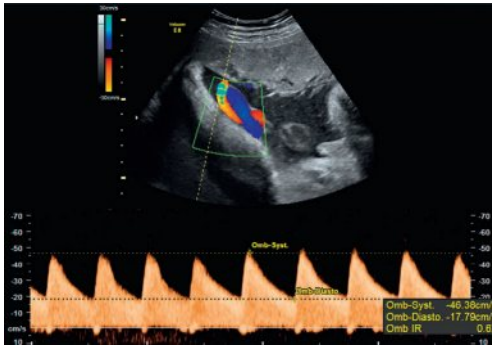


Fig. 12.49 Doppler ombilical normal : index de résistance bas.

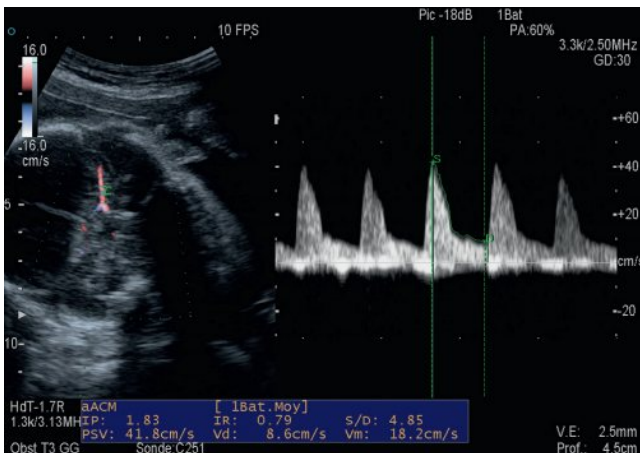


Fig. 12.50 Doppler cérébral au niveau de l'artère cérébrale moyenne.

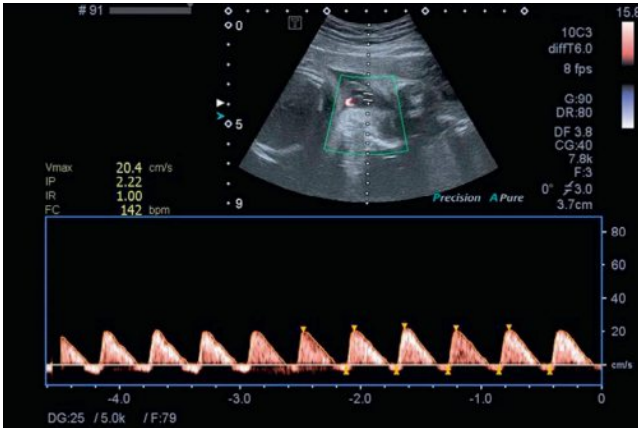


Fig. 12.51 Doppler ombilical pathologique : *reverse flow*.

- en cas de retard de croissance *in utero*, il peut exister une élévation de l'index de résistance puis une diastole nulle voire un *reverse flow* (fig. 12.51). Le fœtus s'adapte à cette situation par une vasodilatation cérébrale qui conduit à un abaissement de l'index de résistance,
 - le Doppler du ductus venosus au niveau du canal d'arantius, il s'agit d'un Doppler veineux, le flux dans le ductus venosus est le reflet de la précharge dans l'oreillette droite. En situation pathologique, on note une diminution de l'onde a sur le spectre enregistré, qui correspond à la contraction auriculaire (fig. 12.52);
- les Doppler maternels qui ont un intérêt essentiellement étiologique. Le Doppler des artères utérines montre une diminution des résistances vasculaires en cours de grossesse en raison du remodelage vasculaire consécutif à l'invasion trophoblastique. En situation normale, on observe une diminution des résistances progressive jusqu'à 26 SA, avec un index de résistance bas (fig. 12.53). En situation pathologique, on note une élévation de l'index de résistance parfois associé à une incisure protodiastolique appelée *notch*. Ainsi en cas de RCIU (retard de croissance intra-utérine), un Doppler utérin pathologique oriente vers une cause vasculaire.

Échographie du col

La mesure échographique de la longueur du col ne fait pas partie de l'examen systématique, toutefois elle est utilisée dans le diagnostic d'une situation de menace d'accouchement prématuré.

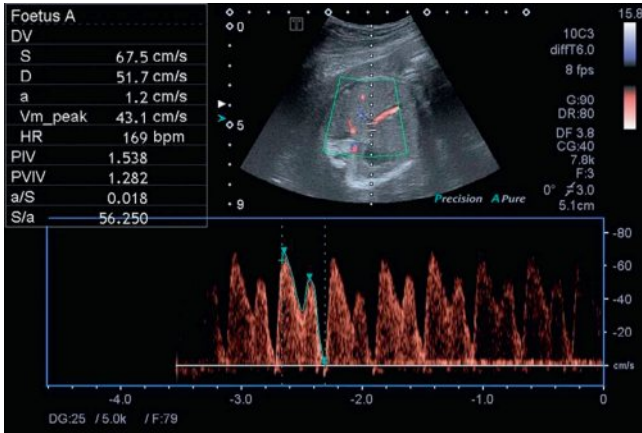


Fig. 12.52 Doppler du canal d'Arantius pathologique : onde « a » diminuée.

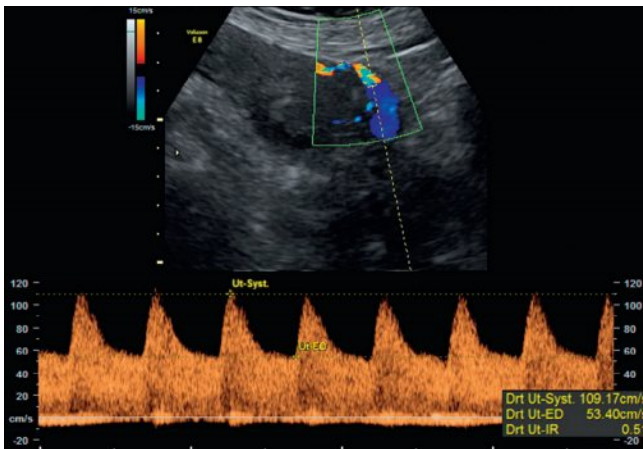


Fig. 12.53 Doppler de l'artère utérine droite normal : index de résistance bas, absence d'incisure protodiastolique (*notch*).

La mesure doit être réalisée par voie endovaginale, vessie vide, sans exercer de pression sur le col afin d'éviter de rallonger artificiellement la mesure (fig. 12.54). Une mesure de la longueur cervicale inférieure à 25 mm est corrélée avec un risque d'accouchement prématuré.

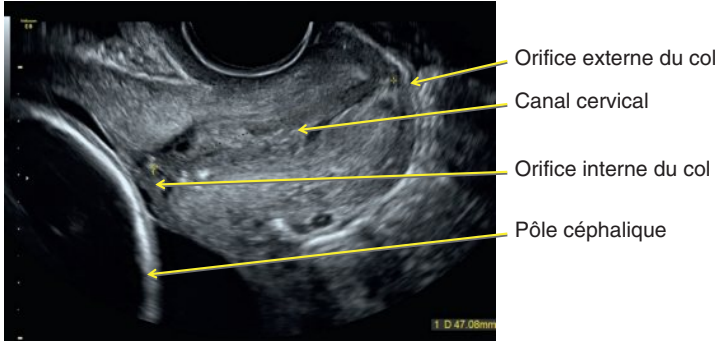


Fig. 12.54 Coupe sagittale du col par voie endovaginale, vessie vide.



Compte rendu d'échographie des 2^e et 3^e trimestres (recommandations du CTE)

- Nombre de fœtus, présentation (3^e trimestre)
- Mobilité spontanée
- Activité cardiaque, chiffrer FC si inhabituelle
- BIP, PC, PA, LF en mm
- Contour de la boîte crânienne
- Aspect de la ligne médiane et des ventricules latéraux
- Cavum du septum pellucidum
- Aspect de la fosse postérieure et du cervelet
- Continuité de la lèvre supérieure
- Aspect des poumons
- Position du cœur, 4 cavités équilibrées
- Aspect et position des gros vaisseaux
- Position de l'estomac, aspect de l'intestin
- Aspect de la paroi abdominale antérieure
- Aspect et volume de la vessie, aspect des reins
- Aspect du rachis
- 4 membres de 3 segments
- Volume amniotique
- Aspect et localisation du placenta

Sein

P. Fayet, I. Mourey-Gerosa

PLAN DU CHAPITRE

- Technique
- Sémiologie échographique
 - Échoanatomie normale
 - Aspects pathologiques
- Apport de l'échographie dans la classification Bi-Rads
- En cas de seins denses sur la mammographie
- Apport de l'échographie dans les ponctions histologiques, les microbiopsies et le repérage préopératoire
- Conclusion

L'échographie mammaire ne doit pas, en dehors de quelques cas particuliers, être dissociée de la mammographie. Elle ne saurait en effet se substituer à celle-ci et ne vient qu'en complément, en 2^e intention en présence d'une opacité à la mammographie, en cas de nodule palpable surtout si la mammographie s'avère normale ou dans le cas de seins très denses.

Elle sera toutefois pratiquée en 1^{re} intention dans certains cas : chez la femme enceinte, chez la femme de moins de 30 ans, lors de la surveillance de lésions bénignes déjà diagnostiquées préalablement par mammographie ou lors de la surveillance de patientes ayant des prothèses mammaires, en cas de sein inflammatoire avant la mammographie. Elle est également utilisée comme technique de guidage de procédures interventionnelles.

Technique

La glande mammaire étant un organe superficiel, on utilise une sonde multifréquence à large bande, au minimum 10 MHz, ce qui permet d'améliorer la résolution; la sonde doit aussi être large, de 4 cm au moins, afin de permettre d'explorer plus facilement tout le sein. L'examen est couplé au Doppler couleur et parfois à l'élastographie.

L'examen échographique est toujours précédé d'un examen clinique et d'une confrontation aux données radiologiques (mammographie, IRM, voire scanner).

La patiente est en décubitus dorsal, le bras homolatéral au sein replié sous la tête afin d'explorer de façon complète les prolongements axillaires.

L'examen est pratiqué un sein après l'autre, avec exploration systématique par deux balayages orthogonaux de chacun des quadrants (supéroexterne, supéro-interne, inféro-interne, inféroexterne), mais aussi radiaires, de la région rétromamelonnaire, du prolongement axillaire et du creux axillaire.

L'exploration de la région rétroaréolaire est difficile en raison de l'atténuation des ultrasons par le mamelon. Il est normal de visualiser à ce niveau quelques canaux galactophoriques.

L'étude du creux axillaire à la recherche notamment d'adénopathies ou d'une glande surnuméraire terminera l'échographie.

En cas d'image nodulaire, un Doppler couleur de la lésion sera réalisé et si possible une élastographie.

Dans tous les cas, l'examen doit toujours être bilatéral et symétrique.

Sémiologie échographique

Échoanatomie normale

L'aspect de la glande mammaire varie avec l'âge et il est difficile de définir un aspect normal.

Cependant, classiquement, on observe de la superficie à la profondeur :

- une ligne hyperéchogène correspondant à la peau;
- une zone hypoéchogène en rapport avec le tissu graisseux sous-cutané. Elle est entrecoupée par les crêtes de Durey;
- une zone plus échogène le siège de lignes hyperéchogènes parallèles au revêtement cutané correspondant au tissu conjonctivoglandulaire;
- le tissu adipeux rétroglandulaire;
- le plan musculaire profond et les côtes avec leur cône d'ombre postérieur.

Chez la femme jeune, dont les seins sont le plus souvent richement glandulaires, on visualise une masse fibroglandulaire homogène et échogène.

Chez la femme moins jeune, il y a une involution adipeuse de la glande mammaire et on objective des seins de type adipeux avec des zones hypoéchogènes homogènes et des zones de fibrose visibles sous forme de fines traces hyperéchogènes.

Chez la femme âgée, les seins peuvent être également de type fibreux avec des zones hyperéchogènes présentant un aspect lobulé.

Il peut enfin s'agir de seins atrophiques présentant un aspect peu échogène, lipomateux.

■ L'échographie peut retrouver des canaux galactophoriques, principalement dans la région rétroaréolaire, on parle d'ectasie canalaire quand leur calibre est supérieur à 3 mm.

■ Enfin, l'échographie peut mettre en évidence un ou plusieurs ganglions. Ces derniers sont typiques et bénins quand ils sont hypoéchogènes à centre hyperéchogène aux contours réguliers, à grand axe parallèle à la peau avec pédicule vasculaire central au Doppler.

Points essentiels

- L'échographie est réalisée avec une sonde de 10 MHz minimum, elle peut être couplée au Doppler couleur et parfois à l'élastographie. La confrontation à l'examen clinique et aux données radiologiques (mammographie, IRM, voire scanner) est nécessaire.
- L'aspect de la glande mammaire varie avec l'âge.

Aspects pathologiques

Le rôle principal de l'échographie mammaire est de différencier les lésions solides des lésions liquidiennes (fig. 13.1 à 13.8).

Devant toute lésion, on étudiera systématiquement :

■ *les limites et les contours* : les lésions bénignes ont classiquement des contours réguliers (kystes, adénomes, abcès, hématomes, lipomes). Cependant, il faut savoir

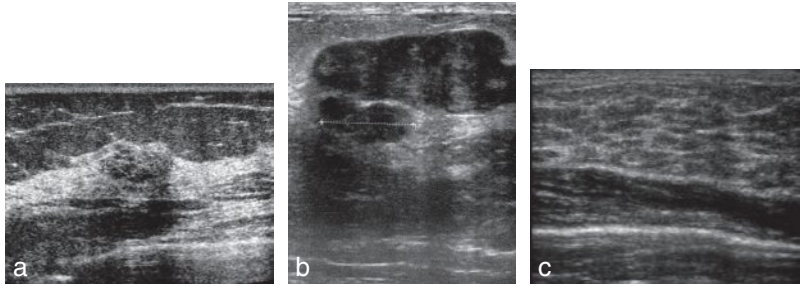


Fig. 13.1 Dystrophie.

a. Zone de dystrophie. **b.** Tissu dystrophique fibroadénomateux à l'histologie. **c.** Seins glandulaires, denses à la mammographie.

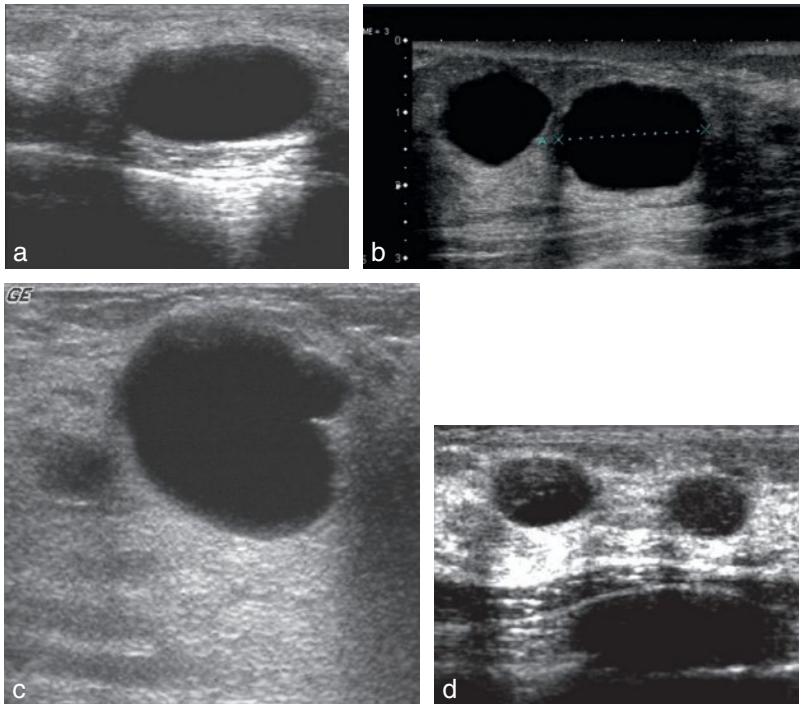


Fig. 13.2 Kystes du sein.

a. Kyste typique. **b.** Deux kystes. **c.** Formation liquidienne polylobée intraparenchymateuse. **d.** Kyste à contenu épais.

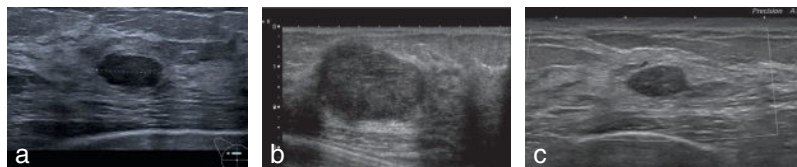


Fig. 13.3 Tumeur bénigne du sein : fibroadénome.

- a.** Petite masse ovale bien limitée hypoéchogène avec renforcement postérieur.
b. Fibroadénome. **c.** Fibroadénome : Doppler.

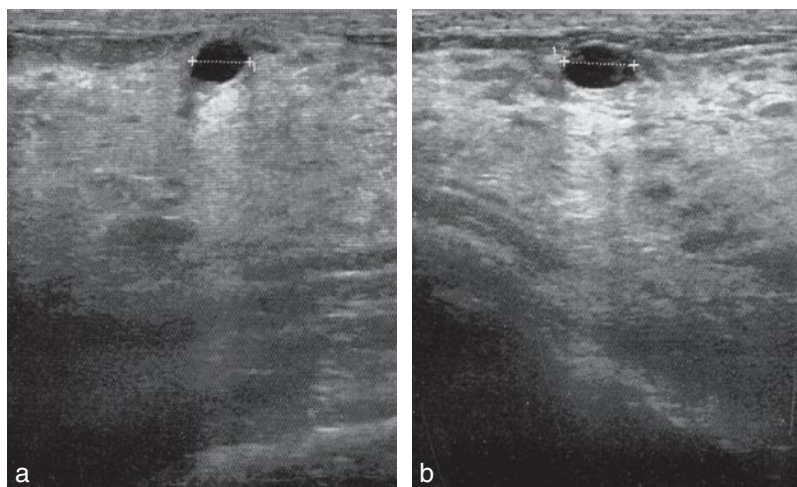


Fig. 13.4 Kystes infracentimétriques.

- a.** Formation liquidienne pure de 4,5 mm de grand axe horizontal avec renforcement postérieur du faisceau ultrasonore. **b.** Formation liquidienne pure de 5,5 mm de grand axe horizontal avec renforcement postérieur du faisceau ultrasonore.

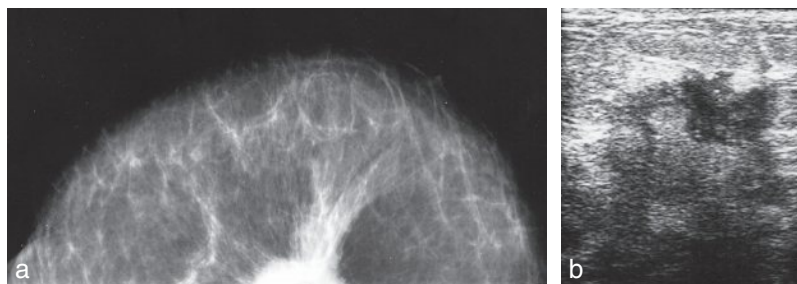


Fig. 13.5 Cancer du sein.

- a.** Mammographie : opacité dense à limites spiculées. **b.** Échographie : image irrégulière avec importante zone d'atténuation.

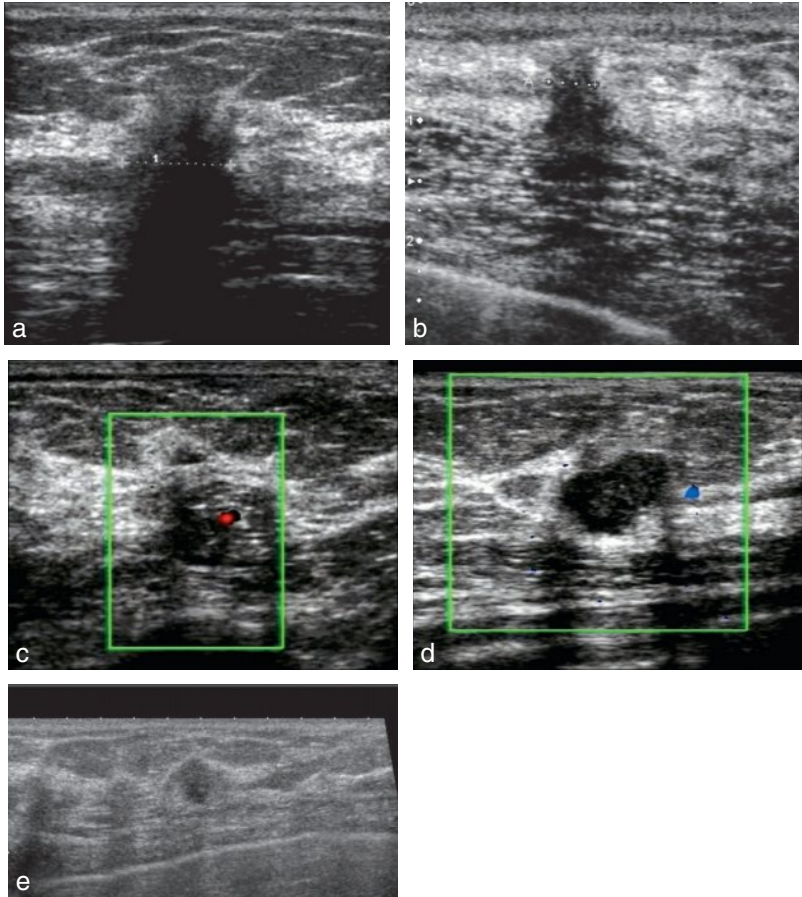


Fig. 13.6 Cancer du sein.

- a.** Cancer de 13 mm de grand axe oblique avec atténuation postérieure du faisceau ultrasonore.
- b.** Cancer de 4 mm détecté à l'échographie.
- c.** Cancer : flux intralésionnel au Doppler.
- d.** Cancer : lésion aux contours irréguliers, au grand axe oblique.
- e.** Carcinome intracanalinaire : noter le halo hyperéchogène et le grand axe vertical.

que certains cancers colloïdes et nodulaires peuvent avoir le même aspect. Des contours flous orienteront préférentiellement vers une tumeur maligne mais il peut également s'agir d'une dystrophie (fig. 13.1);

■ *l'échostructure* qui peut être homogène avec des échos de même taille, en faveur de la bénignité. Elle peut être anéchogène et il est alors important de rechercher d'éventuelles parois, des cloisons, des végétations. Elle peut enfin être hétérogène avec des échos de taille différente, en faveur de la malignité;

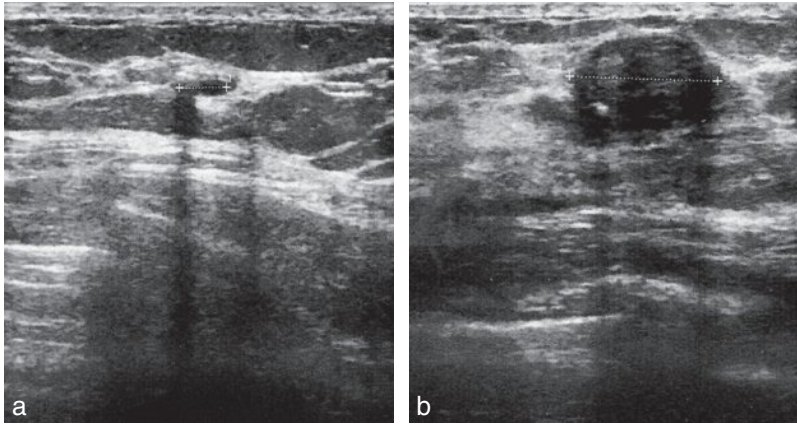


Fig. 13.7

a. Microkyste partiellement calcifié. **b.** Adénofibrome partiellement calcifié.

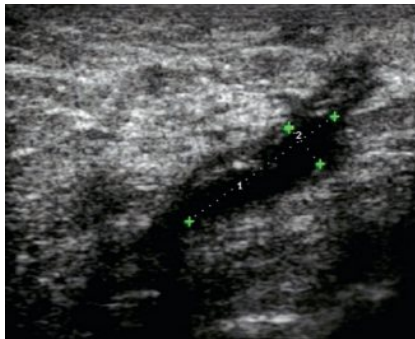


Fig. 13.8 Hématome.

- *la transmission des échos* : le renforcement postérieur du faisceau ultrasonore est en faveur de la bénignité alors que l'atténuation est en faveur de la malignité ;
- *le grand axe de la lésion* : un grand axe horizontal oriente vers une tumeur bénigne alors qu'un l'axe vertical ou oblique est plutôt en faveur d'une lésion maligne ;
- *l'étude de la lésion au Doppler couleur* à la recherche d'un signal interne, d'un encoarblement périphérique.

À partir de ces éléments, on peut distinguer différents types d'images :

- une masse arrondie ou ovale, aux contours réguliers, anéchogène, sans cloison ni végétation, à grand axe horizontal, sans signal interne au Doppler couleur, avec un encoarblement vasculaire harmonieux, est très évocatrice d'un kyste mammaire (fig. 13.2). Les kystes infracentimétriques sont fréquents, sans valeur pathologique s'ils sont typiques (fig. 13.3). Plusieurs kystes peuvent se réunir en grappe ;

- les kystes plus volumineux doivent être surveillés régulièrement à la recherche de modifications de leur aspect : contenu non liquidien pur dans le cas d'un kyste hémorragique par exemple, apparition de cloison, de végétation imposant une ponction ou une histologie;
- une masse bien limitée, faiblement hypoéchogène, avec renforcement postérieur du faisceau ultrasonore, à grand axe horizontal, homogène, est en faveur d'un fibroadénome (fig. 13.4);
- au Doppler, on recherche une couronne périphérique vasculaire avec un pédicule vasculaire intralésionnel dont le calibre et le trajet sont réguliers;
- il faut cependant toujours se méfier devant l'apparition récente d'une lésion de ce type de l'éventualité d'une tumeur maligne que seule l'histologie permettra d'éliminer. C'est pourquoi devant l'apparition d'une masse tissulaire du sein chez une femme, il est souhaitable de réaliser un contrôle à quatre mois et si l'aspect se modifie ou si la patiente a plus de 40 ans, de réaliser une microbiopsie;
- une masse hypoéchogène, hétérogène, peut correspondre à un abcès ou à un hématome (fig. 13.5). L'interrogatoire et la clinique aident au diagnostic. Dans le cas de l'abcès, on recherchera une couronne périphérique plus échogène et épaisse;
- une masse ayant des critères de malignité est dans la forme la plus caractéristique une lésion hypoéchogène et hétérogène, aux contours irréguliers, au grand axe vertical ou oblique. On recherchera une atténuation du faisceau ultrasonore avec cône d'ombre postérieur (présent dans 20 à 40 % des cas de tumeur maligne) (fig. 13.6 et 13.7) et un flux intralésionnel avec la présence de néovaisseaux périlésionnels immédiats au Doppler couleur. Un liseré hyperéchogène périphérique est également en faveur de la malignité.

Apport de l'échographie dans la classification Bi-Rads

L'*American College of Radiology* a édité une classification des aspects radiologiques des seins selon le degré de suspicion bénin, probablement bénin, suspect et malin (classification *Breast imaging-Reporting and data system* ou *Bi-Rads*) (tableau 13.1).

Tableau 13.1 Classification Bi-Rads.

ACR 1	Mammographie normale
ACR 2	Anomalie typiquement bénigne
ACR 3	Anomalie très probablement bénigne
ACR 4	Anomalie suspecte de malignité
ACR 5	Anomalie typique de cancer

Une échographie peut compléter l'impression mammographique.

L'échographie a un intérêt pour confirmer la nature kystique d'une opacité (ACR 2), se présentant sur la mammographie comme une masse ronde plus ou moins polylobée, au contour net, parfois masqué, de densité moyenne et homogène et se traduisant à l'échographie par une image kystique liquidienne typique. Dans le cas d'anomalies classées ACR 3 en mammographie avec traduction échographique, l'échographie permet une surveillance rapprochée des lésions, par exemple dans le cas de fibroadénomes.

En cas d'anomalie de type ACR 4 ou 5, l'échographie permet de rechercher des signes en faveur de la malignité, de préciser les dimensions de la lésion, de la situer en profondeur et par rapport à l'aréole, de rechercher des adénopathies et de guider la réalisation de microbiopsies.

Au terme de l'échographie, il est donc possible de conclure le compte rendu en classant l'examen selon la classification du Bi-Rads échographique :

- ACR 1 : absence d'anomalie échographique;
- ACR 2 : anomalie typiquement bénigne (ganglion typique [fig. 13.9], kyste typique);
- ACR 3 : anomalie probablement bénigne (critères bénins \pm limites mal définies ou atténuation postérieure). Surveillance à 4, 12 et 24 mois;
- ACR 4 : anomalie suspecte de malignité (pas tous les critères de bénignité et moins de 3 critères malins);
- ACR 5 : anomalie très probablement maligne. Au moins 3 critères malins.

Points essentiels

- Le rôle principal de l'échographie mammaire est de différencier les lésions solides des lésions liquidiennes.
- Les lésions bénignes ont classiquement des contours réguliers (kystes, adénomes, abcès, hématomes, lipomes).
- Une masse ayant des critères de malignité est dans la forme la plus caractéristique une lésion hypoéchogène et hétérogène, aux contours irréguliers, au grand axe vertical ou oblique.
- Au terme de l'échographie, on peut classer l'examen selon la classification du Bi-Rads  chographique.

En cas de seins denses sur la mammographie

En cas de seins denses, si la mammographie met en évidence des distorsions de l'architecture ou des opacités dont les contours sont mal identifiables en raison de la densité environnante, la réalisation d'une échographie permet de rechercher une lésion, d'en préciser les caractéristiques sémiologiques, et si besoin de guider des biopsies.

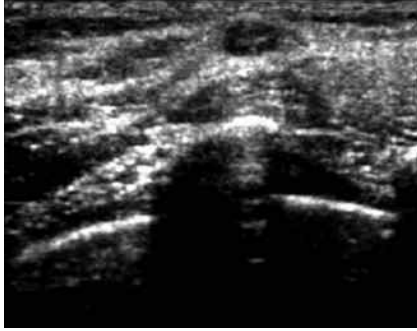


Fig. 13.9 Ganglion intramammaire.

Apport de l'échographie dans les ponctions histologiques, les microbiopsies et le repérage préopératoire

Dans le cas d'une lésion ayant une traduction à la fois radiologique et ultrasonore, le choix entre ponction échoguidée et ponction radioguidée dépend essentiellement de l'opérateur. La masse à ponctionner est repérée à l'échographie dans plusieurs plans de coupe. Après désinfection cutanée et anesthésie locale, un gel stérile est appliqué sur la peau; le contrôle échographique permet de suivre la progression de l'aiguille jusque dans la lésion. Plusieurs prélèvements sont alors réalisés et en cas de lésion de petite taille suspecte de malignité, un clip de repérage est mis en place.

L'intérêt de la ponction échoguidée réside essentiellement dans sa rapidité et dans la possibilité de la réaliser dans le prolongement de l'examen diagnostique.

Dans le repérage préopératoire, l'échographie permet d'indiquer par marquage cutané ou par implantation d'un fil mécanique (hameçon) la localisation de la lésion devant être retirée chirurgicalement.

Conclusion

L'échographie apporte de précieux renseignements en sénologie mais elle manque de spécificité et doit, dans la grande majorité des cas, demeurer un examen de 2^e intention à interpréter avec la mammographie. Elle permet également de guider les ponctions à visée diagnostique ou d'effectuer des repérages préopératoires de lésions infracliniques.

Région cervicale

M. Bienvenu-Perrard, P. Fayet

PLAN DU CHAPITRE

- **Glande thyroïde**
 - Rappel anatomique
 - Technique d'examen
 - Échoanatomie
 - Indications et apport de l'échographie thyroïdienne
 - Nodule thyroïdien
 - Goitres et thyroïdopathies
- **Parathyroïdes**
 - Rappel anatomique
 - Technique d'examen
 - Résultats

Glande thyroïde

Rappel anatomique

La thyroïde est formée de deux lobes situés de part et d'autre de la trachée, reliés par l'isthme (fig. 14.1).

Elle est située également de part et d'autre du larynx, du pharynx, recouverte par les muscles sterno-cléido-hyoïdien et sternothyroïdien; le muscle sterno-cléido-mastoïdien plus large est antérolatéral par rapport à chaque lobe; le muscle long du cou se situe en arrière de chaque lobe et il est contigu à la vertèbre cervicale. Le paquet vasculo-nerveux (nerf récurrent laryngé et vaisseaux thyroïdiens inférieurs) chemine entre le muscle long du cou et le lobe thyroïdien. L'œsophage est situé entre la trachée et la face interne du lobe gauche de la thyroïde. L'artère carotide primitive et la veine jugulaire plus en dehors siègent en dehors de chaque lobe.

La hauteur des lobes thyroïdiens est de 5 ± 1 cm, leur épaisseur est de $1,5 \pm 0,5$ cm et leur largeur de $2,5 \pm 0,5$ cm; l'épaisseur de l'isthme est de 5 mm maximum.

Le volume de chaque lobe est estimé par le calcul largeur \times épaisseur \times hauteur \times 0,5. Le volume maximal est de 20 cm^3 chez l'homme, 18 cm^3 chez la femme et 16 cm^3 chez l'adolescent. Un isthme normal a un volume inférieur à 1 cm^3 (en cas d'hypertrophie, on rajoutera sa valeur à celui des lobes). Au-delà de ces volumes, il s'agit d'un goitre.

Technique d'examen

L'échographie thyroïdienne se situe toujours après l'examen clinique (masse palpable, douleurs cervicales) pour le diagnostic des goitres, des nodules et permet le guidage des cytoponctions si nécessaire.

Le Doppler couleur permet de préciser le type de vascularisation de la thyroïde et des nodules. Il permet également le repérage de structures vasculaires éventuelles sur le trajet de ponction.

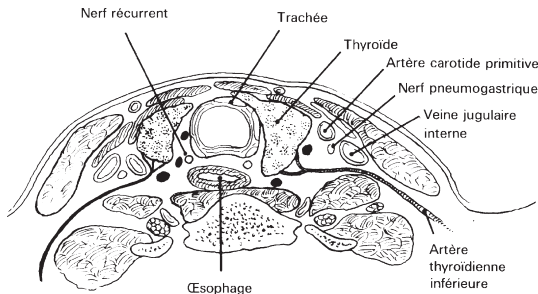


Fig. 14.1 Coupe transversale du cou au niveau de la 6^e vertèbre cervicale.

Enfin, l'élastographie s'est développée plus récemment et permet d'apprécier la rigidité tissulaire. Elle aide pour la caractérisation des nodules thyroïdiens.

■ *Préparation* : demander au patient de dégager son cou et en particulier d'enlever chaîne et collier.

■ *Position du patient* : le cou est maintenu en hyperextension, le patient étant en décubitus dorsal (sans excès en cas d'arthrose cervicale).

■ *Matériel* : sonde linéaire de haute fréquence (> 10 MHz), mode Doppler couleur et pulsé et si possible module d'élastographie. Une sonde microconvexe est utile en cas de goitre plongeant et pour l'étude du secteur VI.

■ *Protocole d'examen* : les coupes transversales doivent être étagées et étudier la symétrie entre les deux lobes.

Les coupes longitudinales passent par le grand axe des deux lobes.

Les localisations ectopiques sus et sous-thyroïdiennes doivent être recherchées (sur le trajet du tractus thyroglosse), situées en dedans de l'axe carotidien.

Les vaisseaux latéro-cervicaux doivent également être analysés ainsi que les aires ganglionnaires cervicales.

En cas de cou bref, les coupes transverses sont toujours possibles, mais pour les coupes longitudinales, une barrette plus courte peut être utile.

Échoanatomie

Les contours thyroïdiens sont réguliers, l'échostructure de la thyroïde est très homogène, son échogénicité est supérieure à celle des muscles préthyroïdiens (gradient musculo-parenchymateux) (fig. 14.2a et b).

La trachée médiane présente une interface échogène au niveau des cartilages et une ombre acoustique en arrière, liée à la présence d'air.

L'œsophage est souvent vu en arrière du lobe gauche.

Les structures carotidiennes et jugulaires internes sont bien appréciées latéralement. La manœuvre de Valsalva est parfois utile, pour l'étude des veines.

Au Doppler couleur, la visualisation des artères thyroïdiennes inférieure et supérieure de chaque lobe thyroïdien est quasi constante, de même que quelques signaux vasculaires sporadiques intrathyroïdiens (fig. 14.2c). Les vitesses systoliques normales sont comprises entre 20 et 60 cm/s.

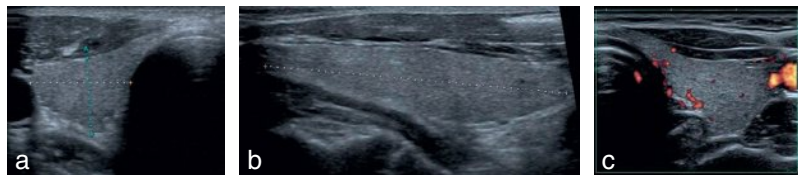


Fig. 14.2 Thyroïde normale.

a. Coupe transversale. b. Coupe longitudinale. c. Vascularisation normale.

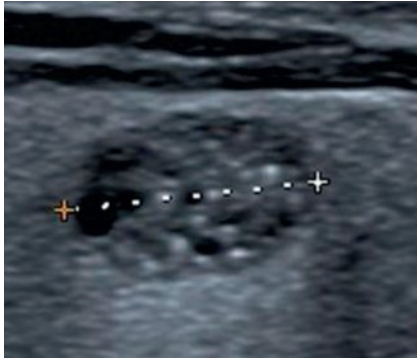


Fig. 14.3 Granulations colloïdales.

