

Item 5 Indications

et stratégies d'utilisation des principaux examens d'imagerie

Objectifs pédagogiques

- ▶ Argumenter et hiérarchiser l'apport des principales techniques d'imagerie.
- ▶ En évaluer le bénéfice, le risque et le coût.

Imagerie gonadique

I. ÉCHOGRAPHIE PELVIENNE II. ÉCHOGRAPHIE TESTICULAIRE

I. ÉCHOGRAPHIE PELVIENNE

A. Indications endocrinologiques de l'échographie pelvienne

Cet examen est indiqué principalement dans les situations suivantes :

- bilan étiologique d'une hyperandrogénie ;
- bilan étiologique d'un trouble du cycle avec ou sans infécondité ;

– bilan et suivi d'une précocité ou d'un retard pubertaire féminin.

B. Aspects techniques

1. Voie d'abord

Un examen préalable par voie transabdominale reste requis comme première étape de l'échographie pelvienne. La voie transabdominale offre en effet une vue panoramique du pelvis, permettant de dépister une éventuelle pathologie utérine associée, ou une masse ovarienne avec extension vers l'abdomen. La voie transvaginale permet de beaucoup mieux analyser l'échostructure ovarienne car les sondes de haute fréquence (> 6 MHz) offrent une meilleure résolution spatiale. Elle n'est toutefois pas toujours possible (patientes vierges ou refusant l'examen). Elle nécessite une bonne information préalable auprès de la patiente.

2. Mesures ovariennes

La mesure de la surface ovarienne s'effectue sur une coupe ovarienne médiane soigneusement choisie et « gelée ». Elle se calcule soit par la formule suivante : $L \times l \times 0,8$, où L représente la longueur et l la largeur, soit par contourage manuel de la périphérie ovarienne, soit par application d'une ellipse précalibrée par la machine. Le volume ovarien se calcule selon la formule : $L \times l \times E \times 0,523$, où E représente l'épaisseur. Pour le comptage des follicules de 2 à 9 mm de diamètre, chaque ovaire doit être balayé en section longitudinale d'une extrémité à l'autre. Le diamètre des follicules doit être mesuré par la moyenne des deux axes perpendiculaires.

L'échographie pelvienne doit toujours comporter l'étude de l'endomètre (idéalement par voie vaginale) dont l'épaisseur est un excellent reflet de l'imprégnation œstrogénique.

3. Échographie 3D

Cette technique très séduisante est actuellement et de plus en plus utilisée. Cependant, il n'existe pas à ce jour de preuve de la supériorité de cette technique sur le plan diagnostique.

4. Échographie doppler

Le doppler couleur permet de visualiser le flux sanguin intra-ovarien. Le doppler énergie est plus sensible, permettant de recueillir davantage de signaux vasculaires, en particulier ceux des vaisseaux à flux lent, mais il ne distingue pas les artères des veines. Le doppler pulsé permet d'obtenir des données chiffrées (index de résistance, indice de pulsatilité) à partir d'une « fenêtre de tir » placée sur un trajet vasculaire.

C. Écueils et difficultés

L'échographie pelvienne est un examen extrêmement opérateur-dépendant. L'analyse de l'échostructure ovarienne par voie transabdominale est difficile, en particulier chez les patientes ayant une paroi abdominale adipeuse. Cette voie nécessite un bon remplissage vésical, ce qui est inconfortable. Il faut savoir en outre qu'une vessie trop pleine comprime les ovaires, ce qui augmente artificiellement leur longueur. La principale difficulté de la voie transvaginale est d'obtenir une coupe ovarienne strictement médiane, ce qui est la condition rigoureusement nécessaire pour la mesure précise des dimensions ovariennes et pour le contourage de l'ovaire. La mesure du volume ovarien requiert l'analyse de l'ovaire dans les trois plans orthogonaux, ce qui est délicat en pratique.

En présence d'un follicule dominant (> 10 mm) ou d'un corps jaune ou d'un kyste fonctionnel, il faut refaire l'examen au cycle suivant.

En général, l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM ; *cf. infra*) n'apporte pas plus d'informations que l'échographie. Elle est à réserver aux cas difficiles, comme le diagnostic différentiel entre syndrome des ovaires polymicrokystiques (SOPMK) et tumeur ovarienne virilisante (*cf. infra*), ou lorsque l'échographie n'est pas possible ou n'est pas contributive (patiente vierge et/ou obèse). La tomodensitométrie (TDM ; *cf. infra*) pelvienne n'a pas d'indication pour l'exploration morphofonctionnelle de l'ovaire.

D. Résultats

1. Ovaire normal

Chez la femme adulte jusqu'à 35 ans, le volume ovarien normal se situe entre 4 et 11 cm³ et la surface ovarienne normale entre 2,5 et 5,5 cm². Le nombre de follicules, de 2 à 9 mm de diamètre/ovaire, varie entre 4 et 12 (figure 1.1).

Fig. 1.1. Échographie d’ovaire normal.

Aspect normal de l’ovaire au 6^e jour du cycle. Le plus gros follicule (flèche) mesure 10 × 9 mm. L’ovaire contient 3 ou 4 autres petits follicules de moins de 5 mm. La surface ovarienne est de 4,3 cm².

2. Situations d’hyperandrogénie

L’échographie pelvienne est utile pour confirmer un SOPMK devant une présentation clinique incomplète et/ou un bilan hormonal insuffisamment contributif. En effet, les critères échographiques d’ovaires polymicrokystiques (OMPK) entrent maintenant dans la classification du SOPMK, proposée par la conférence de consensus de Rotterdam.