Certaines variantes morphologiques et échostructurales sont à connaître : il est fréquent d'observer une prédominance droite du volume des lobes thyroïdiens ; de même, on peut noter la présence d'incisures, notamment si l'on utilise une sonde de très haute fréquence. Par ailleurs, les septa fibreux vus sous forme de bandes hyperéchogènes traversant la thyroïde peuvent être à l'origine d'aspects pseudo-nodulaires.

Enfin, des follicules remplis de colloïde peuvent être visibles sous la forme de microkystes de quelques millimètres sans aucune signification pathologique. Les granulations colloïdales apparaissent sous forme de ponctuations hyperéchogènes avec renforcement postérieur (aspect en queue de comète) (fig. 14.3) parfois difficiles à différencier des microcalcifications.

Points essentiels

- Le volume maximal de la thyroïde est de 20 cm³ chez l'homme, 18 cm³ chez la femme et 16 cm³ chez l'adolescent. Au-delà, il s'agit d'un goitre.
- L'échostructure de la thyroïde normale est homogène, son échogénicité est supérieure à celle des muscles préthyroïdiens.

Indications et apport de l'échographie thyroïdienne

L'échographie permet :

- de confirmer l'existence d'un nodule thyroïdien (suspecté à la palpation ou découvert fortuitement lors d'un examen d'imagerie), de définir son caractère unique ou multiple, de mesurer son volume ;
- le diagnostic de goitre et/ou de thyroïdopathie dysimmunitaire.

Nodule thyroïdien

On désigne sous le nom de nodule toute hypertrophie localisée de la glande thyroïde. Un nodule peut correspondre à plusieurs étiologies :

- nodules **bénins** : le plus souvent adénome vésiculaire, mais aussi kyste simple ou hémorragique (hématocèle), thyroïdite aiguë, subaiguë ou chronique;
- nodules **malins** (5 à 6 % des nodules) : cancer papillaire, vésiculaire, médullaire (CMT) et anaplasique et plus rarement lymphome ou métastase.

L'objectif de l'échographie est la caractérisation du (des) nodule(s) et l'appréciation du risque de malignité (stratification du risque) grâce au score Ti-Rads (*Thyroid imaging-Reporting and database system*).

Sémiologie échographique

- **Localisation** précise dans le lobe, numérotation (schéma).
- **Taille** (3 diamètres) et **volume**.
- **Forme** : régulière (ovale) ou irrégulière.
- **Contours** : réguliers ou non (anguleux, microlobulés).
- **Limites** (halo complet ou non), contact éventuel avec la capsule.
- **Contenu** : échogénicité : hypo, hyper ou isoéchogène au parenchyme thyroïdien adjacent. La détection des nodules isoéchogènes peut être facilitée par le Doppler qui peut l'individualiser en montrant des vaisseaux entourant la masse. En cas d'hypoéchogénicité du nodule, il est alors nécessaire de la comparer à l'échogénicité des muscles préthyroïdiens. Si elle reste supérieure à celle des muscles, il s'agira d'un nodule modérément hypoéchogène. Dans le cas contraire, si l'échogénicité du nodule est non seulement inférieure à celle du parenchyme thyroïdien mais également à celle des muscles alors il s'agira d'une forte hypoéchogénicité.
- Échostructure :
 - *les nodules solides purs* représentent 75 à 80 % des cas;
 - *les nodules liquidiens purs* sont rares et se manifestent sous forme d'une structure anéchogène avec renforcement postérieur, sans paroi ou avec une paroi fine et régulière, sans composante solide et non vascularisée;
 - *les nodules mixtes* (25 %) sont à la fois solides et liquidiens. Il convient d'indiquer la composante prédominante. Leur caractérisation se fait sur l'échogénicité de la portion solide.
- **Calcifications** : microcalcifications, macrocalcifications (centrales ou périphériques).
- **Vascularisation** au Doppler. On distingue quatre types :
 - absence de vascularisation intranodulaire;
 - vascularisation uniquement périphérique;
 - vascularisations mixte, périphérique et intranodulaire;
 - vascularisation intranodulaire prédominante (centrale).

- **Score élastographique** : permet d'évaluer la dureté d'un nodule. L'élastographie relative (de contrainte) permet d'évaluer sa rigidité par rapport au tissu sain avoisinant. L'élastographie transitoire (*shear waves*) permet une quantification chiffrable.
- **Signes indirects de malignité** : ganglions spécifiques ou envahissement des organes de voisinage.



Compte rendu standardisé

Indication

- Histoire clinique, biologie.
- Données des examens antérieurs.
- Antécédents personnels (pathologie thyroïdienne, traitement, irradiation cervicale) ou familiaux (carcinome thyroïdien).

Technique

Équipement, type de sonde utilisée, date de mise en service.

Résultat

- 3 dimensions de chaque lobe, volume, épaisseur de l'isthme.
- Échogénicité et vascularisation du parenchyme thyroïdien.
- Description des nodules : siège, taille (3 dimensions et volume), contours, contenu (échogénicité et échostructure), présence de micro ou macrocalcifications, vascularisation, score Ti-Rads (**numérotation et schéma**).
- Étude des chaînes ganglionnaires cervicales (schéma).
- Retentissement trachéal (déviation, rétrécissement du calibre) et/ou caractère plongeant de la thyroïde.

Conclusion

- Examen normal ou type de pathologie.
- Comparaison aux examens antérieurs.
- Recommandations : surveillance ou orientation vers une cytoponction d'un ou plusieurs nodules.

Score Ti-Rads

La **classification Ti-Rads** (*Thyroid imaging-Reporting and data system*) permet une stratification du risque de malignité des nodules en fonction de leur aspect échographique (tableau 14.1 et fig. 14.4).

Points essentiels

- La classification Ti-Rads (de 1 à 5) permet une stratification du risque de malignité des nodules en fonction de leur aspect échographique.
- Les signes de forte suspicion sont : l'hypoéchogénicité marquée, les microcalcifications, la forme irrégulière, les contours irréguliers, la dureté en élastographie.

Tableau 14.1 Classification Ti-Rads.

Ti-Rads 1	Examen normal
Ti-Rads 2	Pratiquement constamment bénin : <ul style="list-style-type: none"> – kyste simple (fig. 14.5a) – nodule spongiforme (il s'agit d'un kyste cloisonné avec des cloisons isoéchogènes peu ou pas vascularisées) (fig 14.5b) – <i>white knights</i> (pseudo-nodules hyperéchogènes d'une thyroïdite auto-immune chronique. Pas de vascularisation) – macrocalcification isolée
Ti-Rads 3	Très probablement bénin (risque de malignité autour de 0,25 %) : nodule isoéchogène (ou hyperéchogène dans un contexte de thyroïdite chronique) sans signe de forte suspicion (fig. 14.5c)
Ti-Rads 4A	Faible risque de malignité (compris entre 1 et 6 %) : nodule hypoéchogène sans signe de forte suspicion (fig. 14.5d)
Ti-Rads 4B	Haut risque de malignité (compris entre 25 et 69 %) <ul style="list-style-type: none"> – Pas de ganglion suspect et 1 ou 2 signes parmi les 5 signes de forte suspicion : – nodule plus épais que large (forme irrégulière) (fig 14-5e) – contours irréguliers, anguleux ou lobulés (fig 14-5e et f) – microcalcifications (fig. 14.5 g) – fortement hypoéchogène – rigidité élevée en élastographie (fig. 14.5 h)
Ti-Rads 5	Pratiquement certainement malin <ul style="list-style-type: none"> – Ganglion suspect et/ou 3 à 5 signes parmi les signes de forte suspicion cités ci-dessus
Signes spécifiques (de forte suspicion) pour les ganglions : <ul style="list-style-type: none"> – microcalcifications – logettes kystiques (fig. 14.6a et b) – vascularisation anarchique (fig. 14.5a) – aspect thyroïdomimétique (fig. 14.5c) 	

Indication de la cytoponction des nodules thyroïdiens

Elle permet de trier les indications chirurgicales. Elle est réalisée après une échographie détaillée permettant de définir les nodules à ponctionner :

- nodule de taille > 20 mm : cytoponction systématique;
- nodule de taille ≥ 10 mm et < 20 mm : cytoponction si score Ti-Rads 4A, 4B ou 5 et dans les scores Ti-Rads 3 en cas d'augmentation significative de la taille du nodule (plus de 20 % en un an ou plus de 2 mm dans 2 dimensions);
- nodule de taille > 7 mm et < 10 mm : cytoponction en cas de :
 - nodule à risque : nodule hypermétabolique au TEP-FDG, nodule associé à une adénopathie suspecte (Ti-Rads 5) ou symptomatologie compressive (dysphonie, dysphagie),

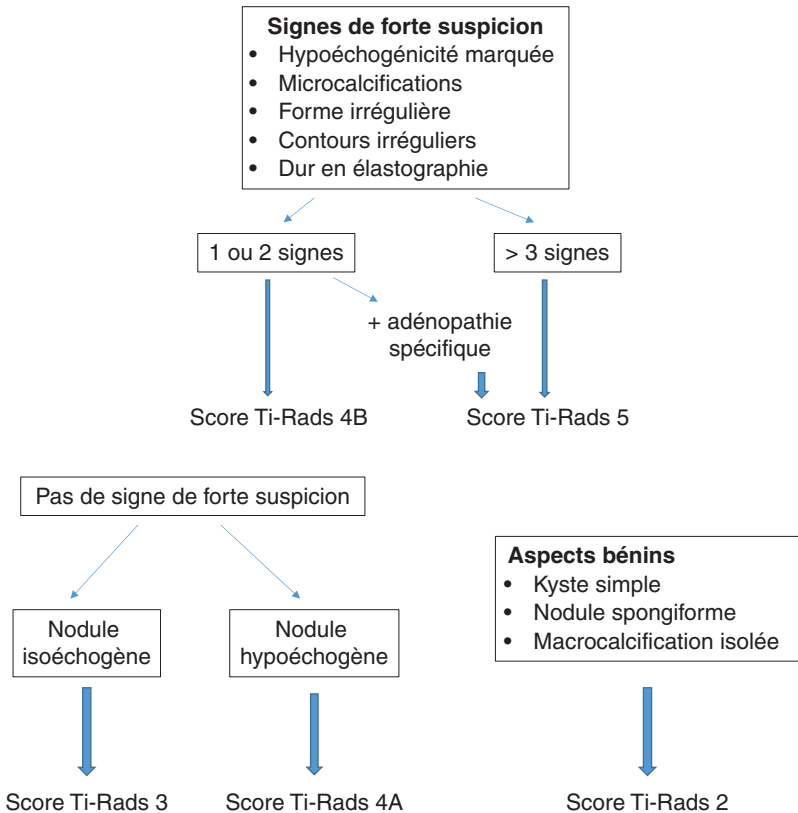


Fig. 14.4 Classification Ti-Rads.

- contexte à risque : antécédent personnel de radiothérapie cervicale, antécédents familiaux de cancer de la thyroïde, de CMT ou de néoplasie endocrinienne multiple de type 2, pathologies associées (maladie de Cowden, polypose colique familiale, complexe de Carney, syndrome de McCune-Albright).

La cytoponction n'est pas indiquée en cas de nodule hypercontrasté en scintigraphie, de nodule kystique Ti-Rads 2 (sauf à visée évacuatrice en cas de gêne).

Le contrôle échographique est recommandé lors de la cytoponction, indispensable en cas de nodule non palpable ou de nodule mixte (fig. 14.7).

Le compte rendu de la cytoponction doit permettre d'évaluer le risque de cancer selon la classification Bethesda.

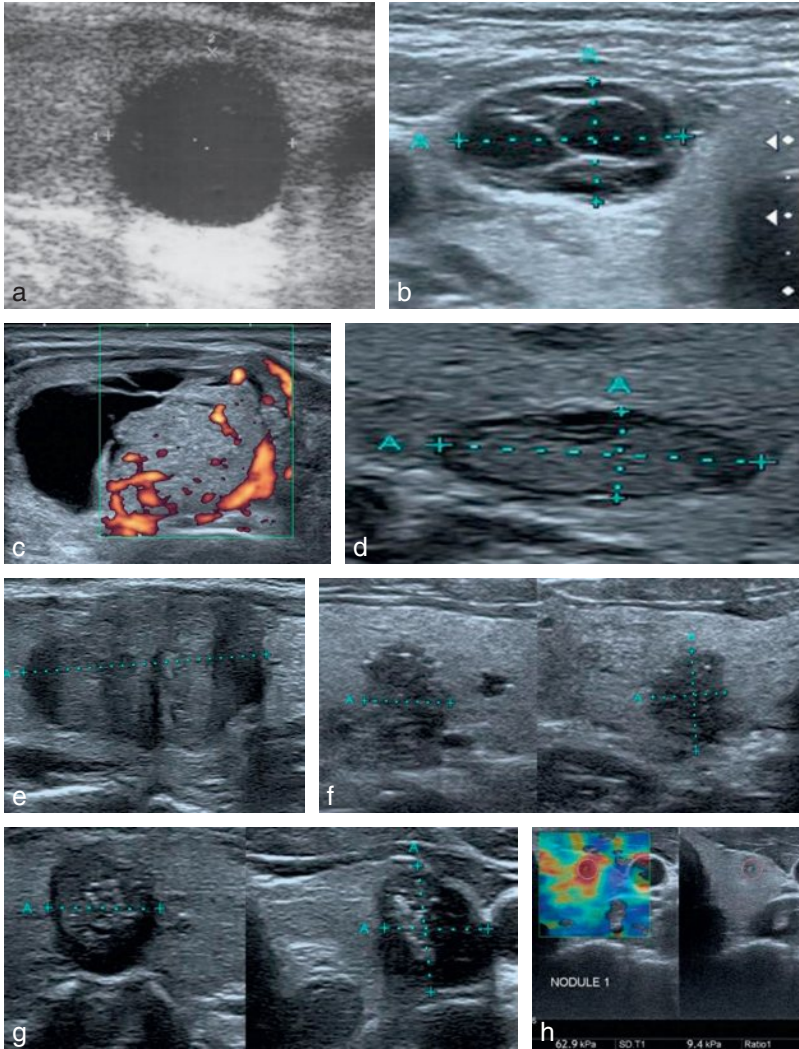


Fig. 14.5 Nodules thyroïdiens.

- a. Nodule kystique, score Ti-Rads 2. b. Nodule mixte, spongiforme, score Ti-Rads 2. c. Nodule mixte avec composante solide isoéchogène, score Ti-Rads 3. d. Nodule mixte avec composante solide modérément hypoéchogène, score Ti-Rads 4A. e. Nodule solide, hypoéchogène, aux contours anguleux, score Ti-Rads 4B. f. Nodule solide, hypoéchogène, aux contours irréguliers, de forme irrégulière (plus épais que large), score Ti-Rads 4B. g. Nodule mixte, hypoéchogène, comportant des microcalcifications, score Ti-Rads 4B. h. Nodule dur en élastographie, score Ti-Rads 4B.

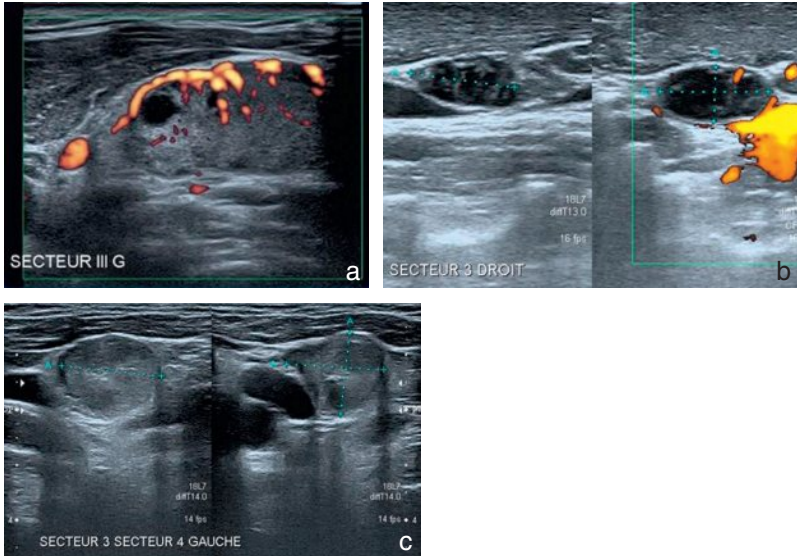


Fig. 14.6 Adénopathies.

a. Adénopathie suspecte du secteur III, en partie kystique, à vascularisation anarchique. b. Adénopathie suspecte du secteur III, mixte. c. Adénopathie suspecte à la jonction des secteurs III et IV, thyroïdomimétique et calcifiée.



Fig. 14.7 Guidage échographique de la cytoponction : extrémité de l'aiguille visible au niveau de la composante charnue du nodule.

Goitres et thyroïdopathies

Le goitre est une hypertrophie diffuse du corps thyroïde. En Europe, on parle de goitre pour un volume thyroïdien supérieur à 16 cm³ chez l'adolescent, 18 cm³ chez la femme et 20 cm³ chez l'homme.

Goitre simple ou multinodulaire

- *Goitre multinodulaire* : l'échographie mesure le volume du goitre, apprécie son retentissement et analyse les nodules qui seront reportés sur un schéma.
- *Maladie de Basedow* (fig. 14.8) : l'échographie montre en général une augmentation globale et modérée du volume thyroïdien (≤ 60 mL), ainsi qu'une hypoéchogénéité du parenchyme thyroïdien surtout dans les formes initiales, pouvant s'associer à de fines réticulations. Il existe une hypervascularisation diffuse au Doppler couleur. Les artères thyroïdiennes sont augmentées de calibre et au Doppler pulsé, les vitesses systoliques sont très élevées, le plus souvent supérieures à 60 cm/s.

Thyroïdite

L'échographie n'a qu'un rôle de complément de diagnostic, le contexte clinique et biologique étant souvent évocateur :

- *thyroïdite subaiguë ou maladie de De Quervain* (fig. 14.9) : cliniquement, le diagnostic est évoqué devant des douleurs cervicales antérieures associées à un syndrome inflammatoire biologique et à une TSH (*Thyroid Stimulating Hormone*) basse au stade initial. L'échographie retrouve des zones hypoéchogènes disposées irrégulièrement classiquement en situation antéroexterne. Au Doppler, les zones hypoéchogènes sont peu vascularisées. Si une scintigraphie est réalisée, elle est « blanche » (absence de captation de l'iode) ;

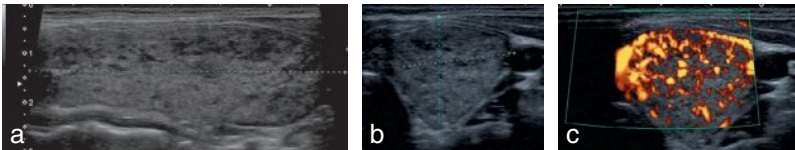


Fig. 14.8 Maladie de Basedow : coupes longitudinale (a), transversale (b), goitre hypoéchogène, hétérogène, hypervascularisé en Doppler couleur (c).

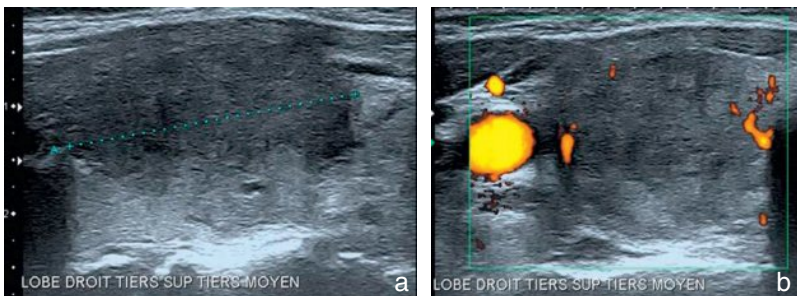


Fig. 14.9 Thyroïdite subaiguë : coupes longitudinale (a), transversale (b). Plage hypoéchogène, peu vascularisée.

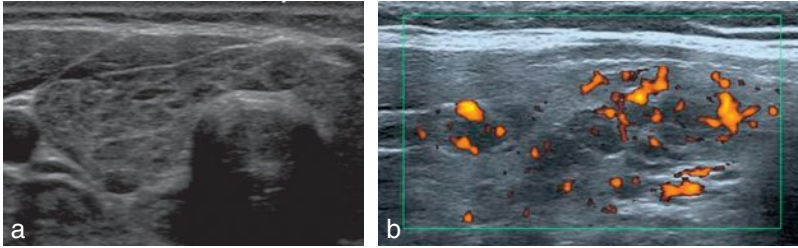


Fig. 14.10 Thyroïdite de Hashimoto : coupe transversale.

Thyroïde hypoéchogène, hétérogène avec travées hyperéchogènes (a); aspect pseudo-nodulaire (b).

■ *thyroïdite de Hashimoto* (fig. 14.10a) : c'est une maladie auto-immune, elle s'associe ou non à une hypothyroïdie. En échographie, la glande est diffusément hypoéchogène, hétérogène avec des septa hyperéchogènes. On peut observer des pseudo-nodules de thyroïdite (fig. 14.10b) que l'on distingue d'un « vrai » nodule par l'absence de syndrome de masse dans les différents plans de l'espace et l'absence d'encorbellement vasculaire. L'échographie permet aussi d'apprécier le volume de la glande et en suit l'évolution éventuelle vers l'atrophie;

■ *thyroïdite fibreuse de Riedel* : c'est une forme rare de thyroïdite caractérisée par une fibrose glandulaire invasive. L'échographie montre un parenchyme désstructuré, très hypoéchogène hétérogène, dur à l'élastographie, avec un caractère invasif dans les structures adjacentes et la présence d'adénopathies.

Goitre cancéreux

Le cancer anaplasique (4 à 15 % des cancers thyroïdiens) donne le plus souvent dans la forme étendue une hypertrophie globalement hypoéchogène, parfois mixte, avec des zones de nécrose. Il peut exister des calcifications. La forme focale hypoéchogène est exceptionnelle. Les adénopathies cervicales et médiastinales sont fréquentes ainsi que les extensions locorégionales.

Le lymphome thyroïdien n'a pas un aspect spécifique, il doit être évoqué devant un goitre très hypoéchogène, à croissance rapide avec des signes de compression en particulier dans un contexte de maladie de Hashimoto. Des prélèvements sont indiqués pour le diagnostic (cytoponction \pm biopsie).

Parathyroïdes

L'étude échographique des glandes parathyroïdes est réalisée principalement dans le cadre de l'exploration de l'hyperparathyroïdie. Les parathyroïdes normales ne sont pas visibles en échographie.

Rappel anatomique

Environ 85 % des patients ont 4 glandes parathyroïdes. Le plus souvent, il existe deux glandes supérieures (P4) situées en général en arrière du nerf récurrent laryngé en regard du tiers moyen ou supérieur de la thyroïde, au-dessus de l'artère thyroïdienne inférieure, et deux glandes parathyroïdiennes inférieures (P3) postérieures au pôle inférieur du lobe thyroïdien, au-dessous du point d'entrée de l'artère thyroïdienne inférieure dans l'espace thyroïdien.

Les 4 glandes sont donc situées au contact de la face postérieure de la thyroïde en dedans de l'axe jugulocarotidien, en avant des muscles longs du cou. Leur taille moyenne est de 5 – 3 – 1 mm (longueur – largeur – épaisseur).

Dans de rares cas, les parathyroïdes peuvent être situées plus bas, latéro-œsophagiennes, rétro-œsophagiennes, inter-trachéo-œsophagiennes. Rarement, elles peuvent être médiastinales.

L'échographie ne visualise pas celles en position rétrotrachéale ou médiastinale.

Technique d'examen

L'échographie est réalisée à l'aide de sondes linéaires de 7,5 à 10 MHz. Chez les patients obèses avec un cou court ou présentant un goitre, les sondes de 5 à 7 MHz peuvent être utilisées. L'examen doit comprendre la région thyroïdienne, le cou et le médiastin supérieur. L'échographie est réalisée dans un plan axial et longitudinal, le cou en hyperextension, en balayant de l'angle mandibulaire inférieur au manubrium sternal. Le repérage échographique est essentiel et comporte l'étude des lobes thyroïdiens et la région adjacente postéromédiane, du muscle long du cou, du paquet vasculaire jugulocarotidien, de l'artère thyroïdienne inférieure en regard de son croisement avec le nerf laryngé supérieur.

La recherche de glandes parathyroïdes dans la région paratrachéale ou para-œsophagienne est difficile, il faut alors positionner la sonde latéralement, en tournant la tête du patient du côté opposé.

Pour découvrir les glandes en situation thymique, il faut demander au patient d'avaler, objectivant ainsi leur mobilité avec la déglutition. Les glandes cervicales ou médiastinales, rétro-œsophagiennes situées dans la région trachéo-œsophagienne peuvent bénéficier de l'échographie endo-œsophagienne.

Résultats

Le seuil de détection des lésions parathyroïdiennes peut atteindre 5 mm. Il n'existe pas de critère échographique permettant de distinguer adénome, hyperplasie et carcinome parathyroïdien.

Typiquement, la glande est mobile lors de la déglutition, ovale, bien limitée, à grand axe craniocaudal, hypoéchogène par rapport à la thyroïde, hypervascularisée. Il existe

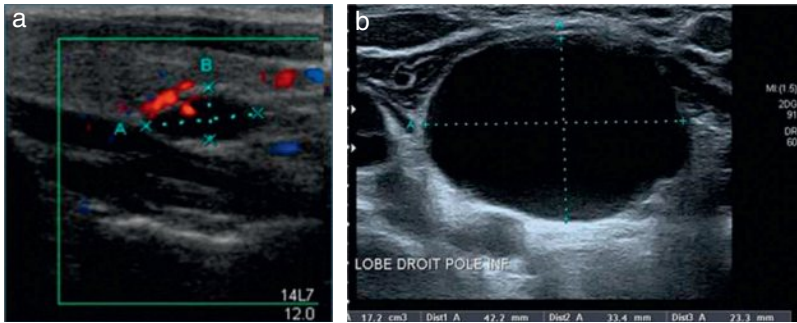


Fig. 14.11 Parathyroïdes.

a. Grosse parathyroïde, petit nodule ovalaire hypoéchogène situé en arrière du pôle inférieur du lobe thyroïdien droit. **b.** Kyste parathyroïdien confirmé par la cytoponction (liquide eau de roche et taux de PTH élevé dans le liquide).

de façon caractéristique une interface hyperéchogène séparant la glande parathyroïde pathologique du tissu thyroïdien, permettant de différencier la parathyroïde augmentée de volume d'un nodule thyroïdien (fig. 14.11a).

On peut observer un aspect kystique sous la forme d'une zone kystique dans un nodule solide ou d'un véritable kyste parathyroïdien (fig. 14.11b). Ce dernier est en général asymptomatique et non sécrétant, le diagnostic peut être confirmé par la cytoponction montrant un liquide « eau de roche » et un taux élevé d'hormone parathyroïdienne (PTH) dans le liquide de ponction.

La sensibilité de l'échographie pour la localisation des adénomes chez des patients présentant une hyperparathyroïdie primaire varie, mais elle est globalement d'environ de 70 à 80 % chez des patients qui n'ont pas subi d'intervention. Sa sensibilité est augmentée par l'association à une scintigraphie parathyroïdienne (MIBI).

Point essentiel

Rechercher une interface hyperéchogène séparant la glande parathyroïde pathologique du tissu thyroïdien, permettant de différencier la parathyroïde augmentée de volume d'un nodule thyroïdien.

Appareil locomoteur

M. Faruch Bilfeld, F. Lapègue, N. Sans

PLAN DU CHAPITRE

- **Technique d'examen**
- **Aspect échographique normal**
 - Le muscle normal
 - Le tendon normal
 - Le nerf normal
- **Aspects pathologiques**
 - Pathologie musculaire
 - Pathologie tendineuse
 - Pathologie nerveuse
 - Pathologie articulaire et para-articulaire
 - Pathologie osseuse
- **Indications fréquentes de demande d'échographies musculosquelettiques**
 - Recherche d'une lésion de la coiffe des rotateurs
 - Recherche d'un kyste poplité
 - Étude des mains dans la polyarthrite rhumatoïde
- **Gestes guidés par l'échographie**
- **Conclusion**

L'échographie, non irradiante, facile d'accès et de faible coût, est un examen devenu incontournable pour l'exploration de l'appareil locomoteur. Entre des mains entraînées, de par son excellente résolution spatiale, elle permet dans une grande majorité des cas d'apporter le diagnostic.

Technique d'examen

On utilise, en fonction de la profondeur de la structure anatomique à étudier, des sondes de plus ou moins haute fréquence (généralement entre 7 et 15 MHz). La comparaison entre le côté sain et le côté pathologique est souvent très contributive.

L'analyse échographique des structures tendineuses et musculaires doit se faire en position de tension et de relâchement. Un balayage de haut en bas en coupe axiale ou technique dite de « l'ascenseur » s'avère très utile pour l'analyse des structures nerveuses. L'avantage de l'échographie est qu'elle permet une analyse dynamique des structures étudiées qui peut s'avérer utile notamment dans la recherche d'un syndrome compressif et d'un conflit.

Aspect échographique normal

Le muscle normal

L'échographie permet de distinguer l'ensemble des composants anatomiques de la loge musculaire : les fibres musculaires contractiles composant la partie centrale du muscle, un tissu conjonctif de soutien composé des éléments vasculonerveux et de fibres de collagènes, les tendons, la jonction myotendineuse, zone de transition entre muscle et tendon, partie anatomique fragile et siège de la majorité des lésions traumatiques, et l'aponévrose périphérique qui entoure le corps musculaire.

En échographie, les fibres musculaires apparaissent hypoéchogènes, alors que les aponévroses et le squelette conjonctivofibreux sont hyperéchogènes (fig. 15.1).

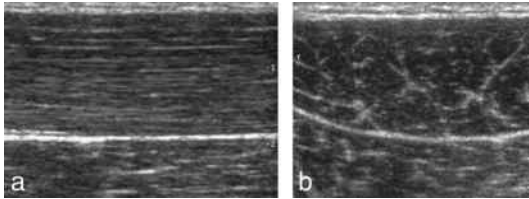


Fig. 15.1 Muscle : coupes longitudinale (a) et transversale (b).

Les fibres musculaires apparaissent hypoéchogènes tandis que les aponévroses et le squelette conjonctivofibreux apparaissent hyperéchogènes.

Si des épreuves dynamiques en contraction sont réalisées, le muscle devient plus hypoéchogène en raison de l'augmentation du volume des fibres. Les cloisons aponevrotiques restent hyperéchogènes mais peuvent voir leur orientation se modifier. Il est important de savoir que le muscle, tout comme les tendons et dans une moindre mesure, les nerfs, sont sujets à l'artefact d'anisotropie d'autant plus qu'il existe une orientation variable des fibres musculaires en fonction de leur site d'insertion.

Certaines circonstances physiologiques peuvent également modifier l'aspect échographique des muscles. L'échogénicité musculaire augmente avec l'âge du sujet et avec la diminution de sa trophicité. Cette hyperéchogénicité est également retrouvée dans certains contextes pathologiques comme en cas de dénervation musculaire (fig. 15.2). Cette atteinte neurogène aboutit à un aspect dédifférencié des faisceaux musculaires par rapport aux structures aponevrotiques de soutien et s'accompagne également d'une amyotrophie. On s'aidera de la comparaison des volumes musculaires avec le côté controlatéral pour affirmer l'existence d'une amyotrophie.

Le tendon normal

Dans le plan longitudinal, le tendon apparaît comme une structure fibrillaire hyperéchogène (faisceaux de fibres de collagène), à bords nets, d'épaisseur symétrique, au sein d'une structure d'échogénicité intermédiaire (matrice de protéoglycanes), elle-même entourée de deux lignes hyperéchogènes constituant la gaine tendineuse (fig. 15.3a).

Dans le plan transversal, le tendon apparaît comme une structure présentant un aspect de fin piqueté hyperéchogène (fibres de collagène), au sein d'une structure

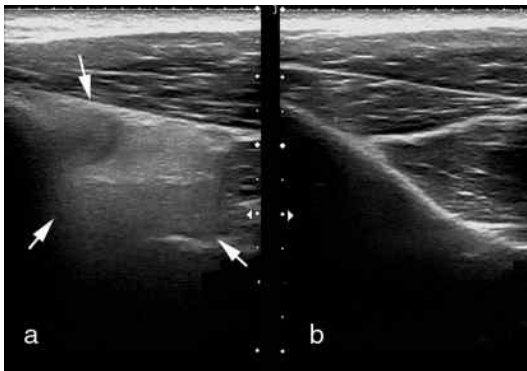


Fig. 15.2 Coupe axiale du muscle infra-épineux chez un sujet présentant une dénervation musculaire.

Aspect hyperéchogène et dédifférencié de la loge musculaire (a, flèches) comparativement au controlatéral sain (b).

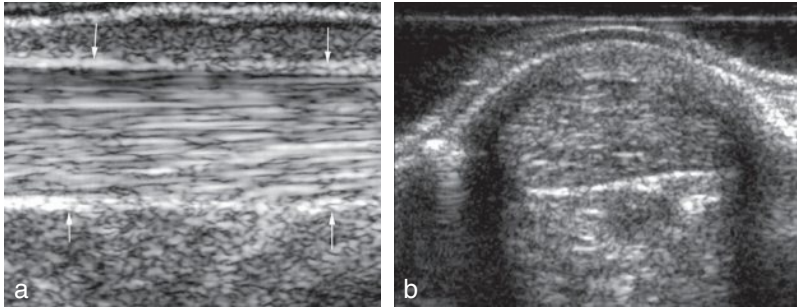


Fig. 15.3 Aspect échographique normal du tendon.

a. En coupe longitudinale : le tendon présente une structure hyperéchogène et fibrillaire. La gaine synoviale apparaît comme deux lignes périphériques hyperéchogènes (flèches). **b.** En coupe axiale : le tendon apparaît ovale et comporte de multiples échos et entouré par une gaine synoviale hyperéchogène.



Fig. 15.4 Artefact d'anisotropie localisé au niveau du tendon supra-épineux.

Zone hypoéchogène (étoile) apparaissant quand le faisceau incident ultrasonore n'est pas perpendiculaire au plan tendineux.

d'échogénicité intermédiaire (matrice de protéoglycanes) et entourée d'une gaine hyperéchogène (fig. 15.3b).

Un tendon normal est dénué de signal Doppler. L'étude échographique des tendons doit s'effectuer en tension modérée afin de profiter de l'alignement des fibres, mais également détendu pour pouvoir ouvrir et dépister les petites fissures longitudinales.



Pièges diagnostiques échographiques dans l'analyse des tendons

- Artefact d'anisotropie (fig. 15.4) qui apparaît dès que le tendon n'est pas strictement perpendiculaire à l'axe du faisceau ultrasonore dans le plan axial et

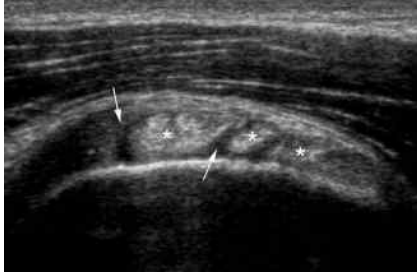


Fig. 15.5 Aspect normal plurifasciculé (étoile) du tendon souscapulaire en coupe axiale.

Entre les différentes parties du tendon sont visualisées les fibres musculaires hypoéchogènes (flèches).

parallèle à lui dans le plan longitudinal. Il sera donc indispensable de contrôler l'existence des images pathologiques dans deux plans orthogonaux.

- Variations anatomiques de certains tendons (tendon souscapulaire, tendon du triceps brachial à sa partie distale, tendon quadricipital) qui sont plurilamellaires et qu'il ne faudra pas confondre avec des lésions fissuraires tendineuses (fig. 15.5).

Le nerf normal

À l'état normal, le nerf périphérique est constitué de fascicules entourés d'un tissu conjonctif de soutien appelé périnèvre, lui-même enveloppé par l'épinèvre.

En coupe axiale, les fascicules nerveux apparaissent hypoéchogènes tandis que le tissu environnant est hyperéchogène, à l'origine de l'aspect échographique classique en « nid d'abeille » dans le plan transversal ou de type folliculaire (fig. 15.6).

En coupe longitudinale, le nerf périphérique prend un aspect fibrillaire (fig. 15.7).

Dans les deux plans, le nerf est entouré de l'épinèvre qui apparaît hyperéchogène. Bien que vascularisé, aucun signal Doppler significatif n'est retrouvé au niveau de l'épinèvre à l'état normal.

Comparativement aux tendons, les nerfs restent peu mobilisables lors des manœuvres de contraction musculaire et sont beaucoup moins sujets à l'artefact d'anisotropie.

Points essentiels

- L'examen échographique des tendons et muscles doit être réalisé de manière systématique en position de tension et de relâchement.
- Les muscles, tout comme les tendons et dans une moindre mesure les nerfs, sont sujets à l'artefact d'anisotropie.

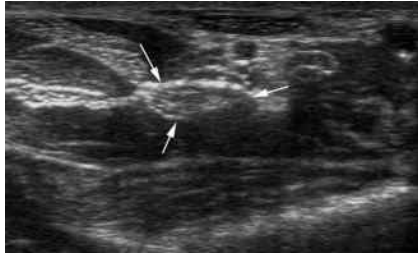


Fig. 15.6 Nerf médian.

Coupe échographique axiale montrant l'aspect dit « en nid d'abeille » ou en « petit ovaire ».

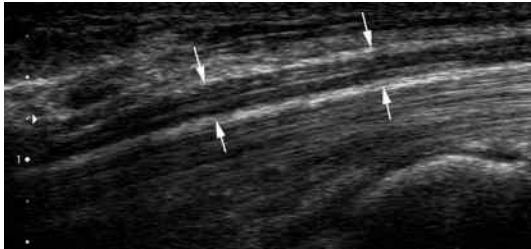


Fig. 15.7 Nerf médian.

Coupe longitudinale permettant de mettre en évidence l'aspect fibrillaire du nerf associant une alternance d'éléments en hyposignal (fascicules nerveux) et en hypersignal (enveloppes).

Aspects pathologiques

Pathologie musculaire

Lésions traumatiques

Physiopathologie

On distingue deux grands groupes de lésions musculaires en fonction du mécanisme :

- les lésions intrinsèques : il existe une inadéquation entre la force de contraction et l'élongation musculaire lors d'un étirement excessif ou d'une contraction forcée. Il en résulte une rupture de fibres musculaires au niveau d'une jonction myoaponévrotique qui semble être la zone de faiblesse du complexe musculotendineux;
- les lésions extrinsèques : elles résultent, quant à elles, d'un traumatisme direct (compression d'un muscle contre l'os, traumatisme pénétrant, etc.).

Sémiologie échographique

Lésions par mécanisme intrinsèque

Diagnostic topographique

L'échographie permet le démembrement des différents types de lésion en fonction du lieu de l'atteinte initiale :

- jonction musculoaponévrotique centrale (exemple type : atteinte autour de la cloison centrale du droit fémoral);
- jonction musculoaponévrotique périphérique (exemple type : atteinte du gastrocnémien médial);
- jonction myotendineuse (exemple type : désinsertion proximale du droit fémoral);
- jonction ostéotendineuse (p. ex. insertions tendineuses du long adducteur au niveau du pubis);
- ou arrachement apophysaire (ischion, épine iliaque antéro-inférieure).

Diagnostic de gravité

La classification anatomoclinique de Durey et Rodineau repose sur les atteintes respectives des fibres musculaires et du contingent conjonctif; l'analyse des éléments échographiques permet de définir une classification superposable à la classification clinique (classification de Brasseur) ([tableau 15.1](#)).

Stade 0 – Lésion réversible uniquement musculaire : « crampe » de la terminologie clinique

Il s'agit d'une lésion limitée et réversible de la fibre musculaire décrite sous le terme anglo-saxon de « DOMS » (*Delayed Onset Muscular Soreness*). Le muscle lésé est parfois augmenté de volume et il existe une infiltration œdémato-hémorragique hyperéchogène ([fig. 15.8](#)).

Stade 1 – Lésion irréversible des fibres musculaires sans lésion des éléments conjonctifs : « contracture » de la terminologie clinique

Sa localisation est fréquente au contact d'une cloison intramusculaire; la lésion apparaît souvent floue et hyperéchogène, sans désorganisation de l'architecture musculaire ([fig. 15.9](#)).

Stade 2 – Lésion des jonctions musculoconjonctives de faible importance : « élongation » de la terminologie clinique

Il existe une désorganisation hyperéchogène et hétérogène de l'architecture musculaire. Les contours sont flous, avec des prolongements hyperéchogènes liés à une diffusion du saignement le long des faisceaux musculaires ([fig. 15.10](#)).

Stade 3 – Lésion des jonctions musculoconjonctives avec hématome collecté : « claquage musculaire » de la terminologie clinique

La rupture des fibres musculaires est plus importante et la perte de substance est comblée par un hématome plus ou moins hypoéchogène en fonction du délai entre le traumatisme et la réalisation de l'échographie.

Tableau 15.1 Corrélation entre la classification histopathologique de Rodineau et Durey et la classification échographique de Brasseur.

Stade	Lésions histologiques	Terminologie clinique	Lésions échographiques
0	Fibres musculaires : atteinte réversible Tissu conjonctif : normal	« Crampe »	Hypertrophie musculaire hyperéchogène
1	Fibres musculaires : atteinte irréversible de quelques fibres Tissu conjonctif : normal	« Contracture »	Flou hyperéchogène des jonctions myotendineuse ou myoaponévrotique sans désorganisation fasciculaire
2	Fibres musculaires : atteinte irréversible de quelques fibres Tissu conjonctif : lésé	« Élongation »	Zone hyperéchogène focale avec désorganisation fasciculaire
3	Fibres musculaires : atteinte irréversible de nombreuses fibres Tissu conjonctif : lésé avec présence d'un hématome	« Claquage »	Collection liquidienne d'une jonction myotendineuse ou myoaponévrotique Lésion aponévrotique associée possible
4	Fibres musculaires : rupture partielle ou totale du muscle Tissu conjonctif : rupture partielle ou totale du muscle	« Rupture »	Lésion myotendineuse ou myoaponévrotique complète avec rétraction Lésion aponévrotique associée constante

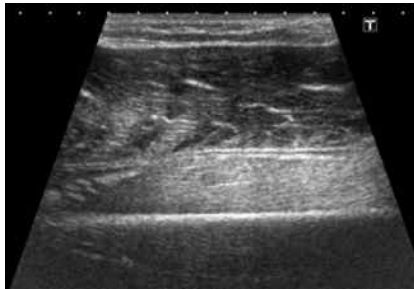


Fig. 15.8 DOMS syndrome.

Visualisation d'un aspect hyperéchogène global de la loge musculaire pathologique avec perte de la différenciation des éléments conjonctivo-fibreux et musculaire.

Cet épanchement liquidien siège le plus souvent au niveau de la zone de désinsertion d'une jonction myoaponévrotique centrale ou périphérique (fig. 15.11). Les localisations les plus fréquentes de ce type d'atteinte sont les insertions distales du gastrocnémien médial et du long biceps fémoral, la jonction myotendineuse du semi-membraneux et la cloison frontale du long adducteur.

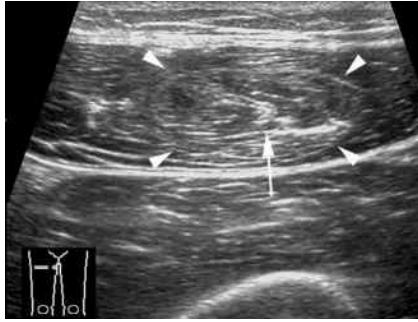


Fig. 15.9 Coupe axiale d'une lésion intrinsèque du muscle droit fémoral. La lésion apparaît floue et hyperéchogène (têtes de flèches), sans désorganisation de l'architecture musculaire périlésionnelle centrée par l'aponévrose (flèche).

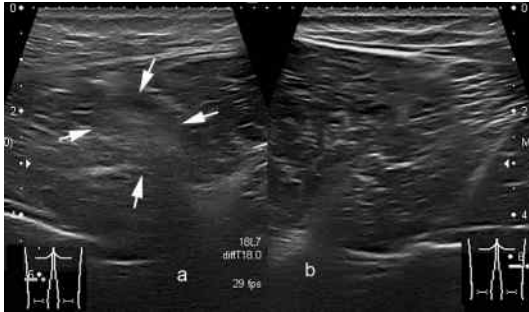


Fig. 15.10 Coupes axiales comparatives des muscles biceps fémoraux. Du côté pathologique (**a**), on identifie une désorganisation globale de l'architecture musculaire (flèches), hyperéchogène et hétérogène comparativement au côté sain (**b**).

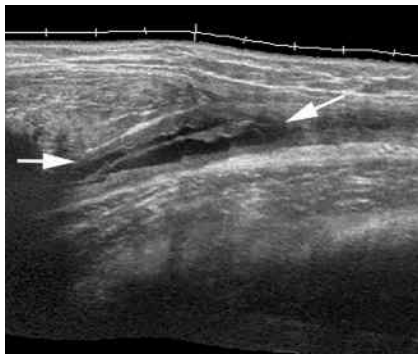


Fig. 15.11 Acquisition panoramique sagittale du muscle droit fémoral. Hématome hypoéchogène avec désinsertion de la jonction myoaponévrotique périphérique.

Stade 4 – Désinsertion d'un faisceau musculaire : « rupture » de la terminologie clinique

L'échographie visualise une authentique « fracture » musculaire et une désinsertion donnant l'aspect en « battant de cloche » (fig. 15.12).

Les localisations les plus fréquentes de ce type d'atteinte sont les jonctions myo-tendineuses ou myoaponévrotiques du droit fémoral, des ischiojambiers, du long biceps fémoral et du gastrocnémien médial.

Lésions par mécanisme extrinsèque

Le mécanisme pathologique est la compression d'une loge musculaire contre un plan dur.

Le vaste intermédiaire, le vaste latéral au niveau du membre inférieur et le brachial antérieur au niveau du membre supérieur sont les muscles les plus exposés à ce type de lésion.

En fonction du degré de compression, les lésions sont plus ou moins importantes, allant de la contusion simple aux lésions plus graves. Les lésions les plus sévères intéressent généralement le vaste intermédiaire du quadriceps, écrasé par le choc contre la diaphyse fémorale.

Outre la confirmation de la topographie intramusculaire de la lésion, le diagnostic échographique et la détermination du grade lésionnel reposent sur l'analyse de trois éléments sémiologiques :

- l'atteinte des fibres musculaires;
- la quantification d'un hématome réactionnel;
- l'aspect convexe de l'aponévrose superficielle (*a contrario* de son aspect concave dans les hématomes limités au tissu sous-cutané).

En cas de contusion simple, il existe un remaniement œdémato-hémorragique (fig. 15.13) hyperéchogène plus ou moins hétérogène et une désorganisation focalisée du muscle, associés fréquemment à une atteinte des parties molles sous-cutanées (signe d'appel très utile).

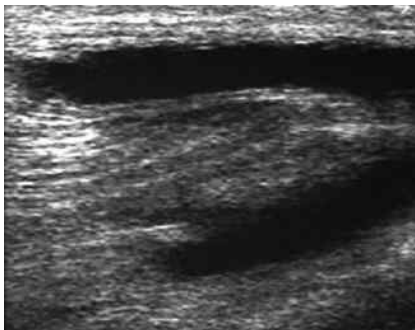


Fig. 15.12 Coupe sagittale d'un muscle droit fémoral. Désinsertion en « battant de cloche » avec important hématome périmusculaire.

En cas de lésion plus grave, la formation d'un hématome (en règle générale hétérogène à l'échographie) entraîne un effet de masse important sur la loge musculaire lésée (fig. 15.14). On recherchera également une rupture aponévrotique ou bien une dilacération aponévrotique par suffusion de l'hématome.

Lésions chroniques et cicatricielles

Cicatrice fibreuse

C'est une complication très fréquente et source de douleur chronique, qui correspond à un granulome. Elle apparaît comme une zone plus ou moins échogène en début d'évolution ; plus tardivement la cicatrice fibreuse présente une échogénicité élevée accompagnée parfois d'une atténuation postérieure (présence de calcifications, artefact de bord) (fig. 15.15).

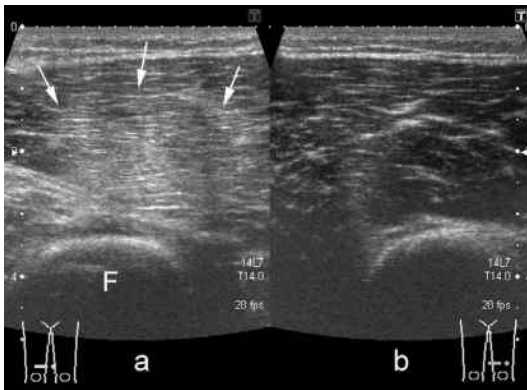


Fig. 15.13 Coupe axiale transverse d'une loge antérieure de cuisse : examen comparatif côté pathologique (a) et côté sain (b).

Traumatisme extrinsèque avec remaniement œdémato-hémorragique hyperéchogène (flèches) entrant dans le cadre d'une contusion simple.

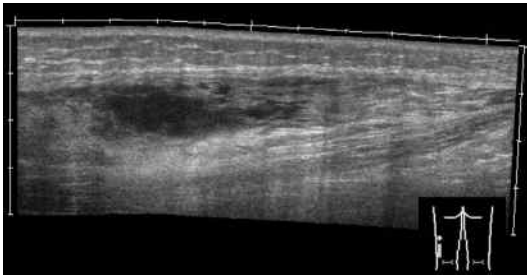


Fig. 15.14 Coupe axiale au niveau du vaste intermédiaire.

Important hématome disséquant le muscle vaste intermédiaire en relation avec une compression extrinsèque de ce muscle sur le fût diaphysaire fémoral.

Sa taille est classiquement proportionnelle au volume de l'hématome initial. Cette cicatrice fibreuse constitue une zone de faiblesse qui peut être la localisation préférentielle d'une récurrence de désinsertion.

La visualisation persistante dans le temps d'une cicatrice fibreuse est commune, et ne doit pas empêcher la reprise de l'activité sportive, uniquement décidée sur des critères cliniques.

Calcifications et ossifications

Les calcifications et plus tardivement les ossifications musculaires apparaissent hyperéchogènes et sont accompagnées d'un cône d'ombre acoustique postérieur (fig. 15.16).

Elles constituent également des zones de modifications structurales, siège possible de lésions itératives.



Fig. 15.15 Coupe axiale transverse au niveau de la loge des ischiojambiers.

Cicatrice fibreuse hyperéchogène au niveau de l'aponévrose intermusculaire entre le semi-tendineux et le semi-membraneux.

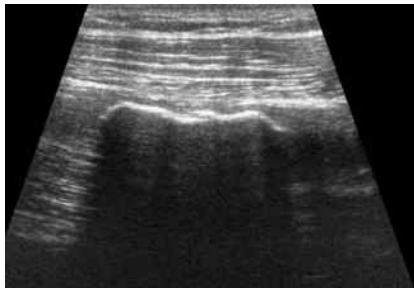


Fig. 15.16 Coupe longitudinale de la loge postérieure de la cuisse.

Multiplés formations calcifiées intramusculaires, hyperéchogènes avec cône d'ombre postérieur.

Hématomes enkystés

Les hématomes enkystés ou encapsulés prennent l'aspect d'une lésion cavitaire hypoéchogène voire anéchogène. Une pseudo-capsule périphérique est parfois constatée. L'aspect compressif et fluctuant sous la sonde autorise la ponction de la collection hématique.

Hernies musculaires

Elles font généralement suite à des lésions sévères avec rupture de l'aponévrose superficielle du muscle. L'étude dynamique en contraction retrouve la déhiscence de fibres musculaires au sein de cette solution de continuité aponévrotique. Cette hernie musculaire est en général indolore et n'entraîne pas de trouble fonctionnel.

Pathologies musculaires non traumatiques

La pathologie musculaire non traumatique est dominée par la pathologie tumorale. Le rôle de l'échographie dans ce contexte reste modéré. Si l'échographie est l'examen réalisé en 1^{re} intention devant la découverte d'une masse des parties molles, le recours à l'IRM est indispensable afin de réaliser le bilan diagnostique et le bilan d'extension les plus exhaustifs possible.

Enfin, l'échographie à elle seule ne permet pas de renseigner quant à la nature histologique de lésion mais peut, dans certains cas et après une concertation multidisciplinaire obligatoire, permettre de réaliser une biopsie échoguidée.

Points essentiels

- La pathologie musculaire est dominée par la pathologie traumatique.
- L'échographie :
 - permet le diagnostic topographique;
 - détermine le grade lésionnel;
 - participe à la prise en charge thérapeutique par la ponction évacuatrice d'un hématome.

Pathologie tendineuse

Tendinopathie globale

Elle est caractérisée par une tuméfaction fusiforme hypoéchogène du tendon associée à la perte de l'aspect parallèle avec déformation convexe des bords tendineux (fig. 15.17). Il est préférable d'utiliser le terme « tendinopathie » à la dénomination de « tendinite ».

Tendinopathie focale

Elle correspond à une forme cicatricielle d'une rupture minime du tendon. L'échographie met en évidence :

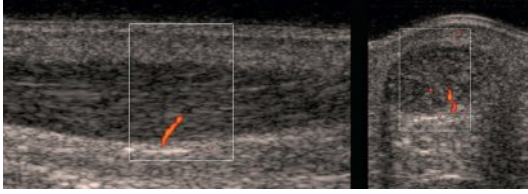


Fig. 15.17 Tendinopathie fusiforme globale.

Coupes longitudinale (a) et axiale (b). Le tendon calcanéen apparaît augmenté de volume et hypoéchogène. Noter un flux Doppler peu important.

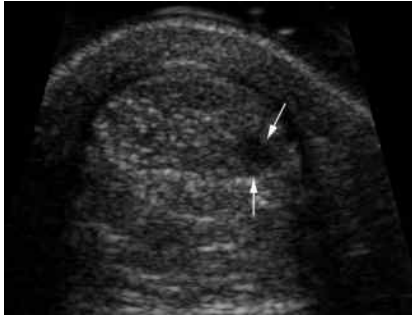


Fig. 15.18 Tendinopathie focale.

Le tendon calcanéen apparaît en coupe axiale globalement augmenté de volume et on visualise un nodule intratendineux arrondi et hypoéchogène (flèches).

- un nodule intratendineux fusiforme dans le plan longitudinal et arrondi dans le plan axial;
- l'existence de plages anéchogènes de type liquidien qui témoigne alors d'une cicatrisation imparfaite;
- l'existence de calcifications hyperéchogènes, témoignant d'une tendinopathie focale chronique (fig. 15.18).

L'utilisation du mode Doppler peut permettre de différencier les tendinopathies « actives » (zones d'hyperhémie en Doppler couleur) des tendinopathies « quiescentes ».

Rupture

Il existe une solution de continuité des fibres tendineuses. Le hiatus est occupé par une plage hétérogène correspondant à l'hématome et à des débris fibrinonécrotiques. Il est indispensable de mesurer la taille de la rupture dans les deux plans et de chercher des lésions associées (arrachement osseux par exemple apparaissant comme un foyer hyperéchogène accompagné d'un cône ombre acoustique) (fig. 15.19). C'est dans ce cadre des ruptures tendineuses que les épreuves dynamiques prennent leur importance en recherchant l'absence de mobilisation d'une partie du tendon.

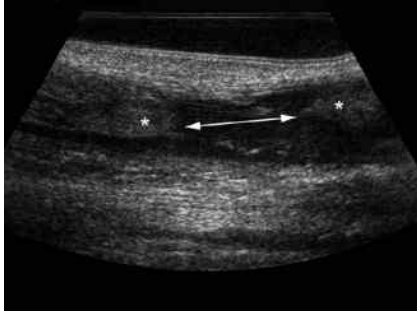


Fig. 15.19 Rupture complète du tendon calcanéen.

Échographie en coupe sagittale permettant de visualiser la solution de continuité hypoéchogène (double flèche) entre les deux fragments tendineux (étoiles).

Fissure

Il s'agit d'une rupture partielle mais survenant dans le plan longitudinal du tendon. La sémiologie échographique retrouve un tendon scindé en deux par une zone linéaire hypo ou anéchogène. Une étude dynamique (tendon tendu puis détendu) est souvent très utile afin de dissocier les deux bandes tendineuses et d'ouvrir l'espace fissuraire. Les fissurations sont l'apanage de certains tendons : tendon tibial postérieur, tendon du court fibulaire, tendon calcanéen ainsi qu'au niveau du membre supérieur, tendon du biceps brachial et tendon supra-épineux.

Enthésopathie

Elle correspond à l'atteinte de l'insertion tendineuse au niveau de l'os.

Dans les atteintes aiguës, il existe un aspect épaissi de l'insertion tendineuse qui est hypoéchogène associé à des zones d'hyperhémie en mode Doppler traduisant une hypervascularisation réactionnelle soit au niveau du tendon lui-même, soit au niveau de la corticale de l'os (fig. 15.20). Dans les atteintes chroniques, il existe des anomalies osseuses à type de spicules ou de calcification d'insertion associées à une hyperhémie en mode Doppler très variable.

Péritendinopathie

On recherche un épaississement péritendineux. Ceci se traduit par les classiques images en « rail » dans le plan longitudinal et en « anneau » dans le plan axial avec une hypervascularisation Doppler variable (fig. 15.21).

Ténosynovites

L'inflammation de la gaine des tendons peut résulter de causes rhumatismales, infectieuses, microtraumatiques. Les gaines tendineuses ne sont quasiment pas visibles à l'état normal, elles le deviennent dès qu'elles sont pathologiques.

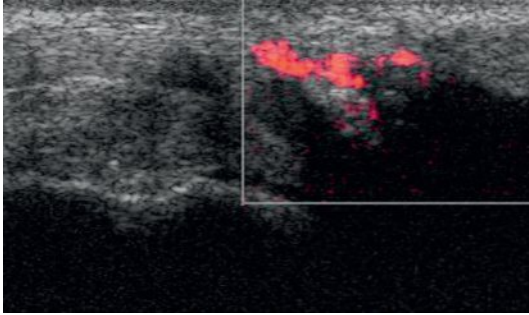


Fig. 15.20 Enthésiopathie de l'insertion distale du tendon tibial postérieur avec présence d'une hyperhémie au sein du tendon.



Fig. 15.21 Péri-tendinopathie du tendon calcanéé avec présence d'un liquide anéchogène autour du tendon (flèches).

L'échographie identifie soit un épanchement liquidien péri-tendineux (anécho-gène), soit un épaissement global de la gaine synoviale (hypoéchogène) avec éventuelle hyperhémie en mode Doppler (fig. 15.22).

L'échographie recherche également une tendinopathie sous-jacente (tendon épais, hétérogène).

Points essentiels

- La tendinopathie est caractérisée par une tuméfaction fusiforme hypo-échogène du tendon.
- L'utilisation du mode Doppler peut permettre de différencier les tendinopathies « actives » des tendinopathies « quiescentes ».
- Dans les ruptures, il est indispensable de mesurer la taille de la solution de continuité.

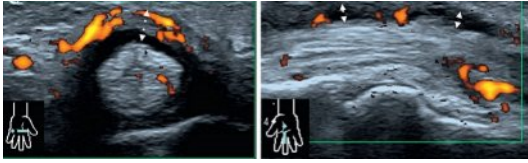


Fig. 15.22 Exemples de ténosynovite des tendons fléchisseurs.

Ténosynovite franche inflammatoire du 3^e rayon : hypertrophie (doubles flèches) et épanchement de la gaine des fléchisseurs, très franche hyperhémie en Doppler.

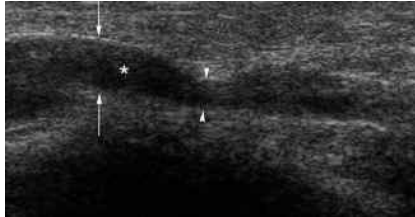


Fig. 15.23 Compression nerveuse aiguë.

La zone de compression (têtes de flèches) entraîne une augmentation du volume nerveux en amont de cette compression (flèches) ainsi qu'une dédifférenciation du nerf qui apparaît hypoéchogène (étoile).

Pathologie nerveuse

Lésions extrinsèques

Syndromes compressifs

Ils surviennent lors de la traversée de tunnels ostéofibreux ou dans un cheminement entre deux muscles.

■ *Au stade aigu*, en cas de compression nerveuse, l'échographie met en évidence en amont du point de compression (fig. 15.23) : une augmentation du volume du nerf et donc de la surface nerveuse en coupe axiale, un aspect hypoéchogène du nerf qui a perdu son fibrillaire associé éventuellement une réaction hyperhémique périphérique identifiée par le mode Doppler couleur ou puissance.

■ *Au stade chronique*, en cas de compression persistante, le calibre du nerf va progressivement diminuer ; il existe une perte du caractère fibrillaire et un aspect hyperéchogène peut être mis en évidence. Il est associé des lésions de dénervation musculaire qui entraînent une infiltration graisseuse et un aspect hyperéchogène de la loge musculaire atteinte.

Les conflits les plus fréquemment rencontrés sont décrits dans le [tableau 15.2](#).

Lésions traumatiques

Des accidents de la voie publique ou plus fréquemment des traumatismes de la vie quotidienne peuvent entraîner des lésions plus moins importantes des structures nerveuses, en particulier au niveau des doigts.

Tableau 15.2. Les différents syndromes compressifs des nerfs.

Membre supérieur	Membre inférieur
<ul style="list-style-type: none"> – Compression du nerf suprascapulaire au niveau des échancreures coracoïdienne et spinoglénoïdienne – Compression du nerf axillaire au bras – Compression de la branche motrice du nerf radial sous l'arcade de Fröhse (entre les insertions du muscle supinateur) – Compression nerveuse du nerf médian en cas de rupture du tendon bicipital – Compression du nerf ulnaire au niveau de l'épicondyle médial – Compression du nerf médian au niveau du canal carpien – Compression du nerf ulnaire au niveau du poignet 	<ul style="list-style-type: none"> – Compression du nerf cutané latéral de la cuisse – Compression du nerf fémoral (nerf crural) – Compression du nerf sciatique au niveau du bassin – Compression du nerf fibulaire commun – Compression du nerf fibulaire profond – Compression du nerf tibial – Compression des nerfs interosseux

Les atteintes nerveuses et tendineuses sont souvent associées dans ce contexte. L'échographie peut permettre de préciser le site exact et l'étendue des lésions nerveuses et/ou tendineuses.

En cas de rupture partielle (ou complète), le nerf est partiellement (ou complètement) interrompu par un hématome hypoéchogène à la phase aiguë, et part de la fibrose à la phase tardive. Le passage de la sonde sur la lésion peut reproduire la douleur (tinel échographique). En cas de lésion partielle d'une petite branche nerveuse, on observe uniquement un épaississement fusiforme de cette dernière.

Tumeurs nerveuses bénignes et malignes

Il s'agit essentiellement de lésions tumorales le plus souvent bénignes, parfois malignes.

Névromes post-traumatiques

Les névromes post-traumatiques sont des masses nodulaires hypoéchogènes localisées au niveau de la zone lésionnelle (traumatisme, amputation, etc.) (fig. 15.24).

Neurofibromes et schwannomes

Ce sont les lésions tumorales bénignes les plus fréquentes atteignant les nerfs :

- dans le cas d'un neurofibrome, l'échographie retrouve une tuméfaction fusiforme régulière, plus ou moins volumineuse, centrée sur l'axe du nerf, généralement hypoéchogène et l'on note une perte de son aspect fibrillaire (fig. 15.25);
- dans le cas d'un schwannome, la masse est volontiers excentrée, hypoéchogène, avec des contours réguliers et dont l'aspect fibrillaire reste conservé. Parfois, une capsule échogène est visible, difficile à reconnaître dans la graisse, elle-même hyperéchogène.

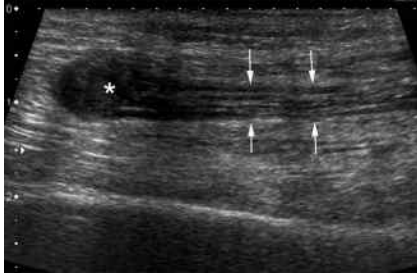


Fig. 15.24 Névrome traumatique.

Coupe longitudinale du nerf médian au niveau de l'avant-bras. Névrome traumatique post-amputation, apparaissant comme une formation nodulaire hypoéchogène (étoile) en continuité avec la structure nerveuse normale (flèches).

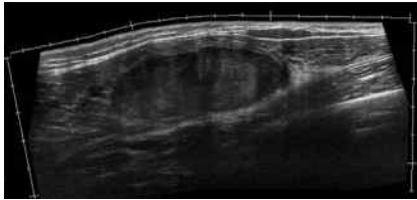


Fig. 15.25 Neurofibrome chez un patient présentant une maladie de Recklinghausen.

Cette lésion apparaît globalement hétérogène et modérément hyperéchogène.

Dans le cas des tumeurs malignes, on note des contours irréguliers, une échostructure hétérogène et une hyperhémie anormale.

Points essentiels

- Les syndromes de compression se manifestent par une augmentation du volume du nerf, un aspect hypoéchogène et une perte de son aspect fibrillaire.
- Il est indispensable de rechercher des lésions de dénervation musculaire associées qui entraînent une infiltration graisseuse et un aspect hyperéchogène de la loge musculaire atteinte.

Pathologie articulaire et para-articulaire

Épanchement

L'échographie est extrêmement sensible pour dépister un épanchement intra-articulaire y compris de faible volume (fig. 15.26).

Les étiologies sont nombreuses, les plus fréquentes étant représentées par les traumatismes, l'arthrose, les arthropathies infectieuses ou microcristallines. L'examen échographique met facilement en évidence la présence de liquide articulaire. L'échographie permet de guider une ponction à visée diagnostique : hémarthrose, arthrite mécanique, inflammatoire ou septique.

Kystes

Les kystes (arthrosynoviaux ou mucoïdes) sont la cause la plus fréquente de tuméfaction périarticulaire et sont extrêmement fréquents au poignet. L'échographie met en évidence une masse liquidienne le plus souvent anéchogène.

Ils se situent à proximité d'une articulation avec laquelle ils communiqueraient par un fin pertuis. Ils sont limités par une membrane qui n'est pas une réelle synoviale, et contiennent un liquide visqueux. La plupart sont asymptomatiques.

En échographie ils apparaissent comme des formations rondes, ovalaires ou polylobées bien limitées, anéchogènes (\pm) avec renforcement postérieur des échos. On peut parfois deviner la communication avec une articulation adjacente (fig. 15.27).



Fig. 15.26 Épanchement intra-articulaire : coupe sagittale de hanche.

L'épanchement hypoéchogène ou anéchogène (étoile) est bien identifié, refoulant en avant la capsule articulaire et les replis synoviaux antérieurs (flèches).



Fig. 15.27 Tuméfaction de la face dorsale du carpe.

L'échographie individualise une formation kystique avec un fin pertuis vers l'articulation scapholunaire.

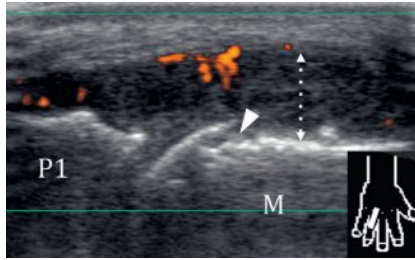


Fig. 15.28 Diagnostic précoce d'un rhumatisme inflammatoire à radiographie normale.

Coupe sagittale dorsale de la métacarpophalangienne (MCP) du 4^e doigt : épaississement (double flèche) et hypervascularisation de la synoviale du récessus dorsal de la MCP ; ébauche d'érosions (tête de flèche).



Fig. 15.29 Fracture de côte.

Coupe longitudinale dans le grand axe de la côte objectivant une solution de continuité de la corticale osseuse (flèche).

Synovite

L'échographie est utile dans le diagnostic précoce de synovite. Elle met en évidence un épaississement hypoéchogène et une hypervascularisation de la synoviale. Le Doppler puissance est d'une aide importante pour estimer le caractère inflammatoire ou non de la synovite (fig. 15.28).

Pathologie osseuse

L'excellente résolution spatiale de l'échographie permet le diagnostic précoce de fractures osseuses de diagnostic radiographique difficile.

L'échographie peut montrer :

- une fissure entraînant une solution de continuité de la ligne hyperéchogène de la corticale osseuse (fig. 15.29) ;

- un épaissement hypoéchogène du périoste accompagné d'une collection de petit volume correspondant à un hématome péri-cortical;
- l'apparition d'un cal cicatriciel.

L'échographie détecterait également les érosions osseuses plus précocement que les radiographies, en particulier dans les atteintes inflammatoires du type polyarthrite rhumatoïde (fig. 15.28).

Indications fréquentes de demande d'échographies musculosquelettiques

Recherche d'une lésion de la coiffe des rotateurs (fig. 15.30)

Tendinopathies sans ruptures

Tendinopathie isolée

Elle se manifeste par un épaissement et un remaniement hypoéchogène parfois hétérogène du tendon. Elle est assez fréquente au niveau du tendon du long biceps dans le cadre d'une rupture de la coiffe. Le tendon du long biceps s'élargit dans sa portion horizontale et verticale prenant un aspect en sablier (fig. 15.31). Cette atteinte isolée est rare au supra-épineux.

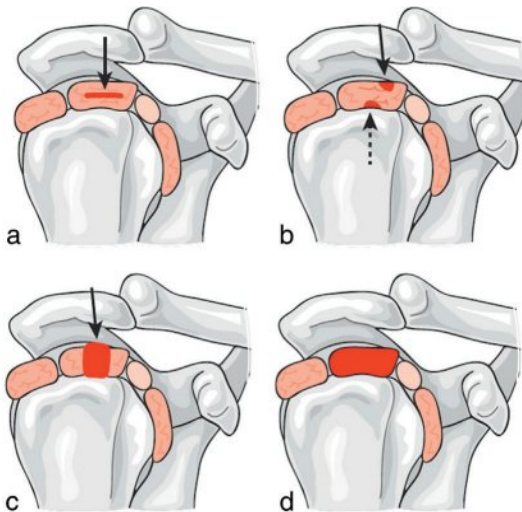


Fig. 15.30 Différents types de ruptures tendineuses sur une vue sagittale de la coiffe des rotateurs.

- a. Clivage intratendineux. b. Rupture non transfixiante superficielle (flèche) ou profonde (flèche en pointillé). c. Rupture transfixiante « incomplète » du supra-épineux. d. Rupture transfixiante complète du supra-épineux.

Tendinopathie calcifiante

Les calcifications tendineuses sont très fréquentes et n'entraînent pas toujours une symptomatologie clinique.

Elles apparaissent en échographie sous la forme d'amas (fig. 15.32) :

- plus ou moins bien limités;
- plus ou moins hyperéchogènes;
- avec ou sans cône d'ombres (en fonction de leur densité et de leur consistance);
- et de taille très variable.

Les calcifications symptomatiques sont sensibles au passage de la sonde et peuvent s'accompagner d'une réaction périphérique inflammatoire se manifestant par des contours hypoéchogènes encodés en mode Doppler énergie.

Ces calcifications peuvent migrer dans la bourse sous-acromiodeltoïdienne ou même en position intra-osseuse au sein du trochiter. Au cours de ces migrations, la clinique est alors souvent bruyante, donnant un tableau d'épaule pseudo-paralytique.

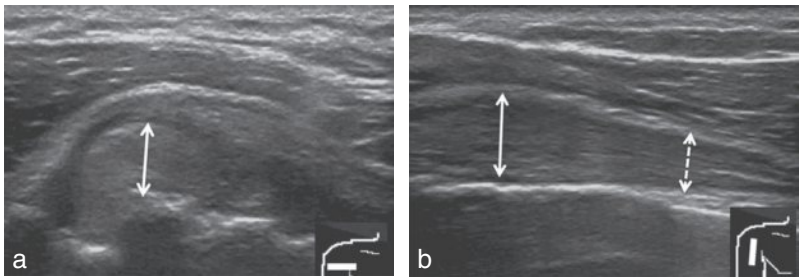


Fig. 15.31 (a) Hypertrophie du tendon du long biceps (double flèche) limité à sa zone de changement de direction à la partie haute de la gouttière bicipitale. Sur la coupe sagittale (b), le long biceps retrouve un calibre normal en distalité (double flèche en pointillé).



Fig. 15.32 Calcification hyperéchogène avec un cône d'ombre du tendon supra-épineux.

Points essentiels

- La tendinopathie se manifeste par un épaississement hétérogène du tendon.
- La tendinopathie isolée du supra-épineux est rare, la tendinopathie calcifiante des tendons de la coiffe est très fréquente.

Ruptures et fissures tendineuses

Rupture non transfixiante

On distingue trois types de lésions :

- la fissure intratendineuse;
- la lésion de la face superficielle du tendon;
- la lésion du versant articulaire du tendon.

La plus fréquente de ces ruptures partielles est la *lésion du versant articulaire du tendon du muscle supra-épineux*, dont les signes échographiques sont les suivants (fig. 15.33) :

- une interruption partielle des fibres tendineuses (zone hypoéchogène intratendineuse);
- des irrégularités de la surface osseuse en regard;
- la visualisation d'une interface hyperéchogène à la surface du cartilage;
- un épanchement intra-articulaire.

Points essentiels

- La rupture transfixiante partielle du supra-épineux sur le versant articulaire du tendon est la plus fréquente.
- Elle se manifeste par une zone hypoéchogène intratendineuse, sur le versant articulaire du tendon, témoin d'une interruption partielle des fibres.

Rupture transfixiante

Elle touche dans la majorité des cas le tendon du supra-épineux et peut s'étendre en avant au subscapulaire ou en arrière à l'infra-épineux.

Signes directs

Les signes directs sont les suivants (fig. 15.34) :

- interruption des fibres tendineuses remplacées par une zone liquidienne transfixiante (ce liquide peut contenir de petites structures hyperéchogènes mobiles correspondant à des microbulles gazeuses);

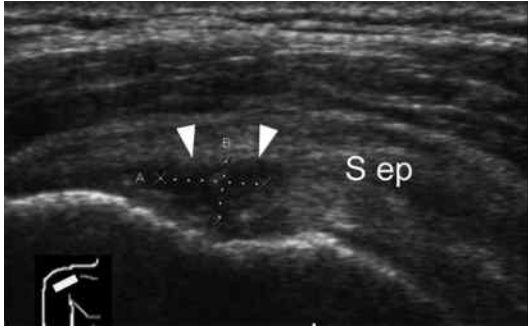


Fig. 15.33 Rupture de la face profonde du supra-épineux.

Coupe échographique coronale oblique sur le supra-épineux montrant une perte focale de l'aspect fibrillaire du tendon remplacé par une zone hypoéchogène.

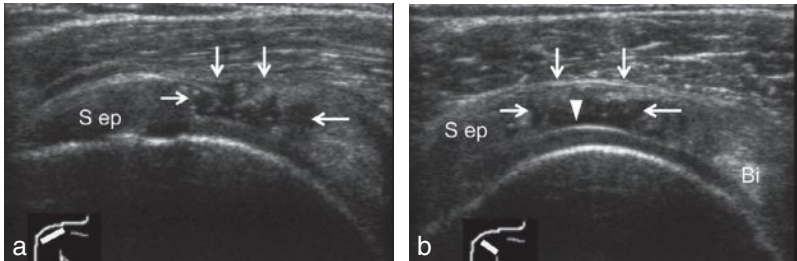


Fig. 15.34 Rupture focale transfixiante du tendon du muscle supra-épineux : coupes coronale (a) et sagittale (b).

L'échographie montre une interruption des fibres tendineuses remplacées par une plage hypoéchogène non liquidienne, transfixiante. S ep : supra-épineux ; Bi : long biceps. La tête de flèche montre une « trop belle » visualisation de l'interface superficielle du cartilage de la tête humérale.

- interruption des fibres tendineuses remplacées par une plage hypoéchogène non liquidienne, transfixiante, parfois par une zone hyperéchogène (tissu cicatriciel, sang frais);
- méplat de la face superficielle du tendon;
- rétraction tendineuse et/ou non-visualisation d'un tendon ou d'une portion d'un tendon de la coiffe, avec un contact direct entre la tête humérale et le deltoïde.

La taille de la rupture sera précisée dans deux plans et en cas de rupture complète du supra-épineux, on quantifiera la rétraction :

- stade 1 en regard du trochiter;
- stade 2 en dedans;
- stade 3 en regard de l'interligne.

Signes indirects

Le signe du double épanchement, défini par un épanchement au sein de la bourse sous-acromiodeltoïdienne (BSAD) et de la gaine du long biceps, évoque fortement une rupture transfixiante avec une spécificité supérieure à 90 %.

L'épanchement peut être absent dans les ruptures anciennes.

La hernie du muscle deltoïde dans la rupture, les irrégularités corticales du tubercule majeur (trochiter), la visualisation de l'interface du cartilage sont classiquement citées mais s'avèrent peu spécifiques.

Trophicité musculaire

La découverte d'une rupture transfixiante du tendon supra-épineux ou du tendon infra-épineux doit faire tenter d'évaluer la trophicité du corps musculaire. L'hypotrophie et la dégénérescence sont évaluées par comparaison au côté controlatéral.

Points essentiels

- Le diagnostic de rupture transfixiante repose sur la mise en évidence d'une interruption des fibres sur toute la hauteur du tendon.
- En cas de rupture transfixiante complète, l'échographie précisera l'étendue de la rétraction.
- L'évaluation de la trophicité musculaire est importante.

Bursite sous-acromiodeltoïdienne

L'échographie montre un épaississement et/ou un épanchement de la BSAD (fig. 15.35).

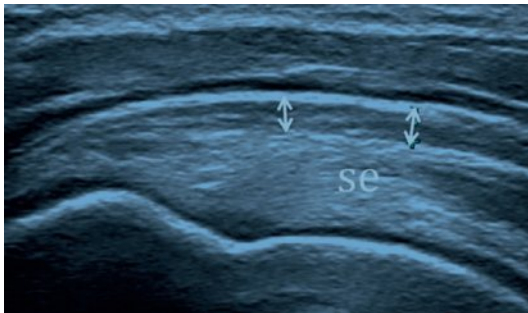


Fig. 15.35 Épaississement de la BSAD dans le cadre d'un conflit sous-acromial sans tendinopathie évidente sous-jacente.

Coupe coronale sur le tendon supra-épineux. La BSAD (doubles flèches) est épaissie, hypoéchogène par rapport au tendon sous-jacent.

L'épanchement est le plus souvent liquidien, il peut être sanguin (en cas de traumatisme) ou hétérogène avec dépôts fibrineux (comme dans un kyste poplité) en cas de rupture très ancienne de la coiffe.

Les épanchements de la BSAD sont le plus souvent un signe indirect de pathologies tendineuses sous-jacentes.

Ils peuvent se rencontrer de façon isolée :

- en cas de conflit (sous-acromial, antérieur);
- dans un contexte post-traumatique;
- dans les pathologies inflammatoires ou infectieuses (intérêt du Doppler qui retrouve une hyperhémie).

Recherche d'un kyste poplité

Le kyste poplité correspond à une formation liquidienne développée aux dépens de la bourse séreuse commune du gastrocnémien médial et du semi-membraneux, à travers un point de faiblesse de la capsule.

L'échographie met en évidence une masse liquidienne le plus souvent anéchogène (fig. 15.36).

Dans certains cas, il peut exister des cloisons fines intralésionnelles ou des débris fibrineux rendant le kyste hétérogène (fig. 15.37).

Le kyste peut s'étendre dans diverses directions de façon plus ou moins importante, mais il est indispensable de retrouver son origine au niveau de la bourse commune.

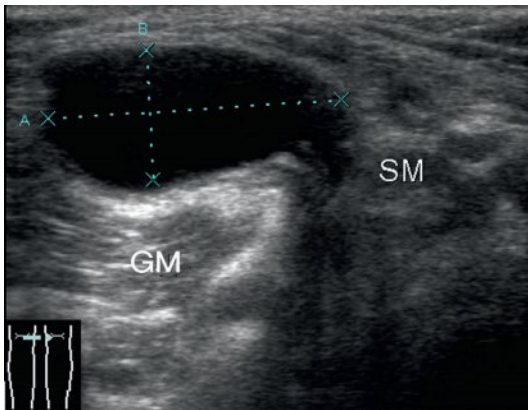


Fig. 15.36 Kyste poplité.

Coupe axiale montrant le kyste, anéchogène, développé aux dépens de la bourse commune du gastrocnémien médial (GM) et du semi-membraneux (SM).

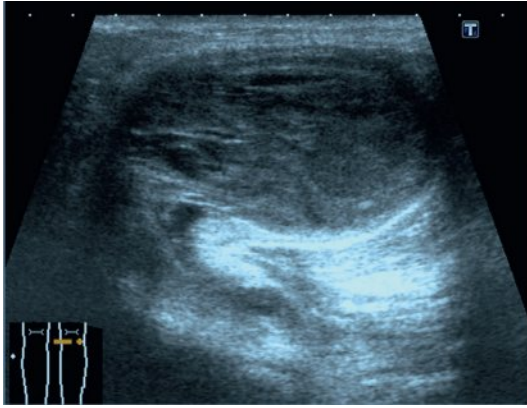


Fig. 15.37 Kyste poplité atypique.

Masse liquidienne hétérogène en raison d'un dépôt fibrineux intrakystique.

Les diagnostics différentiels principaux correspondent aux masses du creux poplité qui peuvent être :

- une lésion vasculaire (anévrisme de l'artère poplitée, artère poplitée piégée, kyste adventiciel, ectasie veineuse);
- une synovite villonodulaire;
- un kyste synovial contenant des nodules d'ostéochondromatose;
- une masse tumorale des tissus mous (lipome, angiome, synoviosarcome), etc.

Les complications potentielles des kystes poplités sont représentées surtout par leur rupture et par leur surinfection (qui reste peu fréquente).

En cas de dissection du kyste, la symptomatologie clinique peut s'apparenter à celle d'une thrombophlébite profonde.

Points essentiels

Il est indispensable de mettre en évidence l'origine du kyste au niveau de la bourse commune entre le gastrocnémien médial et le semi-membraneux.

Étude des mains dans la polyarthrite rhumatoïde

L'échographie permet de détecter facilement les épaisissements synoviaux et les épanchements des différentes articulations du carpe.

Les coupes sagittales dorsales sont particulièrement efficaces pour l'étude des articulations radio ou médiocarpiennes (fig. 15.38). Une coupe axiale dorsale est plus appropriée pour l'analyse de la radio-ulnaire distale.

Dans la *polyarthrite rhumatoïde* (PR), la synoviale apparaît en échographie :

- hypertrophiée, hypoéchogène;
- partiellement compressible;
- hyperhémée en mode Doppler en cas de PR active (fig. 15.38).

Les autres signes classiques de PR seront recherchés comme :

- les ténosynovites (fig. 15.39);
- et les érosions sous forme de défauts corticaux réguliers contenant parfois du pannus hyperhémé en Doppler.

Les érosions du lunatum (coupe sagittale dorsale, poignet fléchi) et celles de la styloïde ulnaire sont les plus facilement accessibles à l'examen échographique du poignet.

Dans les formes chroniques anciennes ou échappant au traitement, l'échographie montre des ruptures ligamentaires, des luxations (extenseur ulnaire du carpe), des ruptures tendineuses, des subluxations articulaires (tête de l'ulna) et des fusions.

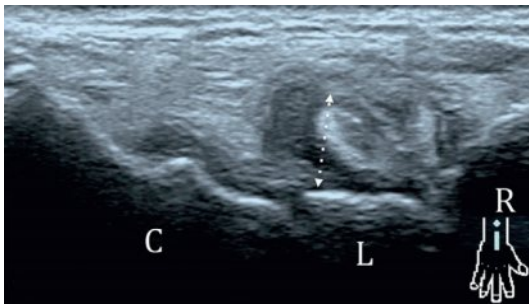


Fig. 15.38 Synovite hypertrophiée (doubles flèches) avec discrète hyperhémie en Doppler des récessus dorsaux des articulations médiocarpienne et radiocarpienne chez un homme suivi pour polyarthrite rhumatoïde.

R : radius; L : lunatum; C : capitatum.



Fig. 15.39 Ténosynovite du fléchisseur radial du carpe (FRC) (double flèche). Le tendon lui-même est de morphologie normale (hyperéchogène fibrillaire).

Points essentiels

- Pour l'exploration échographique de la polyarthrite rhumatoïde, on recherchera des épaissements synoviaux, des ténosynovites et des érosions.
- La présence d'une hyperhémie en mode Doppler est en faveur d'une maladie active.

Gestes guidés par l'échographie

L'échographie est utilisée en pratique quotidienne comme moyen de guidage pour des procédures interventionnelles sur l'appareil locomoteur.



Principales indications

- Ponction évacuation d'une collection : évacuation d'un hématome, d'un abcès, d'un épanchement articulaire ou d'un kyste para-articulaire.
- Injection d'une substance pharmacologique : infiltration cortisonée dans une bourse ou une articulation, injection de concentrés plaquettaires dans les tendinopathies.
- Réalisation de biopsies : biopsie d'une masse des parties molles ou biopsies synoviales.

Hormis l'absence d'irradiation, l'échographie interventionnelle a pour principal avantage la visualisation en temps réel de la progression de l'aiguille vers une zone cible limitant ainsi le risque traumatique vis-à-vis des structures de voisinage (vaisseaux, nerf) et permettant de s'assurer du bon déroulement de la procédure.

Le geste doit être réalisé dans des conditions d'asepsie stricte en utilisant un manchon stérile pour la sonde d'échographie. Les principales contre-indications sont l'existence d'un trouble de la coagulation, la prise d'un traitement antiagrégant ou anticoagulant, la notion de diabète et un mauvais état cutané avant l'injection de dérivés cortisonés.

Points essentiels

- L'échographie est un outil indispensable de guidage en procédure interventionnelle sur l'appareil locomoteur en permettant la visualisation de la progression en temps réel de l'aiguille.
- Ses principales indications sont l'évacuation d'une collection, l'injection cortisonée intra ou périarticulaire et la réalisation de biopsies.

Conclusion

L'échographie de l'appareil locomoteur repose sur la connaissance des caractéristiques anatomiques normales des structures étudiées et de leurs aspects pathologiques. C'est un exercice difficile mais qui est indispensable : l'échographie apparaît de plus en plus comme le complément indispensable des clichés radiologiques standards, en continuité directe de l'examen clinique. Le couple « radio-échographie » devrait constituer le premier échelon de pratiquement toutes les investigations musculosquelettiques pour résoudre de manière rapide et économique la majorité des interrogations cliniques.

Échographie interventionnelle

P. Legmann

PLAN DU CHAPITRE

- Intérêt et difficultés
- Technique
 - Préparation du patient
 - Localisation du site
- Avantages
- Méthodes de guidage
- Aiguilles
- Site de ponction
- Indications
- Analyse anatomopathologique
- Résultats
- Complications
- Autres indications de la biopsie guidée

Intérêt et difficultés

L'échographie est un moyen de guidage rapide, mobilisable, non irradiant, offrant une image dans tous les plans de l'espace et assurant ainsi des conditions de sécurité satisfaisantes à l'opérateur.

Les ponctions-biopsies à visée histocytologique, la mise en place de cathéters de drainage, un traitement local par ablation thermique peuvent être effectués sous simple guidage échographique.

L'échographie peut être couplée à un amplificateur de brillance, afin d'avoir un contrôle efficace, par opacification, du volume de la poche à drainer, du positionnement du cathéter, de l'aiguille.

Dans certains cas, le contrôle de la voie d'accès du site à biopsier ou à drainer est rendu délicat en raison de l'adiposité du patient, de l'interposition de gaz ou de structures osseuses.

Les difficultés que rencontre le guidage échographique peuvent également être dues à une mauvaise fenêtre acoustique ou à l'échogénicité d'organes du voisinage susceptibles de masquer le trajet de l'aiguille (rétropéritoine et pelvis).

Dans ce cas, le scanner est la méthode de guidage qui doit être utilisée. En effet si l'abcès se trouve entre les anses intestinales, il est souhaitable de visualiser en totalité le trajet de l'aiguille de façon à déterminer les rapports précis entre l'abcès et le tube digestif avant la mise en place d'un cathéter.

Le radiologue interventionnel doit maîtriser non seulement le geste mais également son indication pour choisir la méthode de guidage la plus performante en toute sécurité.

Les avantages de l'échographie sont liés à la visualisation permanente en temps réel de l'aiguille, et pour préciser les caractéristiques d'une collection : débris, cloisons.

Technique

Préparation du patient

L'hospitalisation n'est pas toujours indispensable. La surveillance peut être réalisée en hôpital de jour ou dans le service de radiologie.

Un bilan d'hémostase (temps de coagulation, plaquettes $\geq 60\,000/\text{mm}^3$, temps de saignement < 10 minutes, temps de Quick $> 50\%$, TCA ou TCK [temps de céphaline activée et kaolin respectivement] $< 1,5 \times$ le temps du témoin), une sédation légère du patient ainsi qu'une préparation psychologique sont indispensables avant la ponction.

Il est recommandé d'interrompre la prise de tout médicament à activité antiplaquettaire, acide acétyl-salicylique, anti-inflammatoires non stéroïdiens, thiénoxyridines : ticlopidine, clopidogrel pendant au moins une semaine avant une ponction-biopsie.

Chez les malades à risque thrombotique faible, le traitement par AVK (antivitamine K) doit être interrompu 3 à 5 jours avant le geste invasif et la correction de l'INR (*International Normalized Ratio*) vérifiée avant le geste. Chez les sujets à risque thrombotique élevé, le traitement par AVK doit également être interrompu 3 à 5 jours avant, mais pourra être substitué par une héparine non fractionnée ou une héparine de bas poids moléculaire (HBPM), lorsque l'INR sera inférieur à la zone thérapeutique. Le traitement par héparine non fractionnée sera interrompu 2 heures (voie intraveineuse) ou 6 heures (voie sous-cutanée) avant la ponction-biopsie réalisée après vérification de la normalité du TCA.

Le site de la ponction après repérage, déterminé par la voie d'accès, est au préalable désinfecté à l'aide de solution alcoolisée, iodée ou non. L'anesthésie locale est nécessaire.

Différentes circonstances peuvent nécessiter des précautions supplémentaires :

- lorsqu'une procédure de drainage est envisagée;
- si une aiguille à biopsie large (calibre supérieur au millimètre, < 20 G) est nécessaire;
- lorsque le patient est immunodéprimé.

Certaines procédures comportent un risque particulier :

- drainage biliaire percutané;
- drainage urinaire percutané;
- drainage percutané d'abcès.

Dans ces cas, une antibiothérapie est recommandée.

En revanche, des gestes plus simples tels que : biopsie percutanée à visée histocytologique, aspiration de collection péritonéale (lymphocèle, urinome, ascite cloisonnée) ne nécessitent pas d'antibiothérapie préalable.

Points essentiels

- Un bilan d'hémostase, une sédation légère du patient ainsi qu'une préparation psychologique sont indispensables avant la ponction.
- Procédures à risques : drainage biliaire, urinaire, d'abcès, cholécystotomie.
- Gestes plus simples : biopsie percutanée à visée histocytologique, aspiration de collection péritonéale (lymphocèle, urinome, ascite cloisonnée).

Localisation du site

La voie d'accès au site de ponction doit éviter les structures vasculaires, la vésicule biliaire et l'intestin. Elle doit être la plus courte possible entre la peau et la lésion (fig. 16.1 à 16.4).

Les structures osseuses adjacentes au site de ponction risquent de dégrader la qualité de l'image échographique.

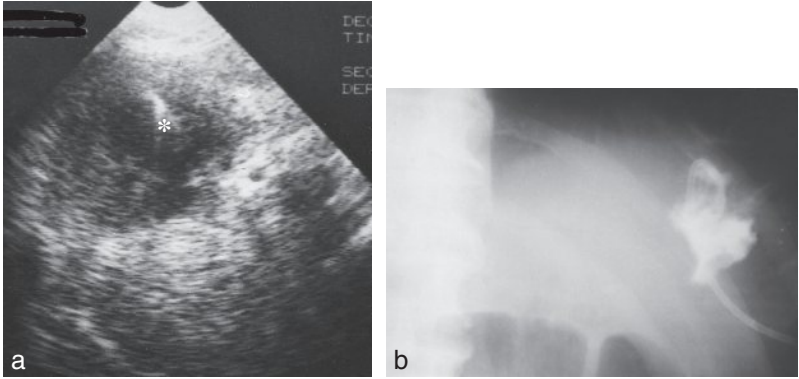


Fig. 16.1 Abscès hépatique.

a. Ponction sous contrôle échographique, aiguille (étoile). b. Opacification de la poche de l'abcès, drain en place.



Fig. 16.2 Drainage d'une collection abdominale.

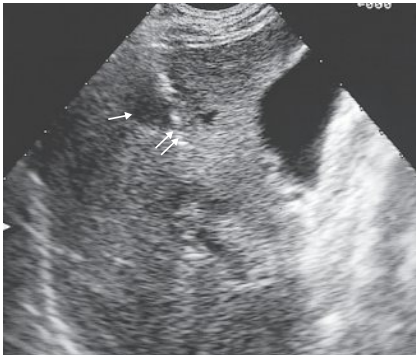


Fig. 16.3 Ponction-biopsie d'un nodule hépatique.

Nodule (flèche), aiguille (double flèche).

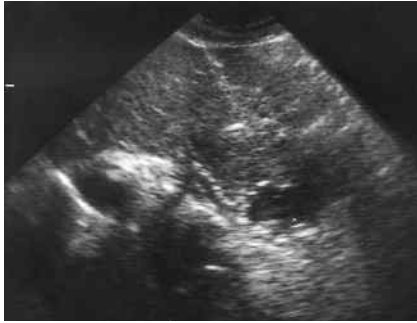


Fig. 16.4 Ponction-biopsie d'une tumeur gastrique à développement extrinsèque.

Lorsqu'un organe creux (estomac) ne peut être évité, il est nécessaire d'utiliser des aiguilles inframillimétriques supérieures ou égales à 20 G.

Dans tous les cas, la condition idéale est de placer la sonde échographique de telle sorte qu'il soit possible de visualiser l'aiguille en totalité sur tout son trajet et/ou à son extrémité.

L'extrémité de l'aiguille est en règle bien visible, donnant un écho plus intense avec un cône d'ombre ou «écho tip». Lorsque le mandrin est retiré, l'extrémité de l'aiguille est mieux visible. De la même façon, l'échographie couleur améliore aussi la visibilité de l'aiguille.

Avantages

L'échographie autorisant une visualisation dynamique instantanée de l'aiguille sur tout son trajet, il est possible d'effectuer des ajustements rapides en modifiant l'angulation et la profondeur de la manœuvre.

Il doit être ainsi permis à l'opérateur d'épargner les structures telles que plèvre, poumons, vaisseaux, rate, intestins, vésicule biliaire.

Il convient enfin d'éviter, chaque fois que cela est possible, de traverser les espaces intra ou rétro-péritonéaux pour effectuer une biopsie ou un drainage.

Méthodes de guidage

Diverses techniques sont possibles :

- la technique « mains libres » : la sonde habillée avec du matériel stérile, utilisant un gel adapté, peut être en effet positionnée à distance de l'entrée de l'aiguille et placée de telle sorte que le faisceau ultrasonore soit perpendiculaire à l'aiguille permettant de la visualiser sur tout son trajet. Les modifications du trajet et de la position de l'aiguille sont ainsi rendues aisées. Lors de la progression de l'aiguille dans les tissus, le patient doit s'abstenir de respirer de façon à laisser l'aiguille visible sur l'écran ;

■ le kit à biopsie : certaines sondes possèdent un système de guidage directement adapté. Dans ce cas, on visualise sur l'écran à la fois le site à biopsier et le trajet de l'aiguille, tout au moins dans sa partie distale. Le problème de cette méthode est lié à l'absence de mobilité, entre l'aiguille et la sonde.

Lorsque le guidage échographique est imparfait du fait de l'insuffisance de la fenêtre acoustique, il faut savoir utiliser un autre moyen d'imagerie (scanner).

Points essentiels

- Technique « mains libres » : visualiser l'aiguille sur tout son trajet.
- Kit à biopsie : absence de mobilité entre l'aiguille et la sonde.
- Il faut éviter plèvre, poumons, vaisseaux, rate, intestins, vésicule biliaire.
- Lorsque le guidage échographique est imparfait : utiliser un autre moyen d'imagerie (scanner).

Aiguilles

Une grande variété d'aiguilles est offerte (fig. 16.5). Elles diffèrent par leur taille, leur calibre¹ et leur forme (tableau 16.1). Les aiguilles inframillimétriques, supérieures

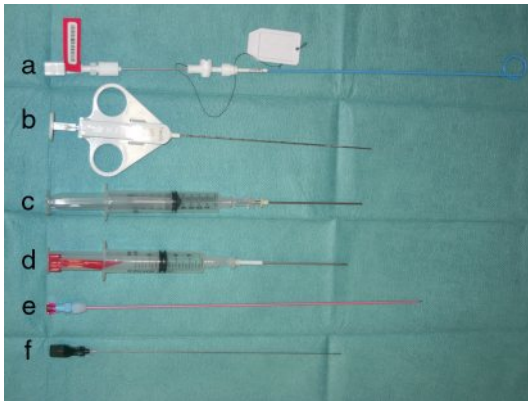


Fig. 16.5 Différents types d'aiguilles.

a. Cathéter de drainage pour collection d'abcès, cathéter et trocart pour ponction directe : calibre 6,3 F (2,1 mm), longueur 25 cm. **b.** Aiguille Quick-Core® : calibre 20 G (1 mm), longueur : 9 cm. **c.** Aiguille de Gallini : calibre 16 G, longueur : 9 cm. **d.** Aiguille HépaFix® : calibre 16 G (1,6 mm), longueur : 70 mm. **e.** Aiguille de type Lunderquist® : accès transhépatique pour cholangiographie. 5 F : longueur 27 cm. **f.** Aiguille Chiba® : calibre 22 G (0,73 mm), longueur : 20 cm.

¹ Unités des diamètres des cathéters.

Tableau 16.1 Calibre des aiguilles : correspondance des différentes unités.

Frenchs	3	5	7
Millimètres	1	1,6	2,3
Gauges	20	16	14

à 20 G, sont utilisées pour la cytologie, tandis que les aiguilles inférieures à 19 G permettent de ramener des fragments utilisables pour une analyse histologique. La taille et la qualité du prélèvement augmentent avec le calibre de l'aiguille utilisée. On distingue les aiguilles à guillotine qui permettent d'obtenir directement par section un prélèvement, et les aiguilles utilisant une dépression obtenue à l'aide d'une seringue, lors du retrait du piston, avec des mouvements de va-et-vient et de torsion, avec le risque de fragmentation du prélèvement.

Celles possédant une extrémité biseautée donnent un prélèvement de bonne qualité et celles coupantes obtiennent des prélèvements destinés à l'analyse histologique.

L'opérateur doit savoir choisir entre les aiguilles destinées à la cytologie, autorisant une voie d'accès parfois délicate, celles destinées aux prélèvements à visée histologique, et celles utilisées en vue de la mise en place d'un cathéter de drainage. Certaines aiguilles inframillimétriques possèdent un mandrin fixé sur le piston de la seringue, ce qui autorise une aspiration efficace lorsque le mandrin est retiré. Dans ce cas, une aiguille de calibre 21 G ramène un prélèvement à visée histologique. La plupart des biopsies nécessitent plusieurs passages.

D'autres méthodes de biopsie consistent à utiliser un système coaxial : au travers d'une aiguille large (19 G) est insérée une aiguille plus fine (20 G). Cette technique permet ainsi de réaliser plusieurs passages au sein d'une lésion à biopsier, sans modifier le trajet de l'aiguille principale ni traverser à plusieurs reprises les tissus avoisinants. Cette méthode de ponction permet, en cas de risque hémorragique, d'obturer secondairement le trajet à l'aide de particules résorbables (Curaspon®) réalisant ainsi une hémostase locale.

Lorsqu'un drainage est indiqué, la ponction à l'aiguille fine permet de préciser la nature de la collection, de contrôler son étendue en y injectant du produit de contraste et d'assurer la mise en place ensuite d'un guide et d'un cathéter. Cette dernière manœuvre s'effectue sous contrôle par amplificateur de brillance, soit par la technique du trocart, soit par la méthode de Seldinger.

Point essentiel

L'aiguille Chiba®, la méthode coaxiale, les systèmes automatiques permettent des ponctions de masse d'accès difficile, profonde, la traversée d'organe creux.

Site de ponction

Les sites de ponction sont : le foie, le pancréas, le rétropéritoine, les surrénales, le pelvis, les poumons, les os, les extrémités, le péritoine et le cou.

De la localisation de ces sites et des habitudes du radiologue vont dépendre le guidage utilisé (échographie ou scanner, amplificateur de brillance).

L'échographie est réservée aux ponctions de foie, reins, cou, paroi. Le scanner est indiqué en cas de biopsies du rétropéritoine, des poumons, du pelvis, du pancréas, de la rate, des surrénales.

Dans certains cas, une ponction de masse péritonéale, pariétale, ou d'une paroi digestive, peut s'effectuer soit sous scanner soit sous guidage échographique.

Point essentiel

Les sites de ponction sont : le foie, la rate, le pancréas, le rétropéritoine, les surrénales, le pelvis, les poumons, les os, les extrémités et le cou.

Indications

La biopsie hépatique permet de déterminer le stade d'une fibrose hépatique. Dans ce cas, le prélèvement doit comporter une longueur minimale de 25 mm, et contenir au moins 10 espaces portes pour permettre une analyse histologique suffisante, afin d'évaluer le score de la fibrose de F0 à F4.

Dans cette indication, l'aiguille utilisée possède un calibre de 1,4 mm (16 G). La qualité du prélèvement est essentielle pour déterminer le pronostic du patient et indiquer la conduite à tenir : traitement médical, surveillance, transplantation hépatique.

Analyse anatomopathologique

Le rôle de l'anatomopathologiste est fondamental.

L'analyse cytologique comporte un étalement sur lame, fixé à l'éther ou à l'alcool pour coloration de Papanicolaou, une autre lame étant séchée à l'air pour coloration au May Grumwald Giemsa. Les fragments pour analyse histologique sont mis en suspension dans du formol, du Bouin ou du sérum physiologique, puis fixés en paraffine. Des prélèvements en tube sec peuvent être demandés pour analyse génétique (tumeurs).

Résultats

Les résultats positifs en cas de ponction biopsie à visée histocytologique sont de 90 à 98 % lorsque la masse est supérieure ou égale à 2 cm.

Complications

Les complications restent rares, de 0,3 % pour les aiguilles les plus fines, à 3 % pour les aiguilles les plus larges, de calibre 15 G (1,8 mm).

Elles sont parfois mineures : réaction vagale, hématome, infection sur le site de ponction voire hémobilie avec poussée subictérique.

D'autres plus graves peuvent survenir : l'ensemencement tumoral est exceptionnel mais possible (territoire cutané, sous-cutané, coupole diaphragmatique), l'hémopéritoine nécessitant la surveillance abdominale dans les suites d'une ponction transpariétale.

Des cas de décès ont été rapportés, lors de la ponction d'une métastase hépatique d'origine carcinoïde, de celle d'un phéochromocytome, et enfin au cours de la ponction d'un pancréas sain (risque de pancréatite aiguë mortelle).

Il convient toujours d'être prudent lorsqu'il s'agit de ponctionner une masse hépatique sous tension, richement vascularisée, et spontanément douloureuse. Il faut alors privilégier un trajet au travers du parenchyme hépatique en raison du risque majeur d'hémopéritoine.

Autres indications de la biopsie guidée

La ponction guidée a aussi d'autres indications : dosage local de drogue cytotoxique, injection d'alcool, chimiothérapie directe, radiothérapie, cryothérapie et ablation tumorale à l'aide d'ondes de radiofréquence.

Rappelons que les biopsies percutanées sont une technique fondamentale pour permettre de réduire la durée d'hospitalisation des patients et le nombre d'interventions chirurgicales à visée diagnostique.

Leur fiabilité lorsqu'elles sont à visée cytohistologique est de l'ordre de 90 %.

Il faut toujours savoir qu'une ponction percutanée sous guidage échographique peut permettre la mise en place d'un cathéter de drainage en cas d'abcès, de collection, de rein dilaté ou pour aborder les voies biliaires et/ou la vésicule.

Points essentiels

- Les biopsies percutanées guidées par imagerie sont une technique fondamentale.
- Les résultats positifs en cas de ponction biopsie à visée histocytologique sont de 90 à 98 % lorsque la masse dépasse 2 cm.
- Les complications restent rares, de 0,3 % pour les aiguilles les plus fines à 3 % pour les aiguilles les plus larges, de calibre 15 G.

Échographie pédiatrique

C. Sileo, H. Ducou Le Pointe

PLAN DU CHAPITRE

- **Échographie encéphalique par voie transfontanellaire (ETF)**
 - Technique d'examen et aspects normaux
 - Pathologie
- **Échographie médullaire**
 - Technique d'examen et aspects normaux
 - Pathologie
- **Échographie de l'appareil urinaire**
 - Technique d'examen et aspects normaux
 - Pathologie
- **Échographie des tumeurs rétropéritonéales**
- **Échographie du tube digestif**
 - Technique d'examen et aspects normaux
 - Pathologie
- **Échographie pelvienne**
 - Technique d'examen
 - Pathologie
- **Échographie de hanche**

Échographie encéphalique par voie transfontanelle (ETF)

Technique d'examen et aspects normaux

L'échographie transfontanelle est la méthode de 1^{re} intention dans la période néonatale. Elle peut être réalisée au lit en unité de soins intensifs.

L'examen est généralement réalisé par la fontanelle antérieure qui permet l'abord ultrasonore, jusqu'à l'âge de 4-6 mois. Après cet âge, la fenêtre acoustique est de plus en plus limitée. Chez le prématuré, il peut être réalisé de façon répétée.

L'examen est effectué avec une sonde microconvexe de 5 à 8 MHz.

Classiquement, on décrit 10 coupes échographiques de référence qui doivent être réalisées de façon obligatoire :

- cinq coupes sagittales, 1 médiane et 4 parasagittales, passant à droite et à gauche par les ventricules latéraux et par la substance blanche latérale (fig. 17.1) ;
- cinq coupes frontales, passant par la substance blanche frontale antérieure à hauteur des orbites, par les cornes frontales, par le 3^e ventricule et les trous de Monro, par les carrefours ventriculaires et par la substance blanche occipitale (fig. 17.2).

L'étude est complétée en utilisant une sonde linéaire à haute fréquence (fig. 17.3) pour mieux analyser la différenciation substance blanche/substance grise, les sillons corticaux et le sinus longitudinal supérieur. De façon exceptionnelle, une sonde convexe de plus basse fréquence peut être utilisée chez le nourrisson de 6 mois pour améliorer l'analyse en profondeur. À partir de cet âge, une imagerie en coupes complètera souvent l'étude échographique. D'autres voies d'abord sont possibles pour une meilleure analyse de la fosse postérieure.

L'étude Doppler permet de visualiser les vaisseaux et d'évaluer l'hémodynamique. Le Doppler couleur permet d'évaluer la perméabilité du sinus sagittal supérieur et la topographie des veines en regard des espaces péricérébraux. L'index de résistance est mesuré au niveau d'une branche péricalleuse de l'artère cérébrale antérieure (fig. 17.4).

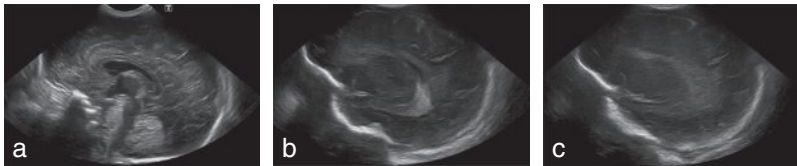


Fig. 17.1 ETF normale : coupes sagittales.

- a. Coupe sagittale médiane. Noter la présence du cavum du septum pellucidum.
- b. Coupe parasagittale latérale passant à droite et à gauche par les ventricules latéraux.
- c. Coupe parasagittale latérale passant à droite et à gauche par la substance blanche latérale.

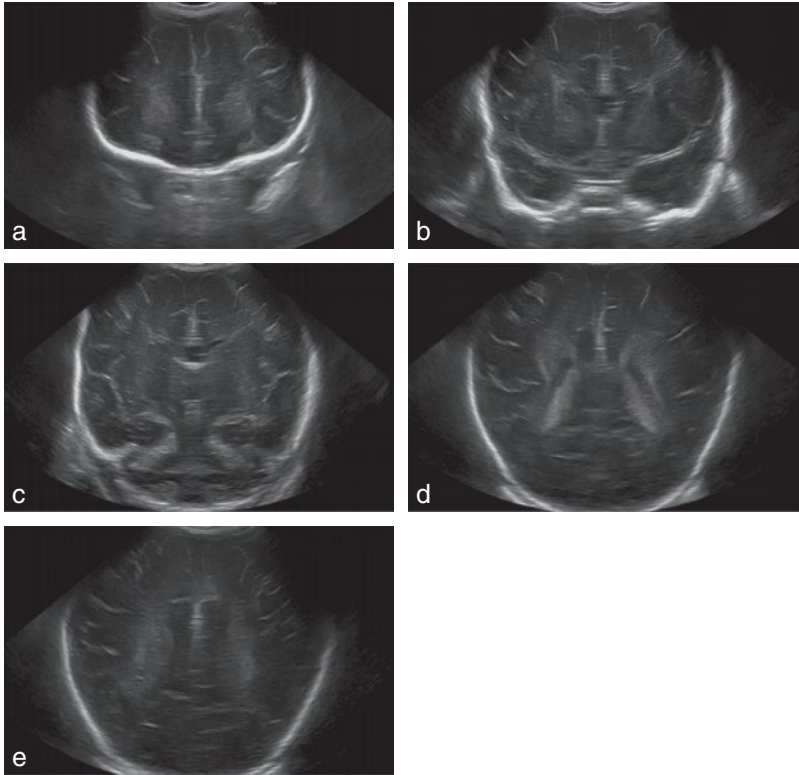


Fig. 17.2 ETF normale : coupes coronales.

- a. Coupe passant par la substance blanche frontale antérieure à hauteur des orbites.
 b. Coupe passant par les cornes frontales. Noter la présence du cavum du septum pellucidum. c. Coupe passant par le 3^e ventricule et les trous de Monro. Noter la présence du cavum du septum pellucidum. d. Coupe passant par les carrefours ventriculaires. e. Coupe passant par la substance blanche occipitale.

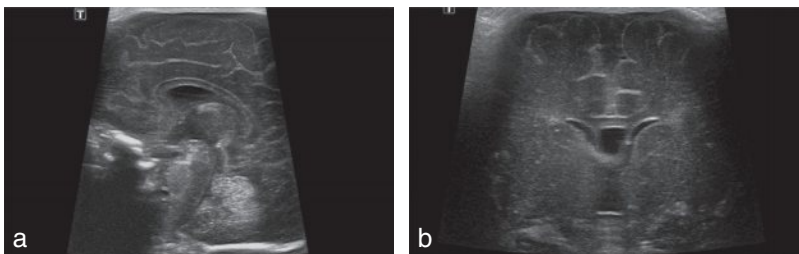


Fig. 17.3 ETF normale avec sonde linéaire à haute fréquence.

- a. Coupe sagittale médiane. Noter la présence du cavum du septum pellucidum.
 b. Coupe coronale passant par le 3^e ventricule et les trous de Monro. Noter la présence du cavum du septum pellucidum.

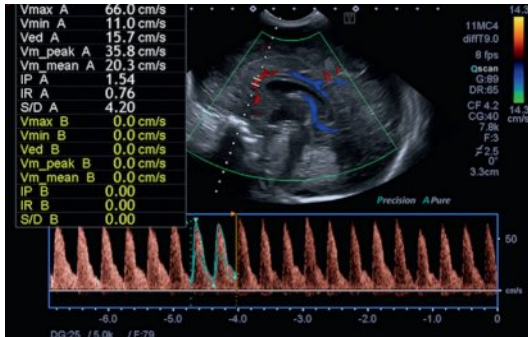


Fig. 17.4 ETF normale avec Doppler pulsé.

Évaluation de l'index de résistance, mesuré au niveau d'une branche péricalluse de l'artère cérébrale antérieure sur une coupe sagittale.

Parmi les variantes de la normale, le cavum du septum pellucidum (fig. 17.1 à 17.3) en avant et le cavum vergae en arrière peuvent être retrouvés, en particulier chez le prématuré. En effet, le cavum du septum pellucidum est situé entre deux feuillets à la partie médiale des ventricules latéraux. Les deux feuillets fusionnent normalement d'arrière en avant entre la fin de la grossesse et les premières semaines de vie. De la même façon, le cavum du velum interpositum peut aussi être détecté sans valeur pathologique. Il est postérieur et plus bas par rapport au cavum vergae. Il refoule vers le haut les colonnes du fornix et vers le bas les veines cérébrales internes.

Une asymétrie de taille ventriculaire, sans dilatation, peut exister entre les cornes frontales et occipitales ou entre le ventricule droit et le gauche. Le ventricule latéral gauche est plus souvent le plus large, avec un diamètre dépendant de la position de la tête de l'enfant.

Un élargissement physiologique des espaces péricérébraux peut être retrouvé (distance interhémisphérique inférieure à 5-6 mm). Pour des valeurs plus élevées, une corrélation avec le périmètre crânien doit être réalisée.

Les pseudo-kystes sous-épendymaires sont très souvent retrouvés en échographie transfontanelle chez le nouveau-né prématuré. Ils sont le plus souvent isolés chez un nouveau-né par ailleurs normal. Dans leur forme typique, sans signification pathologique, les pseudo-kystes sous-épendymaires sont de petite taille, anéchogènes, infracentimétriques. Leur topographie se situe de la zone germinative, soit sous la corne frontale, soit au niveau du bord latéral de la corne frontale, mais toujours en dessous d'une ligne passant par l'angle externe de la corne frontale. Le terme pseudo-kyste sous-épendymaire recouvre les kystes de germinolyse, les kystes paraventriculaires et les kystes connataux (fig. 17.5).

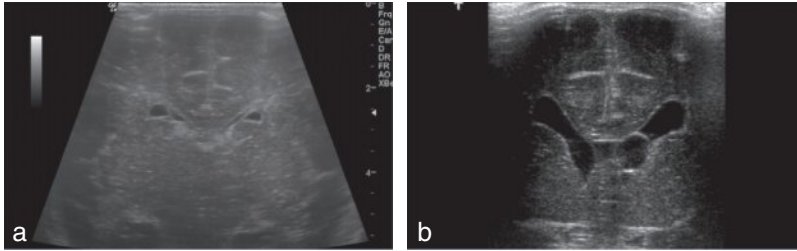


Fig. 17.5 Pseudo-kystes sous-épendymaires.

a. Coupe coronale passant par les cornes frontales : formations kystiques en dehors des cornes frontales, en dessous d'une ligne passant par l'angle externe de la corne frontale (examen réalisé au lit). **b.** Coupe coronale avec sonde linéaire à haute fréquence passant par les cornes frontales : formation kystique sous la corne frontale gauche.

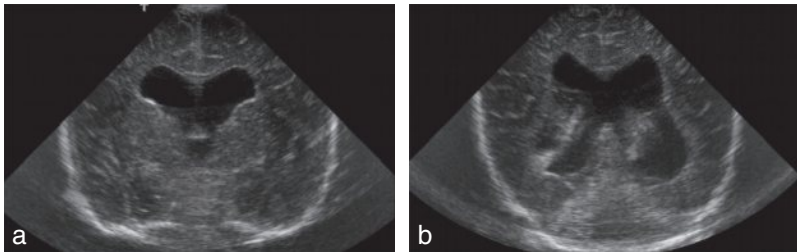


Fig. 17.6 Dilatation triventriculaire dans une sténose de l'aqueduc.

a. Coupe coronale passant par le 3^e ventricule et les trous de Monro. **b.** Coupe coronale passant par les carrefours ventriculaires.

Pathologie

Ci-dessous les anomalies les plus fréquemment rencontrées.

Ventriculomégalie unilatérale

Une dilatation unilatérale avec un diamètre atrial supérieur à 10 mm peut être le signe d'une sténose d'un trou de Monro, d'une hémorragie intraventriculaire unilatérale, d'une anomalie cérébrale malformative ou clastique homolatérale.

Dilatation ventriculaire bilatérale

Si la dilatation des ventricules latéraux est associée à une dilatation du 3^e ventricule, il faut suspecter une sténose de l'aqueduc (fig. 17.6). S'il s'y associe en plus un élargissement des espaces péri-cérébraux, avec élargissement des sillons, sans augmentation du périmètre crânien, il s'agit vraisemblablement d'une atrophie cérébrale. Nombreuses anomalies malformatives et clastiques peuvent

être responsables d'une hydrocéphalie. Plus fréquemment, l'hydrocéphalie de la période postnatale est secondaire à une hémorragie ou, chez le nourrisson, à une méningite.

Dilatation ventriculaire des carrefours ventriculaires et des cornes occipitales avec dysmorphie ventriculaire (colpocéphalie)

Ces anomalies sont inscrites dans le cadre d'une agénésie du corps calleux. On observe une disposition radiaire des sillons cingulaires, un écartement anormal des cornes frontales, une ascension du 3^e ventricule. Le diagnostic est fait en anténatal.

Hémorragie

Rencontrée plus fréquemment chez le prématuré de moins de 32 SA, elle est bien détectée par l'échographie comme une image hyperéchogène. Les 4 stades sont de gravité croissante :

- dans le stade I, l'hémorragie se situe dans la matrice germinale, au niveau du plancher du ventricule latéral;
- dans le stade II, il s'y associe une hémorragie intraventriculaire;
- dans le stade III, il existe une dilatation ventriculaire (fig. 17.7);
- dans le stade IV, l'hémorragie siège dans le parenchyme.



Fig. 17.7 Hémorragie droite de stade III avec sonde linéaire à haute fréquence (examen réalisé au lit).

Coupe coronale passant par le 3^e ventricule et les trous de Monro.

Anoxo-ischémie et accident vasculaire cérébral à terme

La sensibilité de l'échographie est faible. Dans l'encéphalopathie anoxo-ischémique (fig. 17.8) et dans l'accident vasculaire cérébral (fig. 17.9) à terme, on peut mettre en évidence respectivement une augmentation diffuse ou focale de l'échogénicité avec perte de la différenciation substance blanche/substance grise et non-visibilité des cavités ventriculaires avec effacement des sillons de façon diffuse ou focale. La spécificité est peu élevée : l'hyperéchogénicité peut être due à un œdème transitoire ou à une lésion définitive et à la phase aiguë les hémorragies parenchymateuses se présentent sous forme d'une augmentation de l'échogénicité.

Leucomalacie périventriculaire

Elle est secondaire à une nécrose de la substance blanche périventriculaire. Son incidence diminue avec l'âge gestationnel. Chez le prématuré, en particulier chez

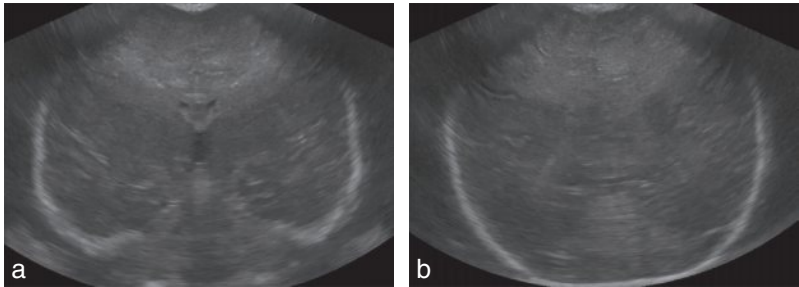


Fig. 17.8 Encéphalopathie anoxo-ischémique (examen réalisé au lit).

a. Coupe coronale passant par le 3^e ventricule et les trous de Monro. **b.** Coupe coronale postérieure par rapport aux carrefours ventriculaires. Augmentation diffuse de l'échogénicité avec perte de la différenciation substance blanche/substance grise, effacement des sillons de façon diffuse et ventricules de petite taille.

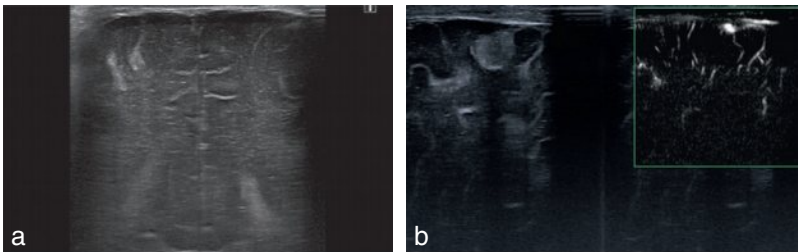


Fig. 17.9 Accident vasculaire cérébral avec sonde linéaire à haute fréquence.

a. Coupe coronale passant par les carrefours. **b.** Coupe parasagittale latérale passant par la substance blanche latérale droite. Plage de dédifférenciation entre le cortex et la substance blanche sous-corticale avec aspect hyperéchogène de la substance blanche et diminution de la vascularisation.

les nouveau-nés avant 32 SA, il existe un aspect hyperéchogène physiologique de la substance blanche en rapport avec le terme. Une hyperéchogénicité persistante, une asymétrie d'échogénicité ou l'apparition d'une lésion nodulaire hyperéchogène doivent faire suspecter une leucomalacie. Toutefois, ces signes ne sont pas spécifiques. Les transformations kystiques au sein d'une zone de leucomalacie peuvent être détectées par l'échographie (fig. 17.10 et 17.11).

Points essentiels

Échographie transfontanellaire

- Exploration jusqu'à 4–6 mois.
- Exploration clé en unité de soins intensifs.
- Visualisation limitée des régions pariétales et de la fosse postérieure.
- Performante pour la détection des hémorragies cérébrales.
- Visualisation des lésions constituées de leucomalacie périventriculaire.
- Faible sensibilité pour la détection des lésions anoxo-ischémiques.

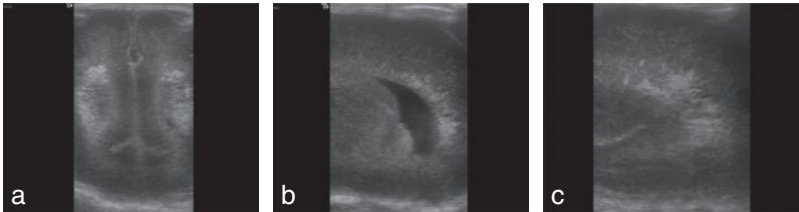


Fig. 17.10 Leucomalacie périventriculaire chez un prématuré né à 27 SA et 4 jours avec sonde linéaire à haute fréquence (examen réalisé au lit).

a. Coupe coronale passant par la substance blanche occipitale. b. Coupe parasagittale latérale passant par le ventricule latéral. c. Coupe parasagittale latérale passant par la substance blanche latérale droite. Hyperéchogénicité périventriculaire bilatérale avec début de cavitation.

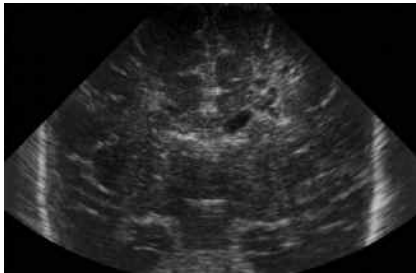


Fig. 17.11 Leucomalacie périventriculaire chez un prématuré né à 32 SA : coupe coronale passant par les cornes frontales.

Hyperéchogénicité périventriculaire bilatérale prédominant à gauche avec cavitations au-dessus d'une ligne passant par l'angle externe de la corne frontale.

Échographie médullaire

Technique d'examen et aspects normaux

À la période néonatale, l'échographie est l'examen plus simple pour étudier les tissus mous sous-cutanés et le contenu du canal rachidien au travers d'arcs postérieurs incomplètement ossifiés. Le nourrisson est placé en procubitatus. On utilise une sonde linéaire de haute fréquence (au minimum de 7 MHz) réalisant des coupes axiales et longitudinales depuis la jonction bulbomédullaire jusqu'au coccyx.

La moelle est visible sous la forme d'une structure tubulaire hypoéchogène, dont le diamètre varie avec la localisation. Elle est plus épaisse dans la région du cône avec une différence d'environ 1 mm entre la moelle dorsale et le renflement lombaire. Elle contient un écho médian situé en avant du canal épendymaire correspondant au fond du sillon antérieur médullaire. Le niveau le plus bas du cône médullaire normal est le plateau supérieur de L3 (la reconnaissance de l'angulation au passage L5-S1 est généralement fiable). L'échographie permet de confirmer son aspect effilé, en continuité avec le filum terminale, échogène (épaisseur variable entre 0,5 et 2 mm). Le cône est entouré par les racines de la queue de cheval et le liquide céphalorachidien (fig. 17.12). La mobilité de la moelle et des racines peut être appréciée.

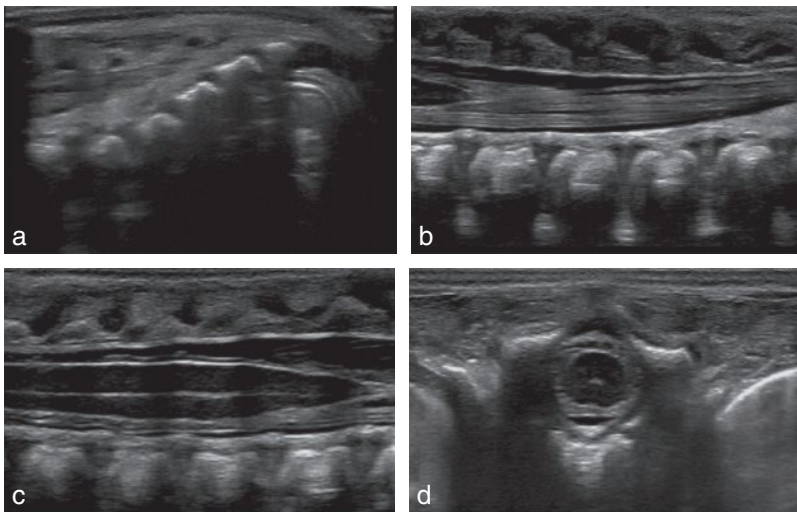


Fig. 17.12 Échographie médullaire normale.

a. Coupe sagittale : passage lombosacré avec 5 pièces sacrées. b. Coupe sagittale : aspect effilé du cône médullaire, localisé au passage L1-L2, en continuité avec un filum non épaissi et d'échogénicité superposable à celle des racines. c. Coupe sagittale sur la moelle thoracolombaire avec visibilité de l'écho médian. d. Coupe axiale sur la moelle thoracique.

La visibilité de la portion terminale du canal épendymaire (fig. 17.13) au niveau centromédullaire et la visibilité du *ventriculus terminalis* (fig. 17.14), appendu à la pointe du cône et à l'origine du filum, constituent une variante de la normale.

Pathologie

L'échographie médullaire est réalisée pour rechercher un *dysraphisme occulte* devant la présence au niveau lombosacré et sur la ligne médiane d'un angiome, d'une masse sous-cutanée, d'une touffe de poils ou une tache pigmentée, d'un appendice caudal, d'une aplasie ou d'une hypoplasie cutanée, d'un sinus dermique. L'échographie est aussi indiquée en présence d'une agénésie sacrée, d'une

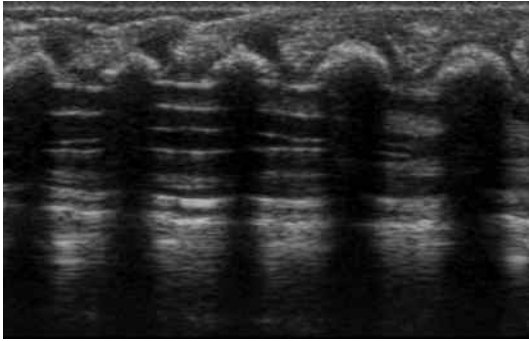


Fig. 17.13 Visibilité de la portion terminale du canal épendymaire : coupe sagittale sur la moelle thoracolombaire.

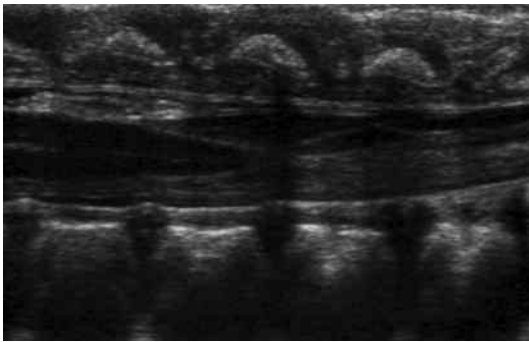


Fig. 17.14 *Ventriculus terminalis*.

Coupe sagittale : formation kystique appendue à la pointe du cône et à l'origine du filum.

malformation anorectale, d'une vessie de lutte, d'un globe vésical inexpliqué ou d'un examen neurologique anormal des membres inférieurs (assez exceptionnel à la période néonatale). Une fossette sacrococcygienne simple est associée à un faible risque de dysraphisme. L'échographie devrait être limitée aux nouveau-nés avec une fossette atypique (taille supérieure à 5 mm et à plus de 2,5 cm de la marge anale).

Dans les formes sévères de *moelle attachée*, la moelle occupe la partie postérieure du canal, se rétrécissant progressivement avec une mobilité diminuée ou absente. Elle est souvent associée à un *lipome intracanalair* qui peut siéger au niveau du filum (fig. 17.15). Un dysraphisme plus complexe peut être présent comme la *myéломéningocèle*, généralement découverte en anténatal.

En présence d'un pertuis médian ou plus rarement paramédian, un *sinus dermique* doit être suspecté, trajet épidermisé qui va de la surface cutanée jusqu'au canal médullaire, isolé ou associé à un kyste dermoïde ou épidermoïde intracanalair. La communication entre le canal médullaire et la peau doit faire craindre des complications infectieuses.

Plus rarement, l'échographie peut apprécier l'extension intracanalair d'une tumeur.

Points essentiels

Échographie médullaire

- Performante dans le 1^{er} mois de vie.
- Indiquée en cas de fossette atypique.
- Indiquée en cas d'anomalie cutanée de la ligne médiane au niveau lombosacré.

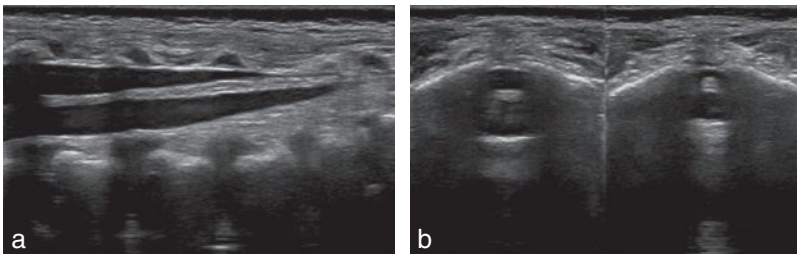


Fig. 17.15 Lipome du filum.

a. Coupe sagittale. **b.** Coupes axiales. Augmentation d'épaisseur du filum, anormalement hyperéchogène.

Échographie de l'appareil urinaire

Technique d'examen et aspects normaux

L'examen est effectué avec une sonde dont la fréquence est adaptée à l'âge de l'enfant (7,6 puis 3,5 MHz) et doit toujours être complété par une étude avec une sonde à haute fréquence pour une analyse fine du parenchyme. L'enfant est en décubitus dorsal, puis en décubitus latéral droit et gauche et en procubitus.

Si l'âge du patient le permet, la vessie doit être pleine. Sa taille, ses contours, l'épaisseur de sa paroi et son contenu sont appréciés par des coupes orthogonales avec visualisation de la jonction urétérovésicale.

Une éventuelle dilatation urétérale est recherchée sur tout le trajet des uretères. L'étude des reins par voie postérieure avec coupes longitudinales et transversales permet une meilleure analyse du parenchyme.

Chez le nouveau-né, le cortex rénal peut être transitoirement hyperéchogène avec une augmentation de la différenciation corticomédullaire ou avoir la même échogénicité du foie. Les premiers mois de vie, les contours des reins sont bosselés en rapport avec des lobulations fœtales.

Pathologie

Les uropathies malformatives sont souvent détectées en anténatal.

Ci-dessous les anomalies les plus fréquemment rencontrées.

Hydronéphrose et urétéro-hydronéphrose

L'échographie met en évidence une dilatation du système pyélocaliciel. Le parenchyme est généralement bien différencié, d'épaisseur réduite à cause de la dilatation. Une dilatation sévère, responsable d'une dysplasie rénale obstructive, peut être responsable de la formation de kystes de petite taille. Les limites normales de la taille du bassin en antéropostérieur varient selon les auteurs de 5 à 10 mm (fig. 17.16).

Si l'uretère sous-jacent n'est pas dilaté, il faut évoquer un syndrome de la jonction pyélo-urétérale.

Dans le cas contraire, un reflux ou un obstacle au niveau de la jonction urétérovésicale doit être suspecté (plus fréquemment méga-uretère et urétérocèle le plus souvent associés à un système double) (fig. 17.17 et 17.18).

Chez le garçon, si la dilatation est bilatérale, la présence de valves de l'urètre postérieur doit être recherchée, en particulier s'il existe un aspect de vessie de lutte.

Dysplasie multikystique

Dans cette malformation congénitale, on retrouve plusieurs images kystiques de taille variable (sans communication) avec un parenchyme échogène dysplasique ou sans parenchyme individualisable. L'involution spontanée est la règle. Le pronostic fonctionnel rénal dépend du rein controlatéral (fig. 17.19).

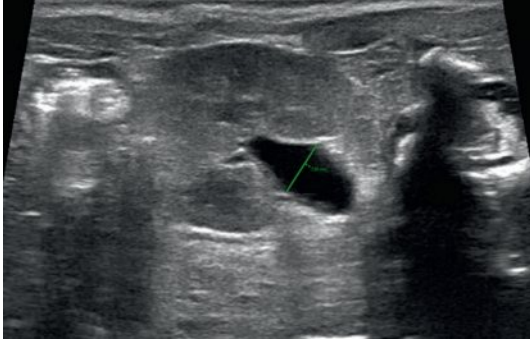


Fig. 17.16 Visibilité du bassin à 7 mm chez un nouveau-né : coupe transverse passant par le bassin avec mensuration du bassin en antéropostérieur.

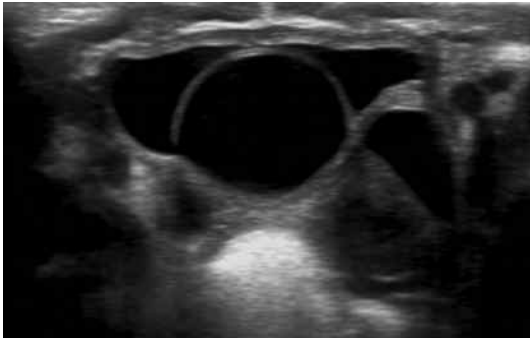


Fig. 17.17 Urétérocèle (associée à un système double) chez un nouveau-né. Coupe transverse passant par la vessie et l'urétérocèle : visibilité d'une dilatation de l'uretère droit et de l'uretère gauche.

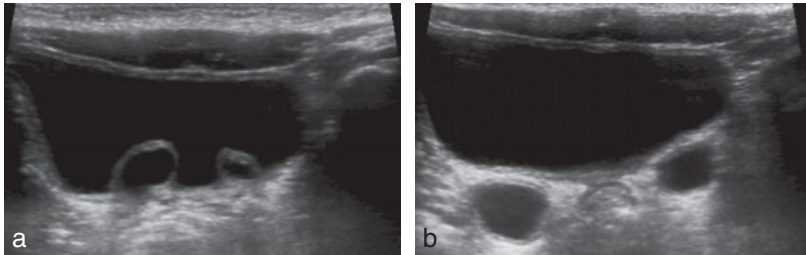


Fig. 17.18 Urétérocèle bilatérale chez un nouveau-né.
 a. Coupe transverse passant par la vessie et les urétérocèles. b. Coupe transverse passant par la vessie et les uretères rétrovésicaux dilatés.

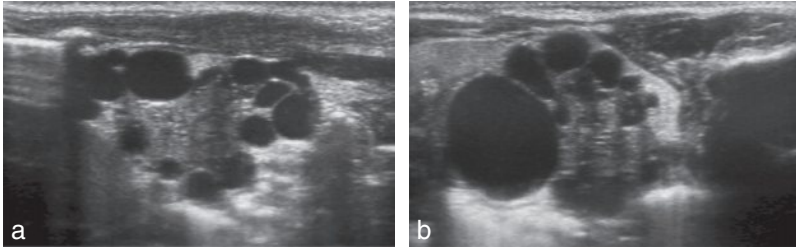


Fig. 17.19 Dysplasie multikystique chez un nouveau-né.

a. Coupe longitudinale. b. Coupe transverse. Images kystiques de taille variable avec parenchyme échogène dysplasique.

Maladies kystiques avec transmission génétique

Le kyste simple est exceptionnel à l'âge pédiatrique. En dehors de la dysplasie multikystique et de la dysplasie obstructive, une pathologie à transmission génétique doit être évoquée. La polykystose autosomique dominante est la forme la plus fréquente des polykystoses héréditaires. Les kystes sont rarement visibles à la naissance et apparaissent habituellement durant l'enfance et l'adolescence (fig. 17.20). Chez le nouveau-né, des reins augmentés de taille avec un cortex hyperéchogène évoquent une polykystose récessive.

Points essentiels

Échographie de l'appareil urinaire

- Méthode d'exploration de 1^{re} intention.
- Une dilatation urétéro-pyélo-calicielle bilatérale chez un garçon doit faire rechercher des valves de l'urètre postérieur.
- Une dilatation du système urinaire est mieux visualisée une fois la diurèse établie.

Échographie des tumeurs rétropéritonéales

Les tumeurs rétropéritonéales les plus fréquentes sont le néphroblastome (tumeur de Wilms) et le neuroblastome.

Le *néphroblastome* est généralement découvert à l'échographie après la palpation d'une masse (de croissance très rapide) ou lors de l'exploration de douleurs abdominales, le plus souvent entre 1 et 5 ans. La lésion est solide avec des plages liquidiennes en rapport avec des zones de nécrose (fig. 17.21). Une analyse avec sonde à haute fréquence du rein controlatéral est nécessaire, le néphroblastome étant bilatéral dans environ 5 % des cas.

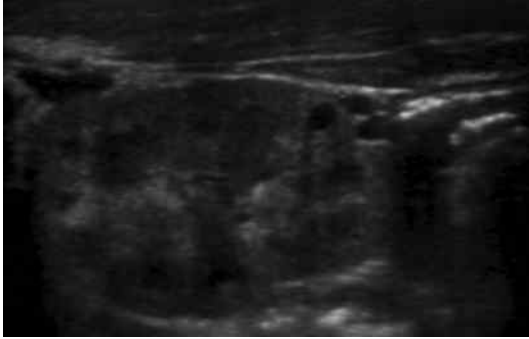


Fig. 17.20 Polykystose autosomique dominante chez un nouveau-né.
Coupe longitudinale : 3 images kystiques au pôle inférieur du rein ; bonne différenciation corticomédullaire.

Une extension de la tumeur dans la veine rénale et dans la veine cave inférieure est observée dans 5 à 10 % des cas. La présence d'adénopathies hilaires ou lombo-aortiques doit également être recherchée.

Les signes cliniques permettant de diagnostiquer un *neuroblastome* sont liés à la sécrétion humorale, aux localisations métastatiques, à des phénomènes auto-immunes ou à la découverte d'une masse. Il peut y avoir une origine surrénalienne (fig. 17.22) ou parachidienne (ganglion du système nerveux sympathique). Il est à ce niveau souvent infiltrant, englobant les structures vasculaires, solide avec des fines calcifications.

Une étude complète de l'abdomen, notamment du foie, est réalisée de façon systématique après la découverte d'une masse abdominale.

Après le diagnostic et le bilan d'extension, l'échographie permettra l'évaluation de la lésion au cours du traitement et de surveiller le patient à distance.

À la période néonatale, le diagnostic différentiel du neuroblastome néonatal surrénalien est l'hémorragie de la surrénale. L'hématome surrénalien se présente comme une masse échogène secondairement anéchogène. Le dosage des catécholamines urinaires, la scintigraphie à la MIBG et le suivi échographique permettent généralement de poser le diagnostic.

Points essentiels

Échographie des tumeurs rétropéritonéales

- Méthode d'exploration de 1^{re} intention.
- Le néphroblastome est bien limité et refoule les gros vaisseaux.
- Le neuroblastome est surrénalien ou para-aortique et peut englober les gros vaisseaux.

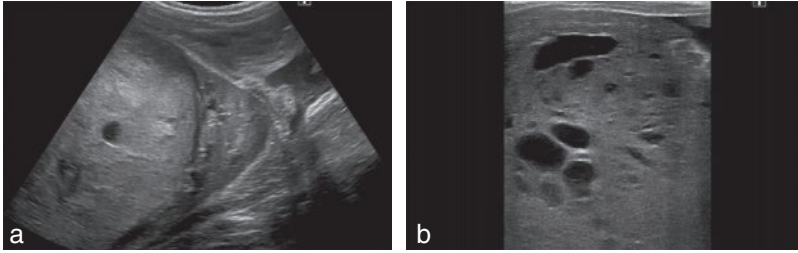


Fig. 17.21 Néphroblastome.

a. Coupe longitudinale. b. Coupe transversale avec sonde linéaire à haute fréquence. Masse rénale solide avec plages liquidiennes.

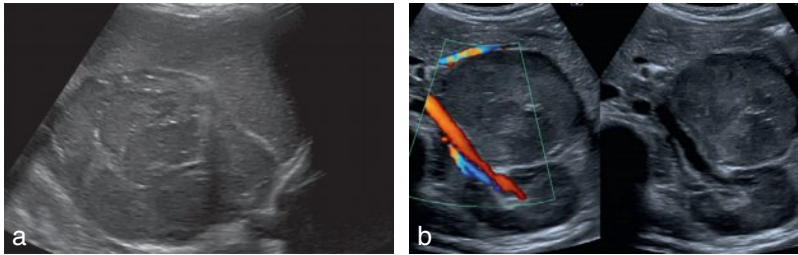


Fig. 17.22 Neuroblastome surrénalien gauche.

a. Coupe transversale passant par la masse et la rate. b. Coupes transversales : masse solide avec calcifications avec effet de masse sur le pancréas, la veine splénique, le rein gauche et le pédicule vasculaire rénal.

Échographie du tube digestif

Technique d'examen et aspects normaux

L'examen est effectué avec une sonde linéaire à haute fréquence (au moins 7 MHz). Une étude complète de l'abdomen est réalisée avec une sonde curviligne à plus basse fréquence.

Pathologie

L'échographie est la méthode de choix dans l'exploration des douleurs abdominales aiguës de l'enfant. En fonction de l'âge de l'enfant, les étiologies des douleurs abdominales diffèrent, pouvant être en rapport avec des causes banales ou, au contraire, nécessiter une prise en charge chirurgicale urgente.

Invagination intestinale aiguë

Elle doit être évoquée dans toute douleur abdominale paroxystique intervenant chez un enfant âgé de 2–3 mois à 2–3 ans. L'invagination iléocolique représente

plus de 90 % des invaginations de l'enfant. Une cause favorisante est retrouvée chez 3 à 4 % des enfants (diverticule de Meckel, duplication digestive, lymphome digestif). Elle met en évidence le boudin d'invagination sous la forme d'une image en cocarde ou en cible sur une coupe transversale. Sur les coupes longitudinales, l'alternance des couches hypo et hyperéchogènes donne l'aspect classique de « sandwich » ou « hotdog ». L'invagination intéressant le côlon est généralement d'une taille supérieure à 3 cm (fig. 17.23).

Volvulus sur malrotation ou sur défaut d'accolement du mésentère

C'est une véritable urgence chirurgicale et un problème classique de la période néonatale. L'échographie peut faire le diagnostic sur le signe du tourbillon et sur l'inversion de la position de l'artère et de la veine mésentériques (fig. 17.24). L'opacification du cadre duodénal reste cependant une méthode plus fiable pour établir le diagnostic devant des vomissements verts.

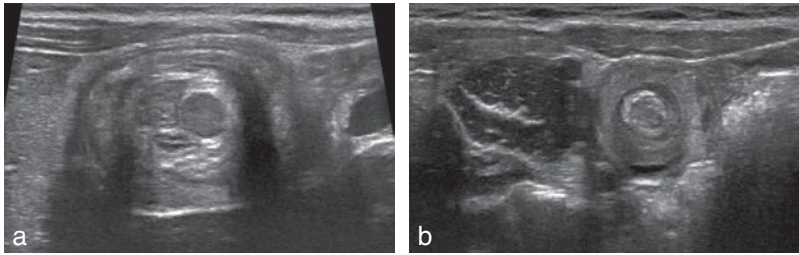


Fig. 17.23 Invagination intestinale aiguë.

a. Coupe transversale : boudin d'invagination iléocolique (> 3 cm). Aspect en cocarde, en présence d'une couronne hypoéchogène, d'un centre hyperéchogène qui entoure une autre couronne hypoéchogène ; il s'y associe la présence d'un ganglion au sein du boudin. **b.** Coupe transversale : boudin d'invagination iléo-iléal (< 3 cm).



Fig. 17.24 Volvulus sur malrotation.

Visualisation du tour de spire de la veine mésentérique autour de l'artère mésentérique (signe du tourbillon).

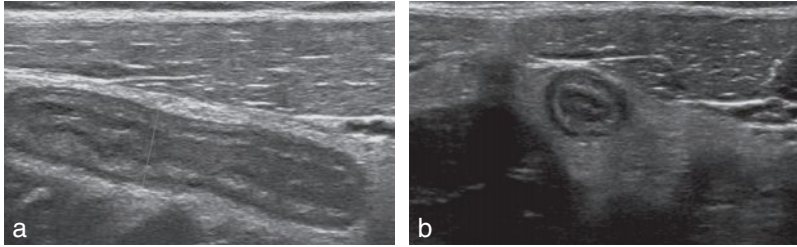


Fig. 17.25 Appendicite aiguë.

a. Coupe longitudinale. **b.** Coupe transversale. Structure digestive tubulaire mesurant 9 mm de diamètre à parois épaissies avec hyperéchogénicité de la graisse adjacente.

Appendicite

Elle est l'urgence chirurgicale la plus fréquente de l'enfant entre 5 et 10 ans. Le diagnostic d'appendicite en échographie repose sur la visualisation de l'appendice comme une structure tubulaire, raccordée au cæcum, mesurant plus de 6–7 mm de diamètre (fig. 17.25). La non-compressibilité de l'appendice est un élément essentiel au diagnostic. Il peut s'y associer une hyperéchogénicité et une hypervascularisation de la graisse péri-appendiculaire, un épanchement de la fosse iliaque droite et une dilatation des dernières anses iléales avec un hypopéristaltisme. Une échographie permet de visualiser également les fécalithes appendiculaires et de suspecter une appendicite compliquée devant une collection de la fosse iliaque droite.

Sténose hypertrophique du pylore

Elle doit être suspectée en présence de vomissements alimentaires en jets depuis plusieurs jours avec une stagnation pondérale chez un nourrisson âgé de 3 semaines à 2 mois. L'échographie met en évidence une épaisseur du muscle pylorique supérieure ou égale à 3 mm, une longueur de l'olive pylorique supérieure à 15 mm, un diamètre supérieur à 10 mm et le signe de l'épaulement antropylorique (fig. 17.26). Il s'y associe un défaut d'ouverture du canal pylorique lors des contractions de l'estomac, un péristaltisme rétrograde et une stase gastrique.

Point essentiel

Échographie du tube digestif

Le volvulus du grêle et l'invagination intestinale aiguë sont des urgences chirurgicales engageant le pronostic vital.

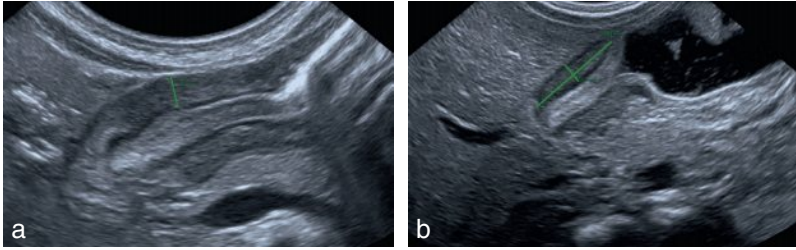


Fig. 17.26 Sténose hypertrophique du pylore.

Augmentation de l'épaisseur de la musculature (a) et augmentation de la longueur du pylore avec visibilité (b) du signe de l'épaulement antropylorique.

Échographie pelvienne

Technique d'examen

L'étude du pelvis est effectuée avec une sonde avec la plus haute fréquence possible en fonction de l'âge de l'enfant. La réplétion vésicale est nécessaire, mais souvent impossible à obtenir chez le nouveau-né ou le nourrisson.

Pathologie

L'échographie est la méthode de choix dans l'exploration des douleurs aiguës pelviennes chez la fille.

Torsion de l'ovaire

Elle constitue une véritable urgence chirurgicale. Il faut envisager un cas de torsion ovarienne chez tout enfant de sexe féminin (souvent adolescente) qui présente une douleur abdominale basse brutale, accompagnée de vomissements. À l'échographie, on constate une augmentation de volume de l'ovaire avec une disposition périphérique des follicules et fréquemment un épanchement dans le cul-de-sac de Douglas (fig. 17.27). Il peut exister un signal artériel au Doppler qui n'exclut pas le diagnostic de torsion.

Anomalies génitales obstructives

À la puberté, l'imperforation hyménale est suspectée devant des douleurs pelviennes aiguës ou cycliques chez une jeune fille pubère non réglée. À l'examen de la vulve, l'hymen est bombant, bleuté. L'échographie pelvienne montre la rétention sanguine hétérogène dans le vagin et parfois dans la cavité utérine (hydromé-trocolpos) (fig. 17.28).

Autres pathologies pelviennes

L'échographie permet de déterminer si les organes génitaux internes sont de type pubère ou non dans les *pubertés précoces* et dans les *retards pubertaires* et de

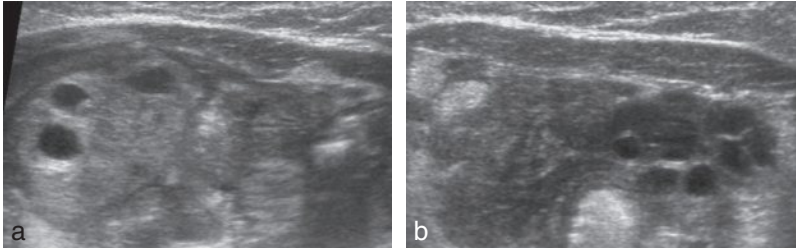


Fig. 17.27 Torsion de l'ovaire chez une patiente non pubère.

a. Augmentation de volume de l'ovaire avec disposition périphérique des follicules et hyperéchogénéité du stroma. b. Aspect normal de l'ovaire controlatéral.

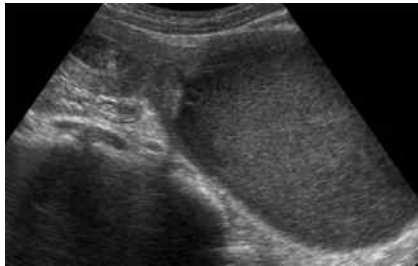


Fig. 17.28 Hydrométrocolpos chez une jeune fille pubère non réglée.

Coupe longitudinale passant par l'utérus et le vagin : rétention sanguine hétérogène dans le vagin et en moindre mesure dans la cavité utérine.

mettre en évidence une éventuelle *malformation*. La hauteur utérine de l'utérus impubère n'excède pas 3,5 cm et l'épaisseur du corps (< 10 mm) est inférieure à celle du col. À la puberté, l'utérus augmente de volume avec un aspect transitionnel tubulaire, puis le rapport corps/col s'inverse. La ligne de vacuité utérine peut être visualisée. À la fin de la puberté, l'endomètre est visible, échogène. Les ovaires sont développés si sa longueur est supérieure ou égale à 3 cm.

En cas de *masse pelvienne*, l'échographie permet généralement de déterminer son origine ovarienne. Chez l'enfant et l'adolescent, la plupart des masses est bénigne (tératome) et la pathologie fonctionnelle (kyste de l'ovaire) est plus fréquente que la pathologie organique. À la période néonatale, une masse liquidienne chez un nouveau-né de sexe féminin est un kyste de l'ovaire jusqu'à preuve du contraire.

Points essentiels

Échographie pelvienne

- Effectuée par voie sus-pubienne avec vessie pleine.
- Oriente vers l'origine ovarienne d'une masse.
- Permet de juger du développement pubertaire des organes génitaux internes.

Échographie de hanche

Des recommandations de la Haute autorité de santé (HAS) ont été émises relativement au dépistage de la luxation congénitale de hanche (LCH) (rapports de 1991 et 2013).

La LCH est une anomalie du développement de la hanche qui se manifeste par une instabilité de la hanche. En France, son incidence est estimée à 6 pour 1 000 naissances avec une nette prédominance féminine. Le traitement est plus efficace si débuté tôt. L'examen clinique est indispensable, à effectuer de façon obligatoire à la naissance et de façon répétée jusqu'à l'âge de la marche. Si une anomalie clinique est décelée, une échographie doit être réalisée rapidement. S'il existe en revanche des facteurs de risque (notamment présentation par le siège, antécédents familiaux du premier degré, anomalies orthopédiques en rapport avec un syndrome postural comme torticolis congénital, déformations des pieds ou des genoux), une échographie doit être réalisée à 1 mois de vie. La radiographie de bassin n'est justifiée que lorsque l'examen clinique est anormal à partir de 4 mois.

Les méthodes échographiques diffèrent selon les pays. Chacune privilégie l'étude de la morphologie acétabulaire ou de la stabilité de la hanche. La formule la plus pertinente est celle qui associe les deux.

Deux techniques échographiques (réalisées avec une sonde linéaire à haute fréquence d'au moins 7,5 MHz) sont principalement utilisées en France pour le dépistage. La plus ancienne est morphologique, recherchant le défaut de modelage acétabulaire (conséquence de la LCH). Elle a été décrite par Graf. La seconde a été décrite par Couture, puis par Tréguier. La technique Couture/Tréguier, ou monocoupe dynamique (réalisée en position luxante) avec évaluation de la distance pubofémorale ou mesure du fond cotyloïdien est à privilégier si l'opérateur est peu expérimenté. En effet la mesure du fond cotyloïdien est simple, invariable avec le plan de coupe et reproductible. S'il est inférieur à 6 mm et s'il existe une différence inférieure à 1,5 mm entre les mesures à droite et à gauche, la hanche est considérée comme normale (fig. 17.29).

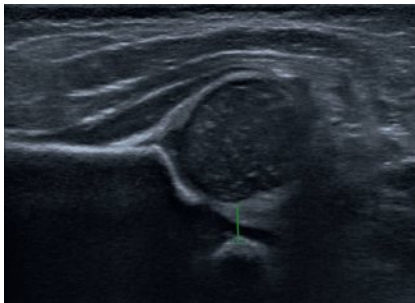


Fig. 17.29 Échographie normale de hanche selon la technique Couture/Tréguier. Mesure du fond cotyloïdien (< 6 mm) réalisée en position luxante.

La manœuvre dynamique est inutile, voire contre-indiquée en cas de luxation spontanée.

Le suivi thérapeutique peut être fait par échographie couplée à l'examen clinique en contrôlant l'évolution morphologique du cotyle et de la position de la tête fémorale, sous traitement orthopédique.

Points essentiels

Échographie de hanche

- À réaliser dès la naissance si l'examen clinique est anormal.
- À réaliser à 1 mois de vie en présence de facteurs de risque.
- La technique de dépistage est celle de Couture/Tréguier.

Écho-Doppler

P. Legmann

PLAN DU CHAPITRE

■ Écho-Doppler artériel

- Matériel d'examen
- Artère saine
- Artère pathologique
- Troncs supra-aortiques (TSA)
- Sténoses
- Lésions non athéromateuses
- Artères des membres supérieurs
- Aorte abdominale et ses branches
- Artères des membres inférieurs

■ Écho-Doppler dans la surveillance postopératoire

- Angioplastie et endoprothèse
- Endartériectomie et pontages

■ Écho-Doppler en pathologie veineuse des membres inférieurs

- But de l'examen
- Déroulement de l'examen
- Saphènes
- Récidives variqueuses
- Diagnostic des thromboses veineuses
- Surveillance évolutive

Écho-Doppler artériel

L'analyse morphologique des parois vasculaires saines, des lésions athéromateuses et non athéromateuses, repose actuellement sur l'échographie bidimensionnelle qui est complétée de façon systématique par une étude hémodynamique des flux en Doppler continu, pulsé et codage couleur.

À chaque battement cardiaque, le ventricule gauche éjecte dans l'aorte un certain volume : c'est le temps systolique. Une partie de ce volume s'écoule dans la circulation périphérique (axiale), l'autre partie dilate la paroi artérielle élastique (radiale). L'élasticité de la paroi artérielle et la résistance périphérique permettent de transformer l'éjection systolique ventriculaire discontinue, composante oscillatoire, en un écoulement artériolocapillaire continu, composante continue.

Matériel d'examen

On utilise en général une sonde sectorielle ou une barrette courbe de 2 à 5 MHz, disposant du mode B, du module Doppler pulsé pour l'analyse spectrale, et des modes Doppler couleur et Doppler énergie ou puissance. Le réglage des modes Doppler doit être optimisé pour :

- obtenir le meilleur rapport signal/bruit quelle que soit la profondeur de l'artère ;
- régler la fréquence de répétition des impulsions Doppler (PRF) et l'adapter aux vitesses élevées ;
- disposer d'un angle d'insonation adapté, c'est-à-dire idéalement inférieur à 60°. Il est parfois possible chez les patients jeunes et maigres d'utiliser une sonde microconvexe (5–9 MHz) ou d'une sonde linéaire vasculaire de haute fréquence (4–7 MHz) dont la résolution spatiale est meilleure que celle des sondes de basse fréquence.

Artère saine

Aspect morphologique

L'examen commence par une étude échotomographique en mode B, qui permet de préciser le calibre de l'artère, la régularité de ses parois, l'état de sa lumière.

La paroi artérielle normale est homogène. Elle est représentée par une structure en trois couches, avec :

- une limite interne fine, homogène, peu échogène ;
- une couche externe plus épaisse et échogène ;
- une zone intermédiaire anéchogène.

Ces couches correspondent à la structure histologique de l'artère : *intima*, *média*, *adventice*. La lumière artérielle est anéchogène. Le codage couleur, avec un angle satisfaisant et des vitesses correctes, remplit totalement la lumière et permet de visualiser le sens de circulation par rapport à la sonde.

Aspect hémodynamique : profil des vitesses dans une artère saine

Artères desservant un territoire à résistances élevées

Il s'agit des artères qui vascularisent les territoires ostéomusculaires, cutanés, etc. La courbe montre un spectre triphasique à haute résistance avec une interruption méso et télédiastolique et quatre phases successives :

- un pic systolique;
- une onde dicrote;
- un reflux protodiastolique qui dépend des résistances;
- une onde de rebond diastolique liée à la compliance artérielle.

Le flux est nul en télédiastole.

L'indice de résistance est de 1.

Artères desservant des territoires à résistances intermédiaires

La carotide primitive perfuse à la fois les zones vascularisées par la carotide externe (résistances élevées) et par la carotide interne (résistances basses) (fig. 18.1 à 18.3).

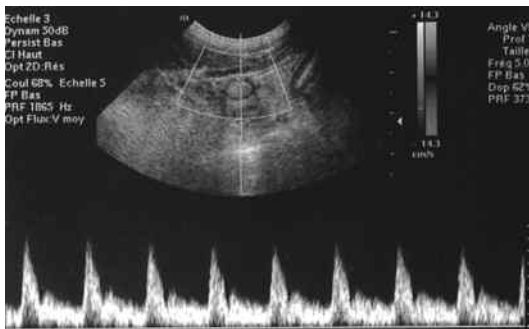


Fig. 18.1 Spectre normal : carotide primitive.

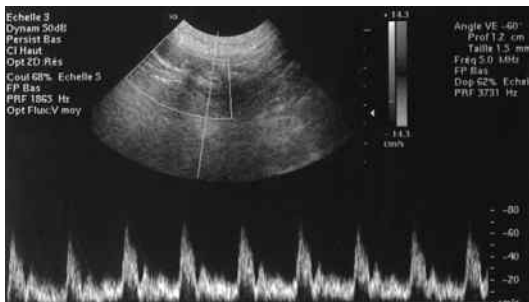


Fig. 18.2 Spectre normal : carotide interne.

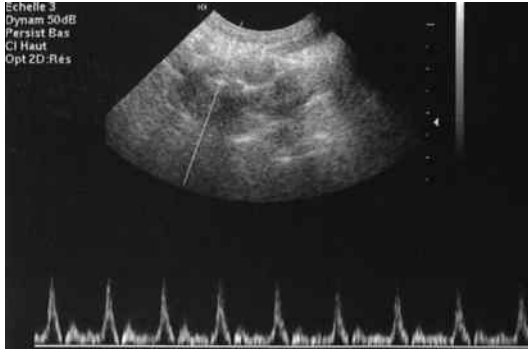


Fig. 18.3 Spectre normal : carotide externe.

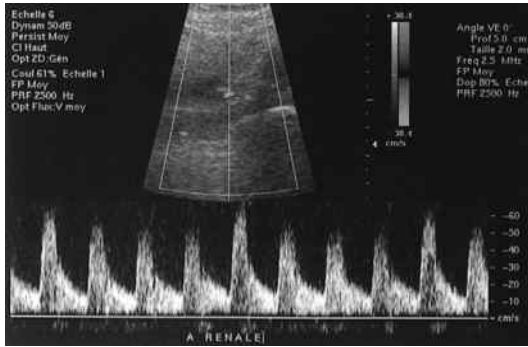


Fig. 18.4 Artère rénale.

La courbe comporte trois phases successives :

- un temps d'ascension systolique;
- avec ou non un reflux protodiastolique;
- un flux diastolique continu qui correspond aux résistances faibles.

Artères desservant des territoires à résistances basses

La carotide interne ou les artères rénales (fig. 18.4) correspondent à ce profil. Les résistances artériolocapillaires sont inférieures à la pression diastolique.

La courbe montre un spectre à basse résistance avec un flux holodiastolique :

- une ascension systolique;
- surtout un flux diastolique permanent;
- un reflux très faible car l'effet Windkessel intervient peu.

L'indice de résistance est de 0,8.

Points essentiels

La paroi artérielle normale est homogène. Elle est représentée par une structure en trois couches, avec :

- une limite interne fine, homogène, peu échogène;
- une couche externe plus épaisse et échogène;
- une zone intermédiaire anéchogène.

Artère pathologique

Aspect morphologique

Les plaques athéromateuses ont une échogénicité très variable de l'une à l'autre, qui dépend de la charge calcique, de sa densité, de son caractère homogène ou irrégulier.

La qualification et la description de ces lésions sont un atout majeur de l'échographie. Elle permet de confirmer la localisation de la lésion par rapport aux repères anatomiques classiques du trajet des artères et de leur environnement musculaire et osseux, de projeter la plaque sur les plans pariétaux antérieurs ou postérieurs, de définir sa longueur et son épaisseur dans les différents plans de coupe, enfin de préciser l'aspect des surfaces, régulières ou ulcérées.

Points essentiels

Dans l'exploration de l'athérome, le rôle de l'écho-Doppler est de :

- dépister une surcharge athéromateuse débutante;
- faire le bilan de la maladie athéromateuse : nombre et situation des plaques, sténose, thrombose, anévrisme, etc.;
- surveiller les patients.

Aspect échographique de la plaque athéromateuse

On peut distinguer suivant l'échogénicité plusieurs types morphologiques.

Plaque hypo ou anéchogène

Ces lésions ont une échogénicité très faible, voire nulle, identique à celle de la lumière artérielle. Le codage couleur et surtout le mode énergie en découvriront la présence en fonction de l'abondance de lipides et de la présence de nécrose ou d'hémorragie au sein de la plaque et en apprécieront les contours. Il peut s'agir d'un thrombus pariétal.

Plaque hyperéchogène et calcifiée

A *contrario*, les lésions athéromateuses peuvent être très échogènes (plaques fibreuses) avec une ombre acoustique qui révèle la présence de calcifications qui constituent une véritable barrière aux ultrasons. Il est alors nécessaire de dérouler l'artère et de diminuer les gains et la PRF couleur tout en argumentant la puissance et la persistance.

Plaque homogène ou hétérogène

Une plaque homogène est d'échostructure uniforme, il s'agit d'une formation lipidique sans calcification ni remaniement fibreux. Le caractère hétérogène se traduit par une variabilité d'échogénicité avec des zones hyperéchogènes calcifiées et des zones de moindre densité. L'hématome sous plaque est matérialisé par une zone anéchogène sur laquelle semble reposer la plaque, il correspond à une hémorragie sous-intimale par rupture des *vasa vasorum*.

Surface régulière de la plaque

Il s'agit de plaques de surface lisse, fibrolipidique ou hématique, avec un liseré plus épais correspondant à l'intima.

Surface anfractueuse ou ulcérée

La surface est irrégulière avec des anfractuosités de 0,4 à 2 mm et un remaniement structurel et des hémorragies intraplaques. L'ulcération est une véritable fracture de la plaque avec un défaut de plus de 2 mm. Le codage couleur et le mode énergie remplissent ces cavités et font ressortir ces niches remplies de bouillie athéromateuse; on ne retrouve pas d'*aliasing* et le fond est distinct de la paroi.

Points essentiels

- L'échographie précise le nombre, l'échostructure homogène ou hétérogène, le caractère calcifié et la régularité de la surface des plaques; des plaques irrégulières étant considérées comme plus instables.
- L'utilisation du Doppler couleur permet de bien distinguer la lumière vasculaire des éventuelles plaques iso ou hypoéchogènes de la paroi.

Thrombose

La thrombose artérielle a généralement un aspect échogène polymorphe; en effet, elle se développe le plus souvent sur des lésions athéromateuses préexistantes connues ou au contraire ignorées (fig. 18.5).

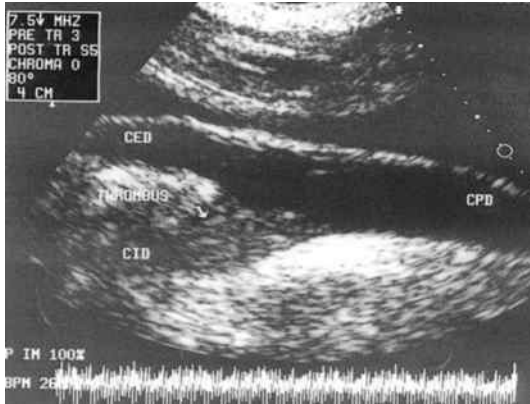


Fig. 18.5 Thrombose de la carotide interne.

Initialement peu échogène, le thrombus vieilli est souvent dense, comblant la lumière, entouré de structures très hétérogènes et souvent calcifiées qui correspondent à la plaque sur laquelle il s'est constitué. Les Doppler couleur et énergie confirment l'obstacle complet avec un flux de butée qui moule les limites proximales du thrombus.

Caractères hémodynamiques des sténoses

Les sténoses artérielles sont à l'origine de perturbations des flux qui modifient très sensiblement le signal Doppler. Le retentissement de ces lésions s'exprime avant la plaque, au sein de la sténose et en aval de celle-ci (fig. 18.6).

Signes directs

Accélération des vitesses

La réduction de calibre de l'artère entraîne une accélération des vitesses en regard. Cette augmentation est proportionnelle à la réduction de la surface de section. Le signal sonore s'inscrit dans des fréquences d'autant plus hautes avec un son d'autant plus aigu que la sténose est serrée. Lorsque la sténose devient hyperserrée, le son devient suraigu avec une intensité faible et les vitesses enregistrées paradoxalement basses. En fait, les vitesses d'écoulement sont si élevées que leurs fréquences dépassent les capacités auditives de l'oreille humaine et celles de décodage de l'enregistreur du Doppler.

Turbulences

L'écoulement sanguin est normalement laminaire mais il peut devenir turbulent en présence d'une plaque sténosante aux parois irrégulières. Seules les turbulences à vitesses élevées sont reconnues sur les courbes sous forme d'irrégularités.

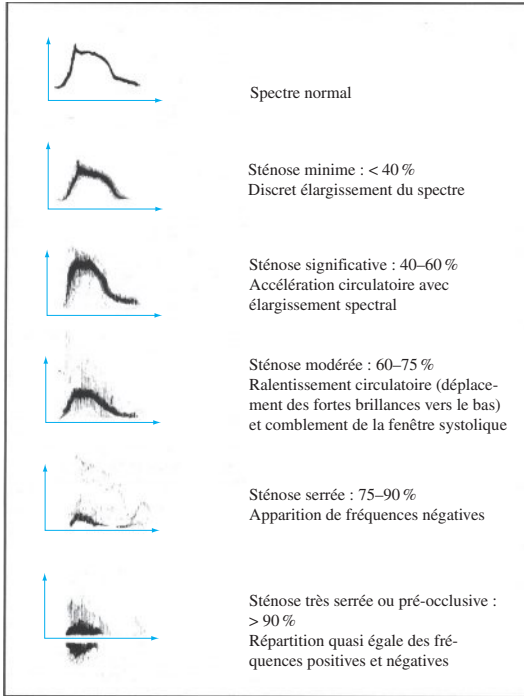


Fig. 18.6 Modifications spectrales de la carotide interne en fonction du degré de sténose.

En revanche, le signal sonore est fait du mélange de tonalités graves et aiguës qui est perçu par l'oreille humaine et décrit classiquement comme un bruit « de galets qui roulent sous la vague ».

Signes indirects

Enregistrement d'amont

L'obstacle à l'écoulement engendré par la sténose est à l'origine d'une élévation des résistances et de l'indice de pulsabilité. Les courbes d'amont ont une amplitude plus faible et plus étalée.

Enregistrement d'aval

En aval de l'obstacle, les résistances et l'indice de pulsabilité diminuent sous l'effet de la vasodilatation physiologique. D'autre part, la qualité de perfusion va dépendre du développement de la collatéralité. Les courbes seront d'autant plus amorties que la lésion est serrée et que la suppléance est pauvre. La composante diastolique témoigne des faibles résistances.

Points essentiels

- La réduction de calibre de l'artère entraîne une accélération des vitesses en regard.
- L'écoulement sanguin est normalement laminaire mais il peut devenir turbulent.
- En aval de l'obstacle, les résistances et l'indice de pulsabilité diminuent.

Troncs supra-aortiques (TSA)

L'écho-Doppler est actuellement l'examen de référence dans le dépistage des lésions des vaisseaux cervicaux : son faible coût, sa fiabilité, sa souplesse d'utilisation sont des atouts essentiels dans une pathologie où la clinique est souvent peu contributive.

Les patients qui relèvent d'un écho-Doppler des TSA ont déjà fait un AIT ou un AVC (accidents ischémique transitoire et vasculaire cérébral) constitué dans le territoire carotidien ou vertébrobasilaire, ou bien ils intègrent un certain nombre de facteurs de risque, ou d'autres localisations de la maladie athéromateuse qui les rendent suspects d'atteinte cervicoencéphalique.

Matériel et méthode

Le patient est allongé en décubitus dorsal, les bras le long du corps et la tête en extension modérée. Le praticien se place derrière le malade avec l'écran de l'échographe face à lui.

Les sondes d'écho-Doppler utilisées dépendent du territoire et de la morphologie du patient; les fréquences correspondantes dépendent des fabricants et sont données à titre indicatif :

- sonde linéaire vasculaire (4-7 MHz) pour l'étude des axes carotidiens, des artères vertébrales inter et prétransversaires et des artères ophtalmiques;
- sonde microconvexe (5-9 MHz) pour l'étude du segment distal des carotides internes cervicales, du TABC (tronc artériel brachiocéphalique), des artères sous-clavières et de l'origine des artères vertébrales;
- sonde abdominale (1-5 MHz) très utile pour l'étude de ces mêmes vaisseaux en cas d'échec avec la sonde convexe;
- sonde superficielle requise pour l'analyse de l'artère temporale superficielle;
- sonde de basse fréquence pulsée pour le transcrânien (2 MHz).

Les réglages indispensables pour obtenir une image de qualité reposent sur :

- la modulation des gains pour une définition optimale des parois;
- le réglage de l'angle de tir Doppler et du volume d'échantillonnage dans la lumière;
- l'adaptation de l'échelle des vitesses du codage couleur pour remplir correctement la lumière et éviter l'effet d'*aliasing*.

Conduite de l'examen

L'examen débute par une exploration au Doppler continu. La sonde crayon Doppler continu (4 ou 5 MHz) permet de réaliser une cartographie rapide des principales lésions et de leur retentissement en aval.

L'ordre d'étude des vaisseaux est variable d'un examinateur à l'autre mais il doit être immuable car il permet par certains automatismes une exploration complète et comparative. L'écho-Doppler pulsé couleur complète les informations hémodynamiques et offre la vision des parois et des lésions intraluminales.

Sous-clavières

Elles naissent à droite du tronc brachiocéphalique, à gauche de la crosse de l'aorte. La sonde est placée en rétroclaviculaire d'abord en dehors puis en dedans pour enregistrer la portion pré et post-vertébrale.

Carotides primitives et carotides communes

La carotide primitive droite se situe dans le prolongement du tronc brachiocéphalique artériel après sa bifurcation, la gauche naît directement de l'aorte en intrathoracique.

Les carotides communes montent dans leur portion cervicale entre le lobe thyroïdien et le sterno-cléido-mastoïdien en avant, les muscles prévertébraux en arrière; elles longent la trachée et l'œsophage en dedans et sont accompagnées en dehors par la veine jugulaire interne.

La sonde de Doppler continu est placée dans l'axe du cou et repose sur le bord antérieur du sterno-cléido-mastoïdien. L'ascension progressive de la sonde est rapidement arrêtée par la branche de la mandibule et l'on fera pivoter le capteur de 180° en direction de la tête jusqu'à la bifurcation carotidienne.

La sonde d'échographie repose dans la gouttière carotidienne. Un balayage transversal permet le repérage anatomique de l'artère; il est complété par une étude en coupes longitudinales soit par voie antérieure ou latérale avec en premier plan la jugulaire, soit enfin par voie postérieure où s'interpose le sterno-cléido-mastoïdien.

Bulbe carotidien et carotide interne

La bifurcation carotidienne a une situation variable de C1 à D2 qui permet de décrire des bifurcations dites « hautes ou basses ». La carotide interne dans son trajet cervical explorable directement par l'écho-Doppler est située en avant du rachis cervical et elle est accompagnée de la veine jugulaire interne. La sonde Doppler continu, toujours dirigée vers la tête, suit un axe orienté en dehors où elle enregistre le flux permanent caractéristique de la carotide interne. L'angle de tir Doppler par rapport à l'axe de la carotide interne doit être inférieur à 60° et le volume d'échantillonnage doit couvrir le diamètre de l'artère, en moyenne 5 mm. En échographie, on repère le bulbe (petite dilatation fusiforme) qui se prolonge par les premiers centimètres de la carotide interne jusqu'à l'angle de la mâchoire.

Carotide externe

En dedans de la carotide interne, l'externe s'en distingue par un flux à composante systolique sans flux diastolique. La compression manuelle de ses branches faciale et temporale atténue le flux de la carotide externe alors qu'il est sans effet sur l'interne. L'échographie permet de visualiser l'artère thyroïdienne supérieure, première collatérale de la carotide externe.

Artère ophtalmique

Branche de division de la carotide interne, elle naît au niveau de l'apophyse clinonoïde antérieure et se termine à l'angle interne de l'œil. Son étude spécifique au Doppler continu est un élément capital dans l'appréciation de la qualité de perfusion de la carotide interne.

La sonde 8 MHz est placée sur la branche nasale à l'angle interne de l'œil et sur la branche sus-orbitaire. L'enregistrement de l'artère ophtalmique est pratiqué conjointement avec une manœuvre de compression digitale des branches faciales et temporales homo et controlatérales. Celle-ci doit normalement augmenter le flux dans l'artère ophtalmique; en revanche, s'il existe un frein circulatoire majeur sur l'interne, celui-ci sera réduit ou annulé.

Artères vertébrales (fig. 18.7)

Elles naissent des sous-clavières et pénètrent dans le canal transversaire en C6 jusqu'à la base du crâne; elles forment une boucle en regard de l'axis avant de s'engager dans le trou occipital. Dans 5 % des cas, la vertébrale gauche se détache directement de l'aorte.

Le segment V1 initial est le siège le plus fréquent des sténoses avec des plaques qui se prolongent de la sous-clavière vers l'ostium de la vertébrale. Le Doppler couleur et puissance moule bien ces plaques; l'artère sous-clavière en coupes transversales et l'ostium de l'artère vertébrale sont alors vus en coupes longitudinales.

Dans le segment V2, l'artère vertébrale est facilement identifiable avec un aspect périodiquement amputé par l'ombre des apophyses transverses. La

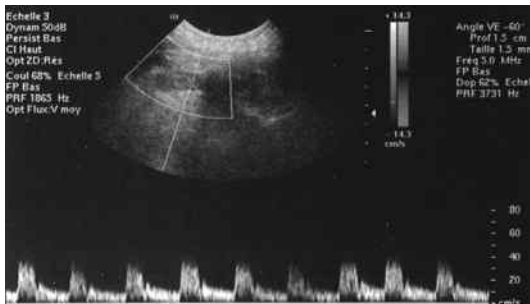


Fig. 18.7 Artère vertébrale.

coupe est longitudinale dans un plan situé en dehors de la carotide primitive. Enfin en V3, la sonde est placée en arrière de la mastoïde avec un axe dirigé vers l'orbite. Une sténose de l'ostium vertébral est concrétisée en V2 par une ascension systolique unilatérale allongée et/ou une incisure de la pente systolique. Lorsqu'il existe un frein circulatoire sur la sous-clavière prévertébrale, la vertébrale participe à la perfusion du membre supérieur. Cet hémio-détournement est concrétisé par les modifications des vitesses dans l'artère vertébrale au cours d'une compression au brassard tensionnel de l'humérale homolatérale. La pression est montée jusqu'à sa valeur suprasystolique puis on réalise un relâchement brutal du brassard.

Points essentiels

Le vol peut être complet ou incomplet :

- soit un prévol avec une encoche systolique ;
- soit un vol intermittent avec une négativation du flux en diastole ;
- soit un vol complet : flux complètement inversé.

Voies de suppléance et artères intracrâniennes

Exploration au Doppler et manœuvres de compression

La perméabilité de la communicante antérieure qui unit les deux carotides internes au niveau du polygone de Willis est confirmée lorsque la compression de la carotide primitive est à l'origine d'une augmentation des flux dans la carotide interne controlatérale.

Le caractère fonctionnel de la communicante postérieure qui unit le système carotidien aux vertébrales au niveau du polygone de Willis est confirmé lorsque la compression de la carotide primitive homolatérale augmente le flux dans les vertébrales.

Exploration au Doppler transcrânien

Le Doppler transcrânien permet l'étude de certaines artères intracrâniennes. Il permet, outre d'apprécier le retentissement intracérébral des lésions de l'étage cervical, de diagnostiquer certaines sténoses des artères intracérébrales, enfin d'apprécier la fonctionnalité des voies de suppléance.

On utilise des sondes sectorielles ou linéaires de 2 MHz.

Trois voies autorisent l'étude des vaisseaux cérébraux (tableau 18.1) :

- la fenêtre temporale pour l'artère cérébrale antérieure, moyenne et postérieure ;
- la voie transorbitaire pour l'artère ophtalmique et le siphon carotidien ;
- la voie sous-occipitale pour le tronc vertébrobasilaire.

Tableau 18.1 Exploration des artères intracrâniennes.

Artère	Profondeur (mm)	Flux de sens	Vitesse moyenne (cm/s)
Cérébrale antérieure	65	Négatif	50
Cérébrale moyenne	50	Positif	60
Cérébrale postérieure	65	Positif	45
Siphon carotidien	60	Variable selon orientation	
Tronc vertébrobasilaire	75	Négatif	40

Points essentiels

- L'aspect du spectre du flux artériel enregistré en Doppler pulsé dépend du territoire vascularisé.
- Les artères carotides internes et les artères vertébrales dans leur segment cervical distal vascularisent le cerveau qui est un territoire à basse résistance. Le tracé est monophasique et reste positif en diastole.
- L'artère sous-clavière vascularise principalement le membre supérieur qui à l'opposé est un territoire à haute résistance. Le tracé est tri ou biphasique, caractéristique des artères à destinée musculaire.
- L'artère carotide externe qui vascularise les muscles de la face a un signal à plus haute résistance que celui de la carotide interne.
- Le TABC (vascularisant le membre supérieur, le cou et le cerveau), l'artère vertébrale proximale (qui donne des branches musculaires cervicales et vascularise le cerveau), la carotide commune (qui vascularise le cerveau et les muscles de la face) peuvent avoir des flux mixtes.

Sténoses

Sténoses exocrâniennes

Les lésions de la carotide interne et de la vertébrale dans leur portion cervicale peuvent être à l'origine d'un retentissement hémodynamique au niveau des vaisseaux encéphaliques lorsque celles-ci sont serrées et que les voies de suppléance ne sont pas fonctionnelles.

Pour des raisons de facilité d'accès, on privilégiera l'étude de la cérébrale moyenne dans la recherche du retentissement des sténoses de la carotide interne. On retrouvera un amortissement des vitesses systoliques et moyennes et une augmentation du temps d'ascension systolique de l'artère sylvienne qui sera comparé à l'enregistrement de cette artère dans l'autre hémisphère cérébral.

Lésions endocrâniennes

Les occlusions sylviennes distales sont suspectées sur un amortissement important des flux sylviens et des vitesses majorées dans l'artère cérébrale antérieure compte tenu de la répartition des flux. Les sténoses sylviennes sont à l'origine d'une accélération des vitesses ($VS > 120$ cm/s) et d'un *aliasing* en regard de la sténose.

Voies de suppléance

À l'état basal et en préopératoire, on apprécie les qualités du polygone de Willis. Les tests de compression seront réalisés avec les précautions d'usage afin de ne pas comprimer des plaques qui ont un potentiel emboligène. La communicante antérieure est fonctionnelle lorsque le flux de l'artère cérébrale antérieure s'inverse lors de la compression de la carotide primitive homolatérale et augmente pour une compression de la carotide primitive controlatérale. La communicante postérieure est fonctionnelle lorsque le flux de la cérébrale postérieure est augmenté lors de la compression de la carotide primitive homolatérale. Dans les occlusions de la carotide interne, il est important de préciser la qualité des voies de suppléance, et en particulier de la communicante antérieure et postérieure.

Points essentiels

L'enregistrement sera fait sur l'artère sylvienne homolatérale en comprimant la carotide primitive controlatérale :

- soit le flux est annulé, ce qui confirme une suppléance par la carotide primitive controlatérale *via* une communicante antérieure fonctionnelle ;
- soit le flux est peu modifié, on peut supposer que la suppléance se fait à partir du système vertébrobasilaire *via* la communicante postérieure fonctionnelle.

Critères de sténose de la carotide interne

Un certain nombre de critères est actuellement retenu pour quantifier une sténose carotidienne. Certains reposent sur des éléments purement hémodynamiques et font appel à une analyse des profils de vitesse au Doppler, d'autres s'inscrivent dans une étude morphologique de la répartition des plaques au sein de la lumière artérielle (fig. 18.8 et 18.9).

Prenant comme référence les publications réalisées à partir de l'artériographie et des rapports de surface et de diamètre, l'écho-Doppler couleur définit également des pourcentages de sténose qui découlent de ces mêmes critères.

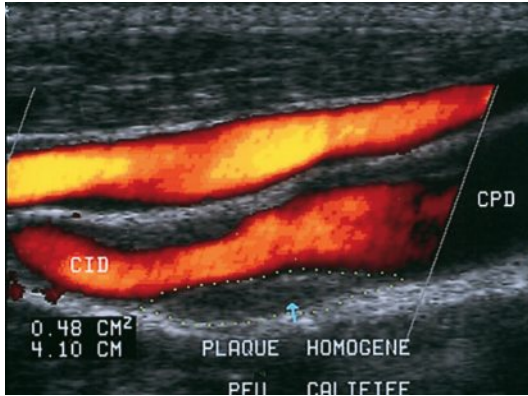


Fig. 18.8 Sténose de la carotide sur une plaque hypoéchogène.

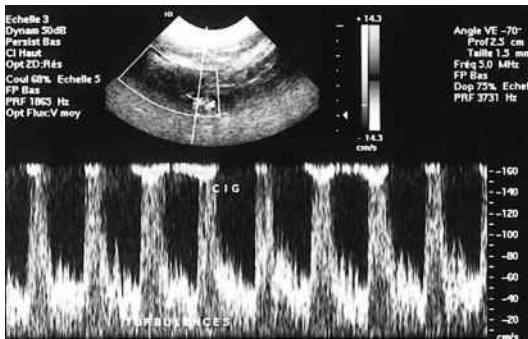


Fig. 18.9 Spectre Doppler pulsé d'une sténose très serrée de la carotide.

Critères hémodynamiques des sténoses

1. Vitesses systoliques maximums au site le plus serré de la sténose :
 - vitesse maximum à 120 cm/s : correspond à une sténose supérieure à 50 % calculée par la méthode NASCET (*North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial*);
 - Vitesse maximum à 220 cm/s : correspond à une sténose supérieure à 70 % calculée par la méthode NASCET.
2. Rapport carotidien (RC) des vitesses systoliques entre le site le plus serré de la sténose et la carotide commune :
 - $RC > 1,5$: correspond à une sténose supérieure à 50 % calculée par la méthode NASCET;
 - $RC > 3,3$: correspond à une sténose supérieure à 70 % calculée par la méthode NASCET.

Critères morphologiques des sténoses

Deux types de quantification sont reconnus :

- quantification des diamètres (NASCET) : diamètre de la lumière résiduelle de la sténose sur la lumière de la carotide interne d'aval ;
- quantification en surface (NASCET) : surface résiduelle au niveau de la sténose / surface de la lumière de la carotide interne d'aval.

Points essentiels

- La définition du degré de sténose est précise : il s'agit du rapport entre le diamètre de la lumière circulante résiduelle et celui de la carotide saine en aval, correspondant à la définition utilisée dans l'étude américaine NASCET.
- Les vitesses enregistrées sont le pic de vitesse systolique et la vitesse en fin de diastole au niveau de la carotide commune (PSV-CC, EDV-CC : *Peek Systolic Velocity – Common Carotid – End Diastolic Velocity – Common Carotid*) et au niveau de la zone d'accélération maximale due à la sténose carotide interne (PSV-CI, EDV-CI : *Peek Systolic Velocity – Internal Carotid – End Diastolic Velocity – Internal Carotid*).

Critères morphologiques de la plaque

Le chiffrage quantitatif des sténoses est un élément important dans les décisions chirurgicales et dans la surveillance de l'évolutivité mais il n'est pas le seul qui puisse influencer le risque.

En effet, l'aspect morphologique de la plaque suivant ses caractères homogène, hétérogène, dense ou mou permet progressivement d'appréhender le danger de celle-ci suivant l'échogénicité. La classification de Geroulakos se fait du type 1 (anéchoïque) jusqu'au type 5 (calcifiée). Les plaques les plus hypoéchogènes et hétérogènes apparaissent les plus emboligènes. La digitalisation des images permet une étude densitométrique et une exploration en 3D qui affirme la caractérisation des plaques.

Limites

Les plaques très calcifiées à l'origine d'ombres acoustiques ne permettent pas d'utiliser correctement les critères directs ; de même, les troubles du rythme et les cous courts et larges compliquent l'examen.

Lésions non athéromateuses

Dissections

Deux artères cervicales sont principalement concernées par la dissection spontanée : la carotide interne et la vertébrale.

On retrouve en général l'aspect désormais classique de voile intimal flottant dans la lumière ou le plus souvent un hématome pariétal avec un chenal circulant effilé accompagné de signes en faveur d'une thrombose ou d'une sténose au Doppler pulsé et couleur.

Boucles

L'excès de longueur se retrouve également sur les carotides internes et vertébrales. Ces boucles peuvent être harmonieuses à grand rayon et sans conséquence hémodynamique ou au contraire à angle très aigu, formant une plicature sténosante (fig. 18.10).

Dysplasies

Découvertes le plus souvent chez des sujets jeunes non athéromateux, elles forment de longues sténoses à type d'épaississement pariétal irrégulier pouvant évoluer jusqu'à l'occlusion.

Artérite radique

Le contexte clinique est souvent évocateur, l'examen est réalisé sur un cou scléreux et remanié par l'exposition aux rayons. Les sténoses sont souvent longues, faites d'un épaississement peu échogène, elles sont parfois très serrées mais bien supportées. Il est assez rare de trouver des sténoses radiques pures, l'athérome avec ses calcifications se développe fréquemment sur ces terrains à haut facteur de risque vasculaire.

Artérite inflammatoire

Représentée le plus souvent par la maladie de Takayashu, elle touche l'artère sous-clavière dans sa partie post-vertébrale et la carotide primitive. Les lésions sont longues à type d'épaississement circonférenciel et médian, homogènes, parfois occlusives. Le contexte clinique, l'ethnie et la VS (vitesse de sédimentation) évoqueront le diagnostic.



Fig. 18.10 Boucle de la carotide interne.

Artères des membres supérieurs

Situations cliniques

Défilé thoracobrahcial

Il représente le tableau clinique le plus fréquemment rencontré et il justifie un examen Doppler et échographique dynamique. La fatigabilité, les paresthésies du bras à l'effort peuvent être la conséquence d'une compression extrinsèque ostéo-tendineuse au niveau de la région sous-claviculaire du paquet vasculaire artérioveineux et des racines du plexus nerveux.

Embolies

Périphériques dans les artères du bras et de la main, elles ont souvent une origine cardiaque.

Thromboses artérielles

Elles sont soit proximales dans le cadre d'une artériopathie inflammatoire de type Takayashu, soit distales avec ischémie et nécrose digitale de la maladie de Buerger.

Thromboses veineuses

Elles s'intègrent le plus souvent dans le cadre de la classique phlébite d'effort du défilé thoracobrahcial.

Acrosyndromes

Le syndrome de Raynaud et l'acrocyanose représentent la pathologie à prédominance hivernale. L'écho-Doppler est peu contributif.

Fistules artérioveineuses

L'exploration révèle des fistules artérioveineuses primitives, des dysplasies et des malformations artérioveineuses et est indispensable pour la surveillance des fistules artérioveineuses créées chez les dialysés.

Matériel et méthode

Les axes vasculaires des membres supérieurs sont relativement superficiels et des sondes de 7,5 MHz seront utilisées pour le bras et l'avant-bras. Des fréquences de 8 à 10 MHz en Doppler continu autorisent l'exploration des artères digitales. En revanche, pour l'artère mammaire interne intrathoracique, on préférera des fréquences de l'ordre de 5 MHz.

Points essentiels

La position de début d'examen est le décubitus dorsal qui permet le repérage de l'artère sous-clavière et de ses branches vertébrales et mammaires internes. Puis le patient se placera en position assise qui facilite l'exploration des vaisseaux du bras et de la main.

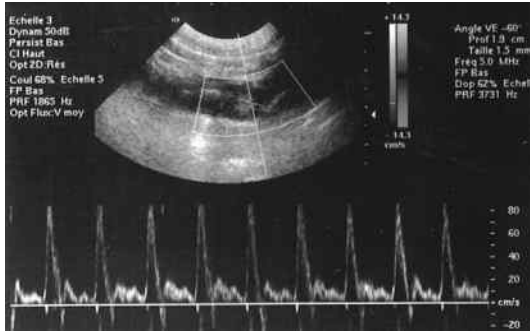


Fig. 18.11 Artère sous-clavière normale.

Artère sous-clavière et ses branches (fig. 18.11)

À droite, elle naît de la division du tronc brachiocéphalique et elle est étudiée dans son trajet sus-claviculaire selon un axe latéral externe. On visualise l'ostium de la vertébrale sur la face postérosupérieure de la sous-clavière. Elle a le profil de vitesse systolodiastolique des artères à destinée cérébrale (faibles résistances). L'artère mammaire interne a un trajet intrathoracique.

Artère axillaire

Elle fait suite à la sous-clavière au bord postérieur de la clavicule. On l'explore selon un axe supéro-interne en coupes axiale et transversale, elle est accompagnée de la veine axillaire en dedans.

Artère humérale

Elle prolonge l'axillaire au bord inférieur du petit pectoral et descend dans la gouttière bicipitale. Elle a deux veines satellites et se divise au pli du coude en radiale et cubitale.

Artères radiale et cubitale

La radiale descend sur le bord externe, en dehors vers la gouttière radiale. La cubitale descend sur le bord interne de l'avant-bras, en dedans. L'exploration de ces deux axes est facilitée par leur repérage en Doppler couleur sur l'ensemble de leur trajet.

Artères de la main

L'arcade palmaire profonde naît de l'anastomose de la radiale et de la cubitopalmaire, elle est étudiée au niveau du pli d'opposition du pouce. La compression successive de la radiale et de la cubitale permet de repérer l'axe dominant et la valeur fonctionnelle des suppléances (en particulier dans les pontages coronariens avec une radiale). Les interosseuses antérieures et postérieures sont étudiées au Doppler avec des manœuvres de compression.

Pathologie du défilé thoracobrachial

La compression du paquet vasculaire est mise en évidence par un certain nombre de manœuvres actuellement bien codifiées :

- Adson : la sonde Doppler est placée sur l'axillaire avec un enregistrement graphique et un déroulement à 5 mm/s. On réalise une inspiration forcée et une rotation de la tête vers le côté examiné (défilé scalénique);
- Call et Roth : abduction du bras et rétropulsion avec inspiration profonde;
- Wright : rotation externe et hyperabduction du bras qui met en tension le petit pectoral (compression par le petit pectoral);
- Eden : abaissement et rétropulsion des épaules avec rotation externe des bras collés le long du corps (pince costoclaviculaire).

Le Doppler quantifiera l'importance de la compression selon la rapidité d'apparition des signes de sténose ou d'occlusion et le retentissement d'aval. Enfin, le Doppler est systématiquement complété par une échographie de l'artère axillaire à la recherche d'une ectasie post-sténotique et la présence de thrombi pariétaux. Elle confirme également la compression positionnelle de la veine axillaire.

Sténoses et occlusions artérielles

La pathologie emboligène génère une grande partie des occlusions des artères des membres supérieurs, mais certaines artériopathies non athéromateuses (Takayashu, Buerger et post-radique) s'expriment également dans des tableaux de thrombose ou de sténose plus ou moins sévères.

Maladie de Takayashu

Elle touche préférentiellement l'artère sous-clavière surtout dans son segment post-vertébral jusqu'à la jonction axillo-humérale. Il s'agit d'une longue sténose sur épaississement pariétal homogène en échographie. Le bilan d'extension est la règle et le Doppler évalue les suppléances par le cercle péricapulaire ou par les artères circonflexes en cas de thrombose axillaire.

Maladie de Buerger

Elle ne peut être que suspectée sur le contexte clinique d'un patient jeune de sexe masculin, grand fumeur avec des oblitérations artérielles distales. Elles portent sur les trajets des artères radiale et cubitale, arcades palmaire et digitales avec des occlusions segmentaires aux limites très nettes. Elles sont fréquemment bilatérales.

Artérite post-radique

Elle fait suite à distance 5 à 10 ans à une irradiation de forte énergie. Elle concerne en particulier l'artère sous-clavière après radiothérapie pour cancer du sein ou maladie de Hodgkin. L'échographie révèle un remaniement pariétal majeur avec une fibrose et un épaississement peu échogène et assez homogène de la paroi.

Fistules artérioveineuses (FAV)

Soit elles s'intègrent dans le cadre des malformations vasculaires et des angiodyplasies, soit elles sont créées chirurgicalement chez les dialysés.

Dans les formes non iatrogènes, le Doppler est très précieux pour le diagnostic en confirmant la présence d'un flux systolique plus élevé que sur l'autre membre, associé à un flux diastolique permanent qui se majore lorsque l'on se rapproche du niveau du *shunt*. Sa localisation sera précisée par les manœuvres de compression artérielle étagées au doigt jusqu'à normalisation des courbes en regard de la fistule ainsi comprimée. Le Doppler pulsé calcule le débit de l'axe nourricier qui peut être multiplié par 4 et le codage couleur différencie les flux antéro et rétrogrades.

Un réglage de la PRF haute permet de diminuer l'effet d'*aliasing*. Les FAV sont réalisées chez les dialysés en latérolatéral, terminolatéral ou terminoterminal ou encore par pontage prothétique ou saphénien entre l'artère et la veine.

En préopératoire, l'exploration écho-Doppler réalise un bilan de faisabilité en étudiant les conditions hémodynamiques artérielles et veineuses du membre supérieur. On exclut toutes les thromboses, sténoses intraluminales ou extrinsèques serrées (défilé thoracobrachial), les agénésies et hypoplasies artérielles et veineuses.

En postopératoire, on calcule le débit de la FAV au niveau de l'artère donneuse :

$$\text{Débit} = \frac{V_m \times P \times D^2}{4}$$

(V_m : vitesse moyenne ; D : diamètre).

On mesure le rapport de débit de la fistule en enregistrant la vitesse moyenne au niveau de l'artère afférente fistule ouverte puis fermée en comprimant le retour veineux quelques secondes. Le rapport doit se situer dans une fourchette de 2 à 5 : s'il est inférieur à 2, il s'agit d'un hypodébit avec des risques de thrombose du shunt et, au-delà de 5, l'hyperdébit peut se compliquer d'insuffisance cardiaque (Francheschi et Luizy).

Enfin, l'écho-Doppler permet de dépister les complications qui peuvent émailler l'évolution des FAV des dialysés chroniques. Les sténoses peuvent siéger sur le versant artériel ou veineux, elles ont les caractères des sténoses artérielles au Doppler ; pour les lésions veineuses, on rencontre des turbulences de tonalité plus grave. L'origine en est souvent une hyperplasie pseudo-intimale très hypoéchogène en échographie. Les thromboses, faux anévrismes au point de ponction, les hématomes et abcès sont aisément repérés par l'échographie qui localise leur siège et leur rapport avec les vaisseaux. Les phénomènes de vol sont suspectés sur les claudications de la main pouvant évoluer jusqu'à l'ischémie. L'hémodétournement du sang artériel en faveur du shunt est annulé par une compression digitale de la fistule ; le Doppler enregistre une normalisation des flux en aval.

Points essentiels

Pathologie du défilé thoracobrachial

- Sténoses et occlusions artérielles
- Fistules artérioveineuses

Aorte abdominale et ses branches

Situation clinique

La pathologie aortique est en grande partie dominée par l'anévrisme qui est très souvent une découverte fortuite au cours d'un bilan pour artérite. Les plaques athéromateuses du mur postérieur de l'aorte sont parfois emboligènes et à l'origine d'ischémie distale. L'occlusion aortique, en particulier sa bifurcation, provoque la classique claudication proximale du syndrome de Leriche. Quant à la dissection, elle peut être dramatique avec rupture dans le péricarde, insuffisance cardiaque ou ischémie aiguë; mais elle passe souvent à la chronicité et nécessite une surveillance échographique régulière.

Matériel et méthode

L'aorte est une artère qui se projette dans un plan profond le long du rachis. On choisira des fréquences de 4 MHz en Doppler et des sondes de 2,5 à 5 MHz en échographie. Si la qualité de la définition pariétale en échographie bidimensionnelle noir et blanc est primordiale dans l'étude de l'aorte, le Doppler pulsé et le codage couleur sont nécessaires pour analyser ses branches. L'examen de l'aorte et des collatérales digestives ne peut être réalisé que sur un patient à jeun (les 6 heures qui précèdent) avec si possible un régime sans résidu dans les 3 jours avant la consultation. Le patient est allongé en décubitus dorsal, les jambes légèrement fléchies ou en décubitus latéral. Les coupes longitudinales ont surtout un intérêt iconographique; en revanche, les coupes transversales permettent de bien visualiser les plaques et de les situer sur la paroi, de mesurer le diamètre transversal et de dégager les ostia des principales branches abdominales.

Aorte abdominale normale

L'aorte abdominale s'étend selon un axe vertical prévertébral, depuis le diaphragme à hauteur de T12 jusqu'à L4 où elle se divise et donne les deux iliaques primitives. Son aspect échographique est celui d'un canal aux parois fines d'un diamètre de 15 à 25 mm. Les vitesses de repos sont de l'ordre de 100 à 110 cm/s.

■ En sus-rénal, le complexe systolique est ample, étroit, avec une petite incisure dicrote, suivie d'une encoche protodiastolique profonde, le flux en méso et télé-diastole restant positif. L'indice de résistance est d'environ 0,8.

■ En sous-rénal, le pic systolique, d'aspect identique, est suivi d'un reflux proto-diastolique puis d'un bref rebond légèrement positif en mésodiastole). Le flux est nul en télédiastole, L'indice de résistance est mesuré à 1.

Aorte pathologique

Points essentiels

- La pathologie aortique est fréquente et est dominée par l'athérome, les anévrismes, les vascularites et les dissections aortiques.
- L'écho-Doppler détecte souvent des pathologies asymptomatiques et est utilisé dans la surveillance de nombreuses affections.
- Il faut noter que l'aorte abdominale fait partie intégrante de l'examen écho-Doppler des artères des membres inférieurs, des artères rénales et des artères digestives.

Lésions athéromateuses

Les plaques d'athérome aortique présentent les mêmes caractéristiques que dans les autres territoires, mais elles sont beaucoup moins sténosantes. On s'attachera surtout à définir l'aspect hypoéchogène et inhomogène de la bouillie athéromateuse avec des éléments souvent mobiles dans la lumière à haut pouvoir emboligène. Les coupes transversales dégageront les plaques du mur postérieur et celles qui siègent à l'origine des branches principales.

Calcifications

Elles sont très fréquentes sur l'aorte du sujet âgé. Elles se présentent le plus souvent comme un épaississement très échogène de la paroi, circonférentiel, irrégulier à l'origine de cônes d'ombre étagés.

Occlusion aortique

Elle apparaît, dans la plupart des cas, de façon progressive, comme l'aboutissement d'une longue évolution d'une sténose du carrefour ou quelquefois brutalement et dans un contexte dramatique d'une embolie massive ou d'un thrombus plaquettaire d'une allergie à l'héparine.

Dans la forme chronique, le Doppler appréciera les suppléances par les artères mammaires internes et épigastrique, la collatéralité lombaire et les branches ascendantes de l'artère fémorale.

Artérite inflammatoire

Les maladies de Takayashu et de Horton, pathologies rares, se caractérisent par un épaississement homogène des parois circonférentiel et régulier, rétrécissant progressivement la lumière et pouvant déborder sur l'origine des branches digestives et rénales. Les autres localisations, en particulier cervicales, seront recherchées.

Anévrismes

Leur découverte fortuite est fréquente au cours des échographies pelviennes, des bilans d'artérite, des radiographies du rachis lombaire, etc.

Les anévrismes se définissent par une perte de parallélisme des bords de l'aorte à l'origine d'une dilatation artérielle qui peut être soit sacciforme, soit le plus souvent fusiforme (fig. 18.12).

L'échographie en précisera :

- le diamètre antéro-postérieur ou transversal sur des coupes longitudinales et transversales (en se plaçant bien dans un plan perpendiculaire à l'artère en coupe transversale);
- la longueur sur les coupes longitudinales;
- la localisation par rapport à l'artère mésentérique supérieure et surtout par rapport aux artères rénales en proximal et son extension sur le carrefour aortique et sur l'origine des iliaques en distalité;
- l'état de la lumière anévrismale : existence de thrombi pariétaux, parfois circonférentiels;
- l'état de la paroi anévrismale, souvent calcifiée;
- l'aspect des troncs viscéraux naissant de l'aorte, notamment les artères rénales;
- la présence, les dimensions et l'aspect des reins.

Le Doppler couleur permet de bien distinguer au sein de l'anévrisme le thrombus mural (en règle périphérique) du flux circulant.

En Doppler pulsé, l'analyse spectrale montre au sein de l'anévrisme un signal biphasique évocateur, comportant une onde systolique positive brève à amplitude réduite puis un reflux diastolique relativement symétrique par rapport au flux systolique.

Il existe fréquemment des turbulences au sein de l'anévrisme (dont le flux perd son côté laminaire).

Ces éléments sont indispensables pour la décision chirurgicale et le choix du niveau de clampage.

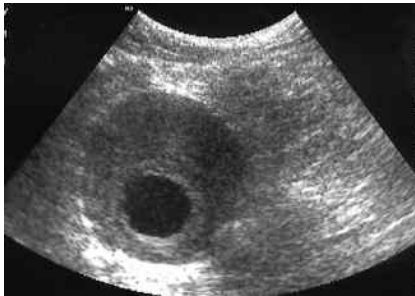


Fig. 18.12 Anévrisme fusiforme de l'aorte abdominale avec un important thrombus (coupe transversale).

Pour le traitement endovasculaire par endoprothèse couverte, il faut préciser l'existence d'un collet aortique sain sous les artères rénales (sa mesure restant très aléatoire), le diamètre des artères iliaques sous l'anévrisme et la présence éventuelle de sinuosités à angle fermé.

Contenu

La thrombose est pratiquement la règle dans la pathologie anévrismale. D'échogénicité faible, le thrombus tapisse la paroi avec quelquefois des zones de nécrose anéchogène témoins de l'évolutivité de l'ectasie.

Complications

La plus redoutée est la rupture. Seules les ruptures chroniques sont explorables par échographie, les formes aiguës relevant au mieux de l'urgence chirurgicale. La rupture peut se produire dans la veine cave à l'origine d'une insuffisance cardiaque et d'une fistule artérioveineuse à gros débit (extravasation du flux en codage couleur : élévation considérable des vitesses diastoliques en regard de la fistule). L'hématome peut être périaortique, comprimant la brèche pariétale. Les anévrismes les plus volumineux pourront comprimer la veine cave ou les uretères avec hydronéphrose sus-jacente.

Points essentiels

Le risque de rupture des anévrismes de l'aorte abdominale est corrélé principalement à deux facteurs :

- leur plus grand diamètre : le nombre « magique » est de 5,5 cm, diamètre au-delà duquel le risque de rupture augmente ;
- leur vitesse de croissance : on considère en général qu'une croissance supérieure ou égale à 10 mm/an est péjorative et associée à un risque de rupture élevé.

Dissections

La dissection de type B correspond à une déchirure intimale de l'aorte abdominale. L'échographie est souvent très parlante. Les deux chenaux sont séparés par un voile intimal qui flotte en drapeau dans la lumière. Le vrai chenal correspond à la lumière initiale avec une paroi souvent épaissie ou calcifiée... La dissection qui passe à la chronicité a deux chenaux circulants où l'un des deux peut être thrombosé. Le Doppler couleur visualise ces flux et leurs sens avec, dans certains cas, un flux rétrograde lorsqu'il existe un orifice d'entrée en aval de la dissection (fig. 18.13). Les branches de l'aorte et les deux artères iliaques peuvent être concernées par la dissection dont le trajet est souvent hélicoïdal.

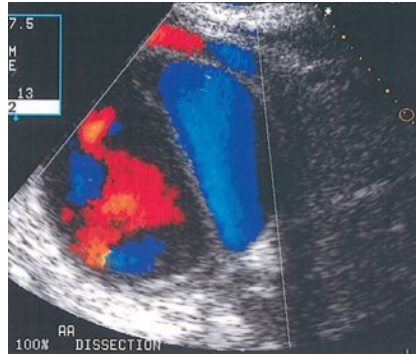


Fig. 18.13 Dissection aortique avec faux chenal circulant (coupe transversale).

Points essentiels

- Les étiologies principales des dissections sont l'HTA et les maladies du tissu élastique (syndrome de Marfan, syndrome d'Ehlers-Danlos) et les dissections iatrogènes.
- Le Doppler couleur et le Doppler pulsé mettent en évidence deux chenaux.

Branches de l'aorte

Artères rénales

L'examen des artères rénales répond aux mêmes conditions de préparation que l'aorte. Le patient sera d'abord placé en décubitus dorsal.

En coupe axiale, les ostia des artères rénales (fig. 18.14) sont visualisés à environ 2 cm de l'origine de l'artère mésentérique supérieure, ils ne sont généralement pas dans le même plan.

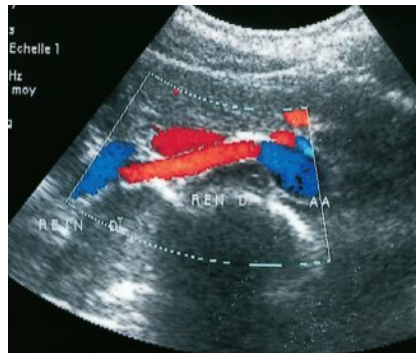


Fig. 18.14 Artère rénale droite normale en Doppler couleur.

L'artère rénale gauche est située au bord inférieur de la veine rénale gauche.

L'origine de l'artère rénale droite est fréquemment masquée par la veine cave inférieure et la terminaison de la veine rénale gauche.

La *décubitus latéral droit* permet de visualiser l'artère rénale gauche et, inversement, la rénale droite sera mieux visualisée en *latéral gauche*.

L'exploration hémodynamique est réalisée en Doppler pulsé :

- les artères rénales ont un flux systolodiastolique ;
- le pic systolique est compris entre 60 et 120 cm/s ;
- l'index de résistance $(V_{\text{syst}} - V_{\text{diast}}) / V_{\text{systol}}$ est compris entre 0,50 et 0,70 ;
- le temps d'ascension systolique est inférieur à 0,07 s.



Critères de sténose

Signes directs

- Vitesses systoliques > 150 cm/s
- Temps d'ascension systolique > 0,07 s
- Dispersion du spectre
- Élargissement du spectre
- Apparition de fréquences négatives

Signes indirects

Ils sont inconstants :

- l'empâtement de la courbe, en aval, au niveau des artères hilaires et interlobaires ;
- la diminution de l'index de résistance : inférieur à 0,6.

Les sténoses peuvent être ostiales et athéromateuses ou plus étendues, en particulier dans les dysplasies ou situées sur les branches. Une étude morphologique des reins est indispensable. L'écho-Doppler garde ses limites de faisabilité qui dépendent de la morphologie des patients et de l'existence d'artères polaires.

Artères digestives

Tronc cœliaque

Il naît en T12-L1, part à angle droit de l'aorte sur les coupes longitudinales et deux de ses branches sont facilement reconnues : l'hépatique à droite au niveau de la face supérieure du tronc porte, et la splénique à gauche. La vitesse est d'environ 120 cm/s avec une composante diastolique de 20 à 30 cm/s. Les sténoses athéromateuses permanentes ou extrinsèques positionnelles (ligament arqué) donnent des vitesses qui peuvent être supérieures à 200 cm/s avec un *aliasing* initial.

Artère mésentérique supérieure

Elle naît à hauteur de L1 et part juste sous le tronc cœliaque par un trajet perpendiculaire à l'aorte puis décrit un angle droit qui la place parallèle à l'axe de l'aorte. En coupe transversale, elle est située au-dessus de l'aorte et est accompagnée sur

sa droite de la veine mésentérique supérieure. Sa vitesse est de l'ordre de 120 cm/s sans flux diastolique. Les sténoses donnent des pics systoliques pouvant dépasser 275 cm/s et associés à des flux diastoliques supérieurs à 50 cm/s. L'examen peut être sensibilisé par un repas d'épreuve. Dans l'occlusion de l'artère mésentérique supérieure, aucun signal n'est enregistrable au Doppler couleur pulsé.

Artère mésentérique inférieure

Elle naît au niveau de L3 à environ 2 cm de la bifurcation aortique. Elle est de petit calibre et difficilement explorable, elle descend le long du bord gauche de l'aorte. Sa vitesse est d'environ 40 cm/s sans flux diastolique.

Voies de suppléance

La suppléance du tronc cœliaque se fait en général par les anastomoses pancréatico-duodénales (issues de l'artère mésentérique supérieure)/gastroduodénales (hépatique). L'écho-Doppler couleur peut repérer l'accélération des vitesses dans la pancréatico-duodénale et l'inversion des flux dans l'hépatique. Pour la suppléance de l'artère mésentérique supérieure, il s'agit des mêmes voies de suppléance mais dans un sens inverse. Pour le tronc cœliaque et l'artère mésentérique supérieure, la suppléance se fait par l'anastomose des artères coliques droites (mésentérique supérieure) et gauches (mésentérique inférieure) *via* l'arcade de Riolan.

Artères des membres inférieurs

L'écho-Doppler permet une exploration hémodynamique et morphologique des axes artériels des membres inférieurs (fig. 18.15 et 18.16).

Les renseignements apportés par cet examen doivent compléter l'impression clinique, mais surtout orienter les décisions thérapeutiques et décider de l'opportunité d'une artériographie.

C'est dire que les conclusions de l'écho-Doppler en matière d'artérite doivent situer anatomiquement l'obstacle, le définir (sténose ou occlusion...), en apprécier la sévérité et quantifier la suppléance.

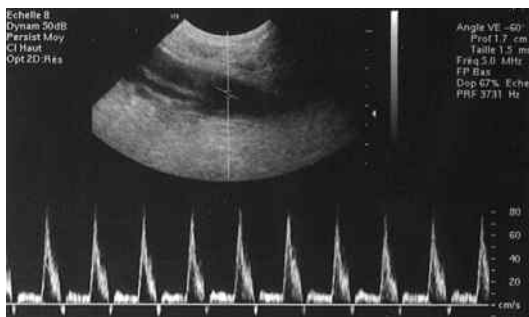


Fig. 18.15 Spectre normal de l'artère fémorale commune.

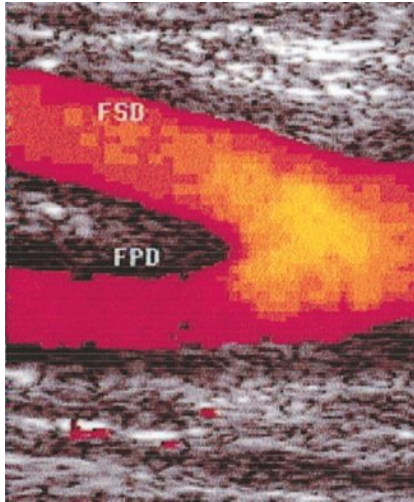


Fig. 18.16 Bifurcation fémorale normale en Doppler couleur.

Artérite athéromateuse

Situation clinique

L'artérite peut être une découverte fortuite chez un patient à risque ou paucisymptomatique car les lésions sont modestes ou bien compensées par une bonne collatéralité; l'examen fera alors appel aux épreuves d'effort ou d'hyperhémie pour en préciser la topographie et le degré.

À l'inverse, la claudication peut être franche, le niveau de celle-ci et la présence d'un souffle artériel seront une première orientation mais il faudra se méfier des lésions multiples et étagées qui nécessitent, de toute façon, un examen complet de tous les territoires anatomiques proximaux et distaux.

Matériel et méthode

L'écho-bidimensionnel mode B couplé à un Doppler pulsé et un codage couleur peut être complété par des sondes très superficielles 12 MHz pour les artères distales du pied.

Les sondes sectorielles ou linéaires auront des fréquences de 3,5 MHz pour l'étage aorto-iliaque et de 7,5 à 10 MHz pour les artères allant des carrefours fémoraux jusqu'aux axes jambiers. Le patient est en décubitus dorsal. Les courbes sont enregistrées de façon étagée et anatomique en partant de l'aorte jusqu'aux artères distales en guidant la sonde le long des trajets artériels suivant un angle de 45°. Les coupes échographiques seront effectuées dans des plans sagittaux et transversaux. Le sujet est à jeun, afin de visualiser correctement l'étage aorto-iliaque sans être gêné par les interpositions alimentaires ou par l'aérocolie.

Points essentiels

- Les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 50–70 cm/s dans l'aorte, 70–90 cm/s dans les artères iliaques, 30–60 cm/s dans les artères fémorales superficielles et 20 à 40 cm/s dans les artères poplitées.
- Au terme de l'exploration, on calculera l'index de pression résiduelle qui correspond au rapport entre la pression systolique de la cheville et la pression systolique humérale. La valeur normale de cet index varie de 0,9 à 1,2.
- En cas d'obstacle à l'écoulement, l'index s'effondre et peut représenter une référence chiffrée pour suivre l'évolution de la maladie; mais il peut être pris en défaut lorsque l'artère est incompressible (calcification des médiocalcoses, du diabète) ou s'il existe un œdème important.

Étage aorto-iliaque

Une dépression douce de l'abdomen permet d'explorer les axes aorto-iliaques. Les sténoses peuvent être localisées ou au contraire multiples et étagées. Les lésions étagées et rapprochées risquent de se confondre avec un effet cumulatif parfois difficile à individualiser même en écho-Doppler pulsé. Si les artères iliaques sont le plus souvent retrouvées et suivies au Doppler, les sténoses modérées ne sont reconnaissables qu'après sensibilisation par une épreuve d'effort (flexions – extensions répétées, pédalage ou tapis roulant).

Le codage couleur et le Doppler pulsé sont indispensables pour étudier l'aorte afin de visualiser l'origine des artères iliaques internes qui se détachent en dedans et en arrière de l'iliaque externe. L'investigation de l'aorte doit être soigneuse; outre les plaques pariétales diffuses et fréquentes, on reconnaîtra les calcifications hyperéchogènes ou le liseré dense et continu circonférentiel de la médiocalcose, en général sans retentissement hémodynamique.

Les coupes transversales mettent en valeur les plaques de la paroi postérieure qui peuvent être emboligènes et surtout éliminent un éventuel anévrisme qui modifierait la conduite thérapeutique.

Étage fémoral

La bifurcation fémorale est généralement facile d'abord. L'échographie bidimensionnelle apprécie dans les deux plans de coupe les plaques qui peuvent former à ce niveau de gros bourgeons calcifiés exubérants. Le codage couleur permet de dégager l'ostium de l'artère fémorale profonde; une sténose ostiale peut effondrer les débits dans les collatérales anastomotiques en cas d'occlusion de l'artère fémorale superficielle. Toute l'artère fémorale superficielle est examinée par voie antérieure, les lésions fréquemment étagées prédominent au canal de Hunter; on choisira alors un plan postérieur en dehors des adducteurs. Le Doppler pulsé est indispensable car de faux positifs sont possibles au Doppler continu en confondant une collatéralité développée avec le flux d'une fémorale superficielle thrombosée.

Étage poplité

L'examen de l'artère poplitée se réalise en décubitus ventral.

On distingue :

- les lésions athéromateuses sur plaques des sténoses par compression extrinsèque;
- le kyste adventiciel : il s'agit d'une image liquidienne pariétale qui peut comprimer la lumière;
- la poplitée piégée : le Doppler enregistre un effondrement des flux de l'artère tibiale postérieure lors de la flexion passive du pied; l'échographie révèle la déviation de l'artère qui est séparée de la veine par des fibres musculaires;
- l'athérome souvent calcifié est l'origine la plus fréquente des occlusions.

De la valeur de la collatéralité dépendra la sévérité de l'ischémie. Les anévrismes poplités sont pourvoyeurs d'occlusion et l'échographie reste l'examen diagnostique le plus performant (fig. 18.17).

Étage jambier

Les sondes microconvexes sont particulièrement intéressantes dans l'étude des artères jambières. Chacun des axes distaux est enregistré : la tibiale postérieure en rétomalléolaire interne, la tibiale antérieure le long du bord antéroexterne du tibia, la péronière sur la face externe de la jambe, enfin la pédieuse le long du fléchisseur du gros orteil. L'amortissement des flux systoliques et l'importance des flux diastoliques témoignent de la sévérité des lésions et de la qualité de la collatéralité. Les indices de pression systolique (rapport $P_{\text{humérale}}/P_{\text{distale}}$) permettent de confirmer la perte de charge. Les parois calcifiées et tout particulièrement la médiacalcosse diabétique rendent l'artère incompressible; elles sont reconnues en échographie. La valeur des suppléances plantaires s'exprime par les manœuvres de compression élective de chaque axe avec majoration ou inversion des flux.



Fig. 18.17 Volumineux anévrisme poplité en partie thrombosé : Doppler couleur.

Points essentiels

- Le codage couleur et le Doppler pulsé sont indispensables pour étudier l'aorte afin de visualiser l'origine des artères iliaques internes qui se détachent en dedans et en arrière de l'iliaque externe.
- Toute l'artère fémorale superficielle est examinée par voie antérieure, les lésions fréquemment étagées prédominent au canal de Hunter.
- L'amortissement des flux systoliques et l'importance des flux diastoliques témoignent de la sévérité des lésions et de la qualité de la collatéralité.

Lésions non athéromateuses

Artériopathies inflammatoires

Elles sont représentées essentiellement par la maladie de Takayashu et par la maladie de Horton, avec une localisation préférentielle proximale. Sur l'échographie, l'aorte abdominale et ses collatérales présentent une paroi épaissie de façon homogène leur conférant un aspect effilé pouvant aller jusqu'à l'occlusion complète. La maladie de Buerger est suspectée sur des lésions distales sévères avec des vitesses correctes dans les artères proximales. La collatéralité est pauvre mais seul le contexte clinique (homme jeune et grand fumeur) et l'aspect artériographique permettent de poser le diagnostic.

Dysplasies fibromusculaires

Elles ont un aspect moniliforme avec des zones d'épaississement séparées par des sites de rétrécissement lui conférant un aspect en chapelet. Il faut rechercher d'autres localisations (carotidienne ou rénale).

Écho-Doppler dans la surveillance postopératoire

Angioplastie et endoprothèse

Outre la confirmation de la perméabilité artérielle par Doppler continu, l'échographie recherche une éventuelle dissection séquellaire. L'endoprothèse doit être parfaitement déployée dans l'axe de l'artère (fig. 18.18).

La couleur dépiste les fuites avec réinjection à contre-courant (en particulier dans les endoprothèses couvertes sur ectasie). Devant une tuméfaction au point de ponction, on peut redouter un faux anévrisme que le duplex visualise par un flux pulsé dans la poche partiellement thrombosée et échogène avec un trajet fistulisé à partir de l'artère ponctionnée.



Fig. 18.18 Contrôle d'une endoprothèse iliaque.

Endartériectomie et pontages

Le résultat hémodynamique est apprécié au Doppler en y incluant la mesure de pression distale. Les récurrences post-endartériectomie peuvent faire suite à une hyperplasie intimale donnant un aspect de sténose circumférentielle peu échogène et régulière. Les prothèses de type différent (Dacron®, Gore®, PTFE®) sont anastomosées soit en terminal soit en latéral. Chaque anastomose fait l'objet d'une étude échographique pour dépister une sténose par faute technique ou une couture ou surtout un faux anévrisme. Les pontages veineux sont en saphène inversée ou *in situ*. Dans ce dernier cas, le Doppler continu permet de localiser des fistules artérioveineuses par non-ligature de perforantes et de réaliser ainsi un geste complémentaire simple.

Écho-Doppler en pathologie veineuse des membres inférieurs

But de l'examen

La cartographie est la représentation graphique de l'analyse hémodynamique et topographique du réseau variqueux par écho-Doppler. Le matériel utilisé est un écho-Doppler pulsé avec un codage couleur. La fréquence des sondes varie de 7 à 12 MHz, ce qui permet l'étude des veines superficielles et du réseau profond. L'atteinte variqueuse est souvent complexe, associant une incontinence des axes saphéniens et des collatérales périphériques.

Déroulement de l'examen

L'examen débute par une étude du réseau veineux profond depuis la veine cave inférieure jusqu'aux veines surales à la recherche d'un éventuel syndrome post-phlébitique connu ou méconnu, une thrombose persistante pouvant éventuellement contre-indiquer une chirurgie superficielle. Puis le patient est placé debout. La cartographie proprement dite comprend :

- l'analyse hémodynamique par le Doppler pulsé et couleur en suivant l'axe des saphènes de la crosse à la malléole en notant les portions incontinentes (fig. 18.19). Le codage couleur précise le reflux ostial, les jets de régurgitation, l'inversion des flux qui peut être fractionnée par des valvules restées efficaces;
- l'analyse topographique par l'échographie bidimensionnelle couplée relève la position des crosses, le trajet des zones ectasiques, des communicantes, des grosses collatérales, des shunts veinoveineux et la localisation exacte de perforantes de reflux et de réentrée (fig. 18.20).

L'ensemble de ces données est reporté sur un schéma qui reproduit fidèlement la carte des varices. Le succès fonctionnel en dépend.

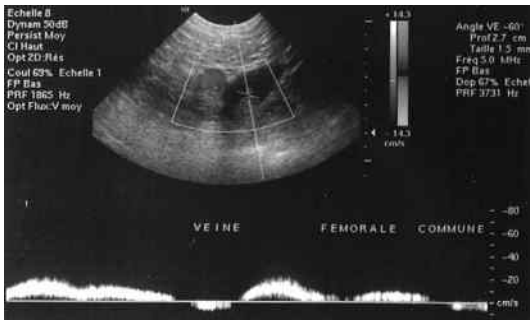


Fig. 18.19 Doppler veineux normal, veine fémorale commune = modulation respiratoire.

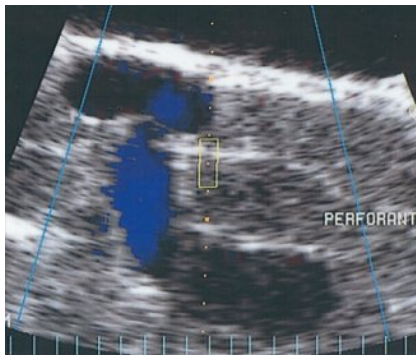


Fig. 18.20 Grosse veine perforante incontinente.

Saphènes

La crosse de la grande saphène est facilement repérable au Scarpa en coupe transversale. L'étude du reflux s'effectue par les manœuvres de chasse; on comprime manuellement les masses musculaires d'amont avant un relâché brutal et on réalise la manœuvre de Valsalva.

On distingue les fuites mineures ou les faux reflux engendrés par la vidange des collatérales de crosse ou majorés par l'effet de siphon de gros troncs incontinents sous-jacents, des délabrements valvulaires ostiaux ou pré-ostiaux majeurs.

On dépiste un éventuel dédoublement ou une grosse branche saphène antérieure issue de la crosse.

On connaît l'extrême variabilité de la crosse de la petite saphène qui peut se jeter à distance du creux poplité dans la veine poplité, fémorale profonde, saphène interne, etc., on étudie l'ensemble du tronç saphénien.

Points essentiels

- La cartographie est la représentation graphique de l'analyse hémodynamique et topographique du réseau variqueux par écho-Doppler.
- L'examen débute par une étude du réseau veineux profond.
- L'atteinte variqueuse est souvent complexe, associant une incontinence des axes saphéniens et des collatérales périphériques.

Récidives variqueuses

C'est dans les cas de récédive que la cartographie est la plus importante. Le problème essentiel étant : d'où naît le reflux qui alimente ce nouveau réseau? S'agit-il d'une nécrose, d'un moignon de crosse, d'une néogenèse, d'une collatérale pelvienne, d'une perforante réactivée? L'écho-Doppler couleur va le retrouver et le localiser.

Diagnostic des thromboses veineuses

L'écho-Doppler est devenu l'examen de référence pour le diagnostic de thrombose veineuse superficielle et profonde avec une sensibilité de plus de 90 %.

Matériel et méthode

Les sondes utilisées ont des fréquences de 5 à 7,5 MHz pour les veines des membres inférieurs et de 3,5 à 5 MHz pour la veine cave inférieure et les iliaques.

Les réglages Doppler couleur doivent être adaptés aux caractéristiques hémodynamiques du flux veineux, avec une échelle de vitesses basses, des filtres de paroi diminués, un gain augmenté, une persistance moyenne.

L'échographie permet de visualiser les parois, la lumière et l'échogénicité du sang dans ce système à basse pression. Le Doppler couleur apporte un complément précieux en confirmant l'absence de flux, en moulant certains thrombus frais hypoéchogènes, en localisant les veines abdominales, difficiles à repérer en écho noir et blanc.

L'examen est réalisé sur un patient en décubitus pour les axes proximaux caves, iliaques et fémoraux et en position assise pour les veines surales.

L'examen sera bilatéral et comparatif avec des incidences multiples étudiant le réseau veineux profond et superficiel en n'hésitant pas à mobiliser le patient.

Une veine normale en coupe axiale a une forme d'ellipse, est vide d'écho et bien dépressible par une légère pression de la sonde d'échographie.

Les manœuvres de compression des masses musculaires permettent de majorer les flux de retour. Les limites de l'examen sont d'ordre morphologique chez les patients obèses, ou cliniques : volumineux œdèmes durs ou importante aérocolie, opérés récents. Bien entendu, l'étude sera bilatérale, comparative et complète sur l'ensemble du territoire veineux explorable.

Points essentiels

- Une veine normale en coupe axiale a une forme d'ellipse, est vide d'écho et bien dépressible par une légère pression de la sonde d'échographie.
- Les manœuvres de compression des masses musculaires permettent de majorer les flux de retour.

Thrombose profonde

Signes directs

Le thrombus est recherché par la méthode dite de compression. L'absence de flux au Doppler pulsé et couleur au niveau de la thrombose, la présence d'un thrombus et une structure d'échogénicité variable intraluminaire plus ou moins étendue et occlusive sont les signes directs d'une thrombose profonde.

Le caillot est d'abord hypoéchogène puis s'organise et devient rapidement visible. S'il n'est qu'incomplètement occlusif, un flux couleur emprunte le chenal circulant et délimite le thrombus (fig. 18.21 et 18.22).

Au stade aigu d'un thrombus occlusif, la veine augmente de calibre en regard.

La compression d'aval apprécie le caractère adhérent ou flottant de la tête du caillot qui sera localisée avec précision.

On suivra l'évolution du thrombus qui peut dans les premiers jours, malgré le traitement, s'étendre vers l'aval, son organisation ou sa perméabilisation.



Fig. 18.21 Tête d'un thrombus mobile dans la veine fémorale commune.

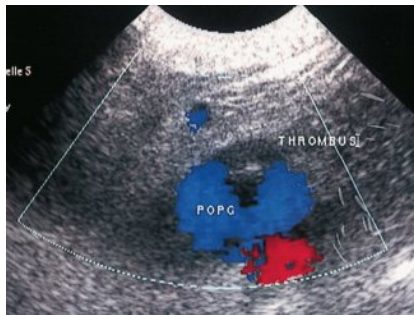


Fig. 18.22 Thrombus incomplètement occlusif de la veine poplitée.

Signes indirects

- Asymétrie des flux par rapport au côté opposé.
- Au Doppler pulsé couleur : développement des voies de suppléance avec un hyperdébit et un flux continu et parfois un phénomène d'*aliasing*. À l'étage fémoral et poplité, ce sont les veines saphènes qui deviennent vicariantes; au niveau sural, ce sont les veines jumelles et saphènes externes.

Recherche de causes locales

Il faut éliminer une compression extrinsèque au niveau poplité (poplitée piégée), au niveau fémoral (adénopathies), la veine cave peut être envahie par des tumeurs de voisinage. Dans tous les cas, les veines sont laminées et comprimées. Une thrombose veineuse superficielle isolée se complique d'embolie pulmonaire dans 4 à 8 % des cas.

Thromboses superficielles

Les phlébites superficielles sont généralement bien visualisées car échogènes sur une veine douloureuse et inflammatoire. On précisera le pôle supérieur du thrombus et son engagement éventuel dans le réseau profond.

Surveillance évolutive

L'écho-Doppler permet une surveillance étroite au cours de la phase aiguë pour rechercher une extension du caillot, la persistance de son caractère flottant ou au contraire son adhérence à la paroi. Plus à distance, il confirme la recanalisation ou l'existence d'un syndrome post-phlébitique obstructif ou restrictif par dévalvulation et incontinence.

Échographie de contraste

P. Legmann, O. Lucidarme

PLAN DU CHAPITRE

- Microbulles
- Mécanisme d'action et imagerie
- Applications cliniques
 - Étude de la macrocirculation
 - Imagerie de la microcirculation
- Conclusion

L'utilisation d'un agent de contraste ultrasonore, en renforçant le signal en provenance du sang circulant, permet de visualiser dans la quasi-totalité des cas un vaisseau très profond, un vaisseau masqué par un obstacle pariétal, sous-cutané ou intra-abdominal, un vaisseau ou un segment vasculaire où le flux circulant est très réduit ou ralenti.

Ainsi la quantification des sténoses artérielles devient presque toujours réalisable, même dans les cas difficiles, avec l'aide d'un agent de contraste, et ce quel que soit le territoire. De même, la détection des flux devient possible dans le chenal résiduel d'une sténose très sévère ou dans le faux chenal d'une dissection.

Il est également possible, avec un échographe moderne et des agents de contraste de 2^e génération, d'obtenir, comme au scanner et en IRM, un rehaussement marqué des parenchymes et des tumeurs lors d'une injection de produit de contraste.

Microbulles

On définit un agent de contraste ultrasonore comme une substance exogène qui améliore le signal échographique après l'administration dans le système sanguin ou dans une cavité de l'organisme.

L'histoire de ces produits de contraste débute au milieu des années soixante, lorsque des échographistes observent des échos intracardiaques après l'injection de vert d'indocyanine dans un cathéter intracardiaque. Ce rehaussement était dû à la présence de microbulles d'air formées au moment de l'injection. L'observation des effets de ces bulles artefactuelles a été le point de départ du développement des produits de contraste en échographie.

Le SonoVue® (Bracco) est ainsi composé de microbulles d'hexafluorure de soufre stabilisées par une monocouche de phospholipides. Il est actuellement l'agent de contraste le plus utilisé en Europe et en Asie avec une excellente tolérance générale.

D'autres agents de contraste de 2^e génération sont disponibles : l'Optison® (GE-Amersham) utilisé par les cardiologues et, plus récemment arrivé sur le marché en Europe, Definity® (Bristol-Myers Squibb), concurrent du SonoVue®.

Les agents de contraste sur le marché sont très sûrs et ne présentent que peu d'effets secondaires mineurs (sensation de froid lors de l'injection, rares extrasystoles, etc.). Ils ne sont pas néphrotoxiques, ils n'interagissent pas avec le foie ou la thyroïde. Les cas d'allergie sont plus rares que pour les produits de contraste iodés mais quelques chocs anaphylactoïdes sérieux ont été rapportés. Ils sont contre-indiqués chez la femme enceinte ou allaitante et pour le cas du SonoVue® pendant la phase aiguë d'un infarctus massif.

Chez des patients présentant une insuffisance cardiaque sévère, les PCUS peuvent entraîner des effets secondaires graves et ils sont donc contre-indiqués dans ces conditions.

Des précautions sont également nécessaires chez les patients présentant une coronaropathie sévère. Les PCUS sont, pour l'instant, réservés à l'adulte. Comme pour tous les examens échographiques, mais cela est d'autant plus vrai avec l'usage des PCUS, il est préférable de maintenir l'indice mécanique et l'indice thermique à une valeur basse.

Mécanisme d'action et imagerie

Les bulles de gaz rétrodiffusent fortement les ultrasons. L'onde ultrasonore provoque des oscillations du diamètre de la microbulle dont la paroi se comporte comme une mini-membrane de haut-parleur, amplifiant le signal rétrodiffusé vers le transducteur.

Ces oscillations sont asymétriques (le cycle de compression est réduit par rapport au cycle d'expansion), le signal rétrodiffusé diffère donc du signal incident car il contient des fréquences multiples de la fréquence incidente, appelées fréquences harmoniques.

On parle de propriétés non linéaires de la microbulle. Si la pression acoustique, estimée par un terme de référence utilisé par les échographes, appelé index mécanique (IM), est supérieure à environ 200 kPa ($IM = 1$), la microbulle se rompt et le gaz qu'elle contient se dissout à l'extérieur, en produisant une forte, mais très brève augmentation du signal rétrodiffusé.

L'un des points les plus intéressants des produits de contraste échographique est qu'il s'agit de produits de contraste strictement intravasculaires. Les microbulles ont une taille d'environ la moitié de celle d'une hématie et contrairement à l'iode ou au gadolinium qui sont de petites molécules, elles ne s'extravasent pas dans l'interstitium intercellulaire. Ce sont donc des marqueurs stricts de la totalité du lit vasculaire. Il était donc important de réussir à « voir » ces microbulles partout et en particulier lorsqu'elles circulent dans les microvaisseaux.

Les dernières microbulles résistent mieux au faisceau ultrasonore et sont capables d'émettre un signal rétrodiffusé riche en harmonique dès les bas index mécaniques. L'idée est de ne détecter que le signal harmonique (ou non linéaire) émis par les microbulles et non par le tissu (qui lui est supposé avoir une réponse linéaire, c'est-à-dire ne générant pas ou peu d'harmoniques), ceci à faible index mécanique afin de ne pas détruire les microbulles et obtenir un rehaussement durable permettant une étude fine des parenchymes.

C'est ainsi que sont nés les modes d'imageries harmoniques, rapidement remplacés par les modes en inversion de phase ou apparentés (fig. 19.1). Selon les constructeurs, ces modes sont plus ou moins élaborés et portent des acronymes différents (ECI, CHI, CPS, CTDI, etc.). Ce sont des modes d'imagerie très performants qui permettent de visualiser les microbulles qu'elles soient en mouvement ou non en leur affectant un signal blanc ou coloré.

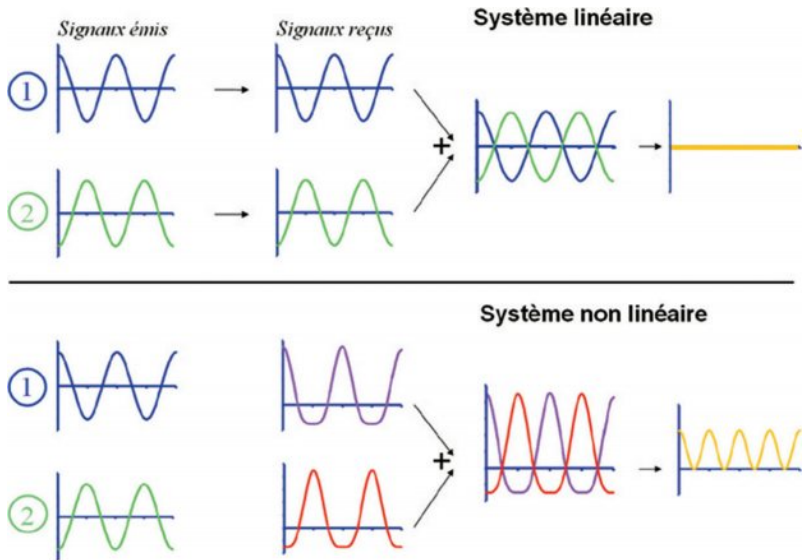


Fig. 19.1 Principe de l'inversion de phase.

Le principe consiste à émettre deux ondes ultrasonores successives vers le tissu, la seconde étant en opposition de phase avec la première. Dans un milieu linéaire, la réponse à la seconde onde est l'opposé de la première et la somme des deux réponses est égale à zéro. À l'inverse, dans un milieu non linéaire, la somme des deux réponses n'est plus égale à zéro mais correspond à la composante harmonique du signal qui provient principalement (mais pas uniquement) des microbulles.

En pratique, on injecte par voie intraveineuse un bolus de 1 à 2 mL de SonoVue® (il est possible d'injecter jusqu'à 4,8 mL selon l'importance de l'obstacle et du nombre de données à acquérir), puis un bolus de 10 mL de sérum physiologique, après avoir optimisé le plan de coupe et l'image.

Applications cliniques

Elles concernent la capacité qu'ont les microbulles à rehausser le signal Doppler du sang circulant dans les macrovaisseaux mais également les possibilités d'étude de la microcirculation au sein de parenchymes et des tumeurs.

L'utilisation des PCUS impose cependant une phase d'apprentissage pour que, en fonction de l'indication de l'examen et des informations recherchées, l'utilisateur choisisse les modalités adéquates.

Étude de la macrocirculation

Les premières utilisations ont donc reposé sur l'emploi du Doppler couleur ou de puissance sensible au déplacement des microbulles dans les gros vaisseaux. Il a été ainsi démontré que l'emploi des produits de contraste échographiques permet de diminuer le temps de recherche de sténoses des artères rénales en Doppler couleur et pulsé.

En échographie hépatique, l'injection de contraste a été utilisée pour confirmer ou infirmer l'existence d'une thrombose portale chez des patients difficiles (obésité, flux porte très ralenti), d'une occlusion de l'artère hépatique immédiatement après transplantation ou pour mettre en évidence un signal Doppler au sein des petites tumeurs hépatiques afin de différencier les hémangiomes, des tumeurs hépatocytaires bénignes ou malignes.

Ainsi les hépatocarcinomes présentent des signaux colorés désorganisés disséminés, les hyperplasies nodulaires et focales un signal artériel central puis une vascularisation radiaire, alors que les hémangiomes ne montrent aucun signal Doppler couleur ou seulement de rares vaisseaux périphériques.

Le rehaussement du signal Doppler permet également de mesurer un temps de transit défini comme le délai écoulé entre le moment de l'injection et le début du rehaussement dans le vaisseau étudié. C'est ainsi qu'il a été démontré que le délai de rehaussement du signal Doppler enregistré dans les veines sus-hépatiques était significativement raccourci en cas de cirrhose. Les produits de contraste ont également permis d'améliorer le diagnostic de la pathologie des gros vaisseaux encéphaliques en permettant une meilleure étude du polygone de Willis par Doppler transcrânien.

Quelle que soit l'indication de l'écho-Doppler transcrânien (EDTC), on aura recours à l'injection d'un agent de contraste lorsque la fenêtre acoustique est mauvaise et que les structures anatomiques cérébrales sont mal visualisées en 2D, ou lorsqu'il est nécessaire d'effectuer une exploration exhaustive des artères intracrâniennes.

L'injection d'un agent de contraste rend possible l'examen des artères intracrâniennes chez pratiquement tous les patients.

Point essentiel

L'échographie de contraste est utilisée comme alternative à la TDM lorsque les patients présentent une contre-indication ou sont trop instables pour être déplacés, mais elle peut aussi être utilisée en complément (recherche de thrombose d'une branche viscérale ou d'une altération de la perfusion rénale en cas de dissection, contrôle après traitement, surveillance des endoprothèses).

Imagerie de la microcirculation

Grâce aux modes d'imageries spécifiques des microbulles, les échographes disposent désormais d'une excellente sensibilité aux très faibles doses de contraste qui dépasse largement celle de l'IRM ou du scanner.

Il existe cependant une différence notable quant à la signification du rehaussement :

- en IRM et au scanner, le rehaussement parenchymateux dépend du flux sanguin local, du volume sanguin local *et* de la perméabilité capillaire aux molécules de contraste;

- en échographie, le rehaussement ne dépend que du flux sanguin et de la richesse du lit capillaire, ce qui occasionne quelques différences sémiologiques notamment pour le rehaussement des tumeurs.

Échographie de contraste hépatique

Caractérisation des lésions focales hépatiques

L'échographie de contraste possède un avantage déterminant sur les autres techniques d'imagerie.

Elle permet de visualiser l'arrivée du contraste au sein d'une lésion en temps réel durant la phase artérielle, ce qui apporte de nombreuses informations sur le degré et le profil de vascularisation.

Par exemple, la description classique d'une HNF au scanner ou en IRM est celle d'une tumeur présentant une cicatrice centrale et une prise contraste artérielle explosive suivie d'un retour à l'isodensité ou iso-intensité par rapport au parenchyme hépatique au temps porte ou à la phase d'équilibre. Cette description a été faite à partir d'images obtenues en petit nombre durant les différentes phases vasculaires.

L'échographie permet d'obtenir 15 à 20 images/seconde pendant l'arrivée du produit de contraste dans la lésion avec une excellente résolution spatiale. La description de la prise de contraste d'une HNF s'est donc considérablement enrichie (fig. 19.2). La prise de contraste débute par une artère centrale puis se distribue en rayon de roue, du centre vers la périphérie tumorale (centrifuge) pour enfin provoquer un rehaussement très supérieur à celui du parenchyme hépatique adjacent environ 15 à 30 secondes après l'injection.

La phase tardive apporte quant à elle des informations originales sur l'élimination du produit de contraste de la lésion. Pour des raisons encore partiellement inexpliquées (stagnation dans les sinusoides et/ou capture par les cellules de Kupffer/SRE), les microbulles ont tendance à rester de longues minutes dans le parenchyme hépatique et dans les tumeurs hépatocytaires bénignes.

Au contraire, la plupart des métastases éliminent rapidement les microbulles car, comme on l'a vu plus haut, elles ne s'extravasent pas dans l'interstitium tumoral. Ainsi, la probabilité qu'une lésion hypoéchogène à la phase tardive soit maligne est supérieure à 90 %.

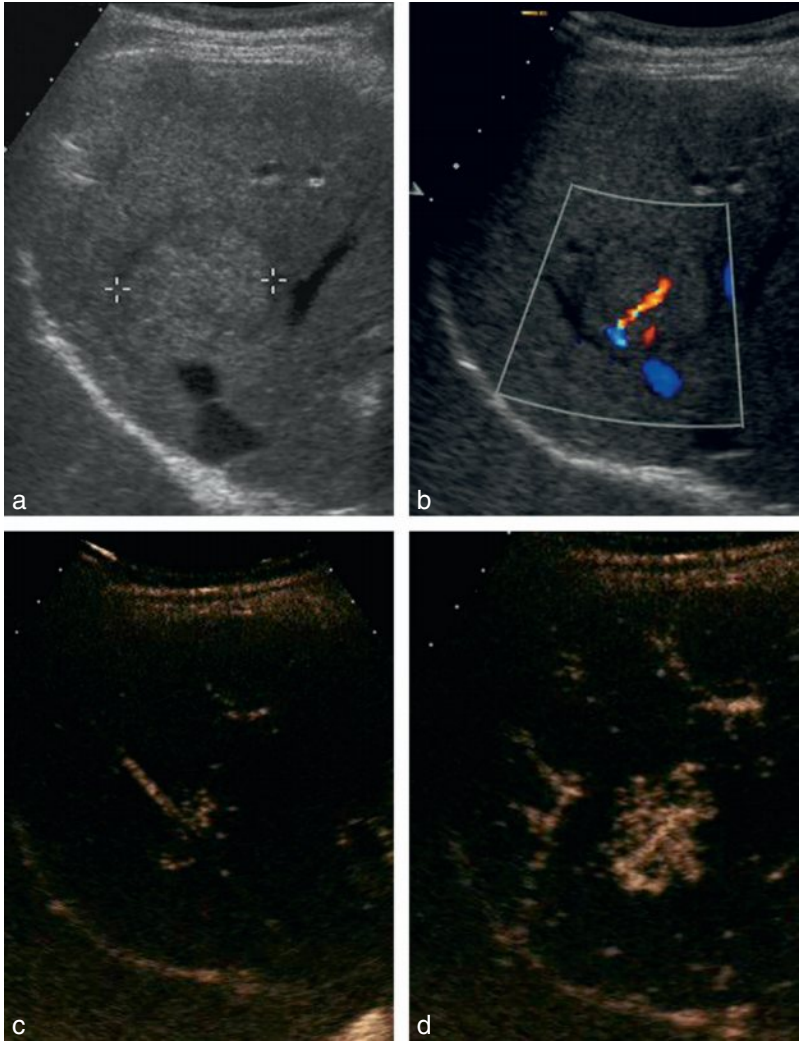


Fig. 19.2 Aspect typique d'hyperplasie nodulaire et focale en échographie de contraste. **a.** Mode B avant contraste : nodule hyperéchogène de 30 mm découvert fortuitement chez une femme de 35 ans. **b.** Le Doppler couleur montre l'existence d'un pédicule artériel au centre de la lésion mais n'est pas assez sensible pour visualiser les petits vaisseaux tumoraux. **c.** 12 secondes après injection de SonoVue®, en mode d'imagerie de contraste spécifique, on objective l'arrivée des microbulles (codées en orange) dans l'artère centrale identifiée en Doppler couleur. **d, e.** Dans les secondes qui suivent, les microbulles se répandent dans la tumeur de façon centrifuge à partir de petites artéριοles disposées en rayon de roue.

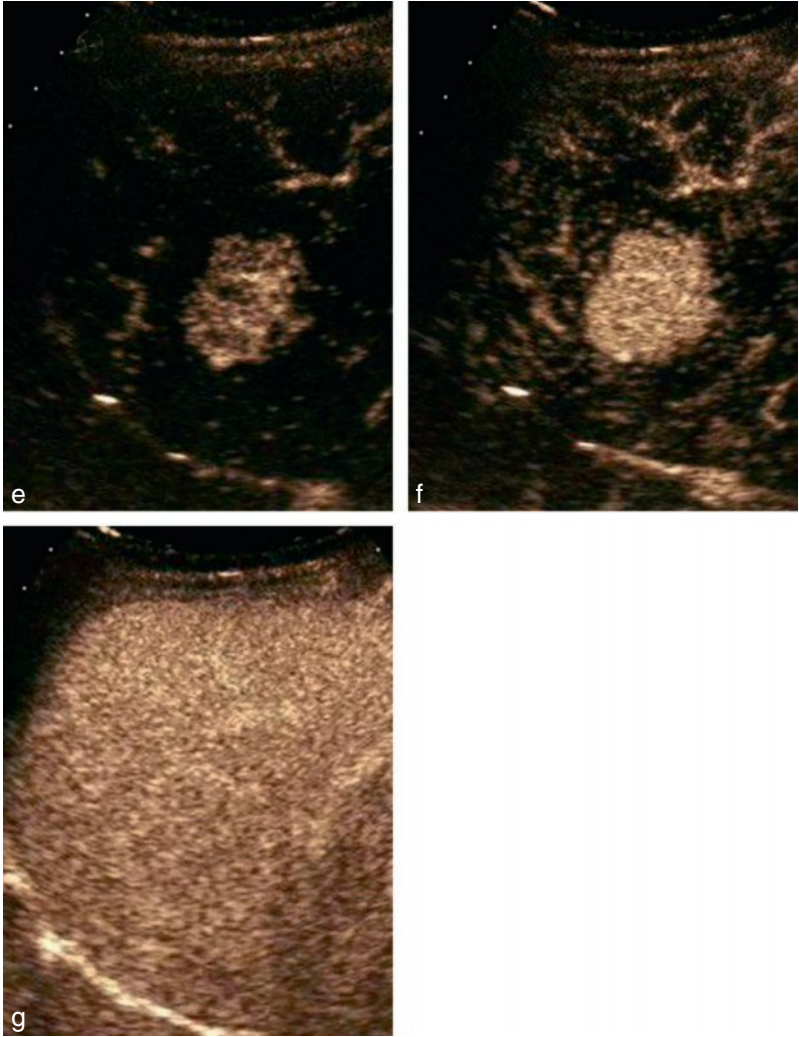


Fig. 19.2 Suite.

f. À 18 secondes, l'ensemble de la tumeur est le siège d'un rehaussement massif alors que le parenchyme hépatique débute seulement son rehaussement. **g.** Au temps tardif (2 minutes après injection), la lésion est strictement isoéchogène au parenchyme adjacent rehaussé de façon homogène, ce qui est caractéristique d'une tumeur hépatocytaire bénigne).

À l'inverse, une lésion isoéchogène au parenchyme adjacent à la phase tardive n'est presque jamais une métastase (quelques rares exceptions concernant des métastases très hypervascularisées ont été rapportées).

Pour l'hémangiome, la sémiologie est la même que celle décrite au scanner avec un rehaussement en motte périphérique puis un rehaussement centripète progressif. À la phase tardive, les microbulles stagnent dans les espaces vasculaires et l'angiome reste hyperéchogène par rapport au foie.

Le carcinome hépatocellulaire est un cas particulier. La phase artérielle montre une lésion hypervascularisée avec un rehaussement centripète provoqué par des nombreux vaisseaux périphériques tortueux. Au cours de la phase tardive, le CHC peut présenter un rehaussement plus faible ou voisin de celui du parenchyme normal mais un contexte d'hépatopathie chronique est souvent relevé.

Toutes lésions hépatiques confondues, le taux de diagnostic correct en échographie passe d'environ 60 % sans contraste à 92 % avec contraste. Des recommandations ont été formulées par les sociétés savantes européennes d'échographie qui stipulent qu'en cas de découverte d'une lésion focale intra-hépatique inexplicée, si l'examen est de bonne qualité, une injection de produit de contraste devrait être effectuée.

Points essentiels

- Une réponse immédiate est obtenue s'il s'agit d'un angiome, d'une HNF typique ou si la lésion n'est pas hypoéchogène au temps tardif (tumeur hépatocytaire bénigne).
- Au contraire, si la lésion est hypoéchogène au temps tardif, le diagnostic de métastase est probable en cas de contexte néoplasique tout en gardant à l'esprit que quelques tumeurs hépatocytaires peuvent avoir le même comportement.

Détection des métastases hépatiques

Puisque les métastases sont hypoéchogènes au temps tardif par rapport au foie qui reste rehaussé de longues minutes, un balayage au temps tardif de l'ensemble du parenchyme augmente la capacité de détection des métastases hépatiques qui devient comparable à celle de la tomодensitométrie hélicoïdale (fig. 19.3).

Les recommandations européennes proposent une injection pour toute échographie destinée à exclure des métastases hépatiques, sauf si l'échographie conventionnelle montre clairement la présence de ces lésions. On peut ajouter que cet examen ne remplace pas le scanner mais devrait remplacer l'échographie simple.

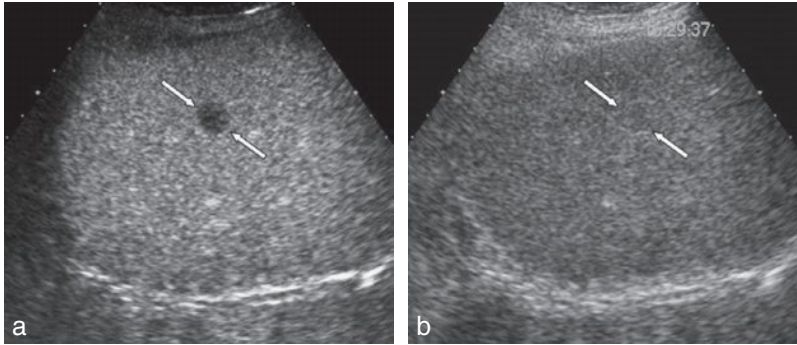


Fig. 19.3 Amélioration de la détection des lésions secondaires hépatiques. Après injection de SonoVue®, un balayage au temps tardif du parenchyme hépatique (a) permet d'identifier facilement une localisation secondaire d'un adénocarcinome pancréatique (flèches). Cette lésion était quasiment invisible en mode B avant injection (b).

Surveillance post-thérapeutique

La grande sensibilité de l'échographie de contraste pour marquer la présence des microvaisseaux est utilisée pour contrôler la réussite des traitements par chimioembolisation ou de destruction percutanée.

Les critères de réussite sont la disparition de tout rehaussement perceptible, aussi bien lors de la phase artérielle que portale qui signe la destruction du lit capillaire (fig. 19.4). L'injection de contraste est donc recommandée pour l'évaluation de l'effet immédiat du traitement et pour apprécier les récurrences tumorales lors du suivi dans les cas où la TDM ou l'IRM avec contraste sont contre-indiquées ou non concluantes.

L'arrivée récente des traitements antiangiogéniques permet également d'espérer que l'échographie de contraste sera un excellent outil de surveillance de l'efficacité du traitement sur la microvascularisation.

Échographie de contraste rénale

Il n'y a pas, contrairement au foie, de critères fiables pour différencier les tumeurs bénignes des tumeurs malignes.

L'injection de contraste n'est donc pas pertinente pour cette indication. Elle peut cependant avoir un intérêt pour confirmer ou infirmer l'existence d'une vascularisation devant une image échogène du rein (kyste atypique ou tumeur?) ou des voies urinaires.

Un cas particulier est représenté par les volumineux angiomyolipomes où l'injection de contraste peut permettre de détecter la présence d'anévrysmes intralésionnels qui sont considérés comme des facteurs de risque de saignement. La mise en évidence de vaisseaux dans les cloisons des kystes complexes peut égale-

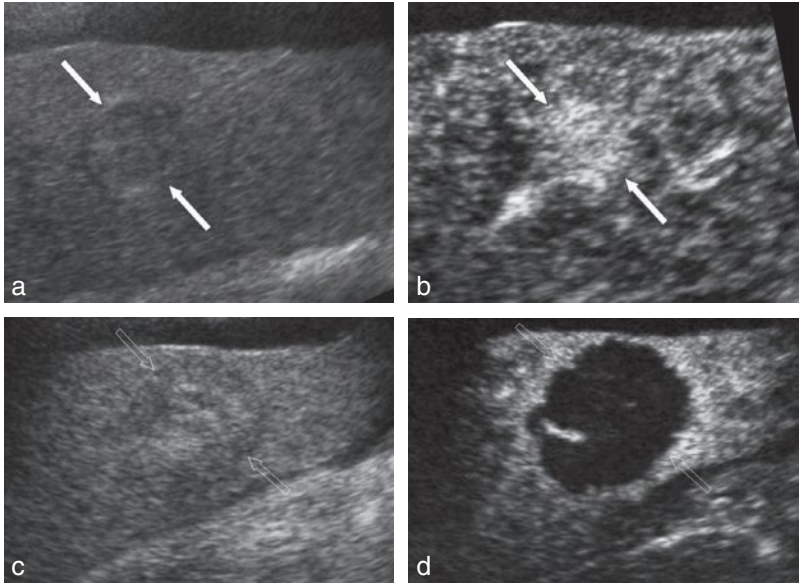


Fig. 19.4 Apport de l'injection de contraste après destruction d'un petit hépatocarcinome par radiofréquence (RF).

Avant traitement, le mode B sans contraste (a) montre une petite tumeur de 2 cm (flèches). L'injection de SonoVue® (b) objective un rehaussement tumoral au temps artériel. 24 heures après destruction percutanée par RF, le mode B sans contraste (c) montre une modification de l'aspect tumoral (flèches creuses) mais ne renseigne pas sur la vascularisation résiduelle de la tumeur. L'injection de SonoVue® (d) montre une large plage dévascularisée en lieu et place de la tumeur. Un vaisseau parenchymateux a résisté à l'échauffement.

ment se révéler très utile en complément de la TDM ou de l'IRM pour rechercher des arguments en faveur de la malignité.

Enfin l'étude du rehaussement du cortex et de la médullaire rénale peut donner des informations sur la qualité de perfusion du parenchyme rénale, en particulier sur les reins transplantés. La détection de micro-abcès est également facilitée.

Traumatismes abdominaux fermés

L'échographie conventionnelle est largement utilisée en 1^{re} intention lors d'un traumatisme en raison de son excellente sensibilité aux épanchements intrapéritonéaux. Sa capacité à détecter les fractures ou lacérations récentes hépatiques, spléniques ou rénales est en revanche très médiocre. L'étude du parenchyme de ces organes 2 à 3 minutes après injection de microbulles permet de visualiser très facilement les zones dévascularisées qui peuvent correspondre à des hématomes ou des lacérations (fig. 19.5).

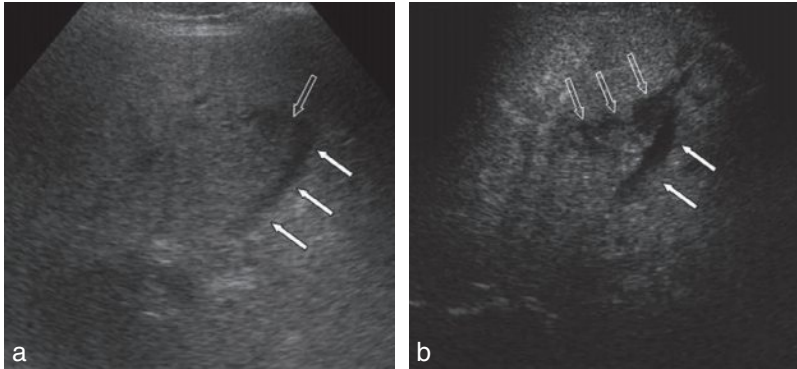


Fig. 19.5 Apport de l'injection de contraste dans les traumatismes abdominaux. a. Mode B sans contraste effectué en réanimation après un accident de la voie publique : petit épanchement périhépatique (flèches) et petite contusion hépatique hypoéchogène (flèche creuse). b. Après injection de microbulles, un balayage au temps tardif objective une fracture hépatique dans le foie droit (flèches creuses).

L'échographie de contraste ne permet pas l'étude de l'ensemble de l'abdomen et elle ne remplace bien sûr pas la tomodensitométrie dans le bilan lésionnel des polytraumatisés mais elle peut être utilisée en complément de celle-ci en cas de qualité technique médiocre (scanner effectué avec les bras le long du corps par exemple).

Points essentiels

- Il n'y a pas, contrairement au foie, de critères fiables pour différencier les tumeurs rénales bénignes des tumeurs malignes.
- L'échographie de contraste peut être utilisée en complément lors d'un traumatisme abdominal fermé.

Conclusion

Les produits de contraste ultrasonores ont hissé l'échographie au même rang que la tomodensitométrie et l'IRM dont elle dispute désormais de nombreuses indications, en particulier en pathologie hépatique. L'échographie de contraste dispose de nombreux atouts : son innocuité, sa disponibilité et sa mobilité (un échographe moderne suffit) mais surtout son excellente sensibilité aux microbulles et sa capacité à visualiser la macro et la microcirculation des organes et des tumeurs en temps réel avec une résolution spatiale inégalée. Les produits de contraste

sont désormais d'un emploi simple, il ne devrait donc plus y avoir d'obstacle à la généralisation de cette technique et plusieurs sociétés européennes d'ultrasons s'emploient à éditer des recommandations d'usage régulièrement actualisées. De nombreuses innovations sont encore à venir et en particulier la mise au point par les laboratoires de microbulles ciblées qui auront la capacité d'aller se fixer électivement sur certaines cibles (caillots, tumeurs, etc.) ou des microbulles contenant un principe thérapeutique qui pourrait être libéré en un lieu donné par l'éclatement des bulles par le faisceau ultrasonore.