Devant une hyperandrogénie clinique et biologique importante, l’échographie représente la première étape de la recherche morphologique d’une tumeur virilisante de l’ovaire.

a. Ovaires polymicrokystiques

Classiquement décrits selon des critères subjectifs (aspect globuleux, couronne hypoéchogène périphérique, hypertrophie du stroma, etc.) (figure 1.2), les OMPK doivent maintenant être définis selon les critères suivants, retenus par la conférence de consensus de Rotterdam : un nombre de follicules (de 2 à 9 mm) supérieur à 12 par ovaire et/ou au moins un volume ovarien supérieur à 10 mL. Cette définition offre un bon compromis entre sensibilité (environ 70 %) et spécificité (proche de 100 %). Elle reste toutefois opérateur-dépendante.

Fig. 1.2. Aspects d'OMPK typiques.

Les surfaces ovariennes sont augmentées ($> 6 \text{ cm}^2$). À gauche, l'ovaire est d'aspect globuleux. Les follicules sont en nombre excessif ($> 12/\text{ovaire}$), avec une répartition périphérique donnant un aspect en « collier de perles ». Le centre des ovaires est occupé par un stroma abondant et hyperéchogène.

La définition n'est pas applicable sous contraception œstroprogestative car les ovaires sont plus petits même si l'apparence multifolliculaire peut persister.

Dans ce contexte, l'échographie pelvienne est également utile pour le dépistage d'une hyperplasie endométriale.

b. Tumeurs

Il convient de suspecter une tumeur ovarienne si les dimensions ovariennes ne sont pas symétriques et/ou s'il existe une anomalie d'échogénicité circonscrite. Le doppler ovarien peut ici être utile en indiquant une richesse vasculaire focalisée anormale en doppler couleur et/ou un spectre anormal en doppler pulsé. L'IRM est ici plus performante (photo 1, cf. cahier couleur, et figure 1.3).

Fig. 1.3. Tumeur ovarienne : aspect en IRM.

La même tumeur ovarienne droite est nettement mieux visible en IRM (flèche) qu'en échographie (photo 1, cf. cahier couleur). Elle présente des signaux hétérogènes.

Il faut savoir qu'un aspect d'OMPK peut être associé à une tumeur ovarienne, ce qui peut représenter un piège diagnostique.

3. Trouble du cycle avec ou sans infécondité

La constatation d'un aspect d'OMPK est fréquente, même en l'absence d'hyperandrogénie évidente. La responsabilité de l'OMPK dans le trouble du cycle ne doit toutefois être retenue qu'après l'élimination d'éventuelles associations fortuites (adénome à prolactine, anovulation hypothalamique, etc.) par un bilan clinique et hormonal approprié. Dans ce contexte, l'échographie est aussi utile pour l'évaluation du risque d'hyperstimulation ovarienne sous traitement inducteur de l'ovulation.

L'insuffisance ovarienne primitive se diagnostique avant tout sur des critères biologiques (élévation de l'hormone folliculostimulante : FSH). L'échographie est toutefois utile pour l'appréciation de la réserve folliculaire, principalement chez les patientes faisant l'objet d'une assistance médicale à la procréation (AMP).

4. Cas de précocité ou de retard pubertaire féminin

Par voie sus-pubienne, l'échographie pelvienne permet la mesure de la hauteur utérine (HU) qui est un bon reflet de l'imprégnation œstrogénique. Avant la puberté, la HU est inférieure à 35 mm. En cours de puberté, elle augmente progressivement, jusqu'à la taille adulte qui est d'au moins 45 mm.

Cette mesure et ces repères sont utiles pour confirmer une précocité pubertaire. Ils permettent de suivre l'efficacité et la bonne observance des traitements de féminisation, en cas de retard pubertaire.

II. ÉCHOGRAPHIE TESTICULAIRE

La localisation intrascrotale du testicule le rend aisément accessible à l'examen clinique. Si ce temps de l'examen est le plus souvent suffisant pour recueillir les informations nécessaires afin de répondre aux questions posées, en cas de doute diagnostique, il est efficacement complété par l'échographie des bourses, examen d'imagerie de choix dans ce domaine. Pour réaliser l'échographie, le patient est placé en décubitus dorsal et il maintient l'extrémité de son pénis vers l'ombilic. Optimalement, cet examen est réalisé avec une sonde de haute fréquence de 7,5 ou 10 MHz. Les deux testicules sont examinés successivement et comparativement. Contraste et temps d'examen seront ajustés de façon à obtenir la meilleure résolution. Si nécessaire, une étude d'échographie doppler pulsé en couleur sera effectuée en fin d'examen dans les conditions basales, et éventuellement lors de manœuvres dynamiques. L'examen des bourses peut être complété, si nécessaire, par une échographie pelvienne transabdominale ou un examen transrectal.

A. Testicules normaux

Les testicules normaux (figure 1.4a et b) doivent avoir une échogénicité relativement basse, similaire des deux cTMtés, et doivent apparaître homogènes. La glande, de forme ovoïde, a une grande dimension, d'au moins 20 mm. Le hile testiculaire apparaît sous la forme d'une bande échogène située en périphérie de la glande, parallèlement à l'épididyme. Cette région inclut le *rete testis* et les vaisseaux du hile testiculaire.

Fig. 1.4. Échographie de testicule normal.

a et b – Aspect échographique d'un testicule adulte normal (coupes longitudinale et transversale, respectivement).

c – Image échographique de la tête d'un épидидyme normal.

La tête de l'épididyme a une échogénicité proche de celle de la pulpe testiculaire. Sa tête, ronde ou triangulaire, est la seule partie constamment visible en échographie (figure 1.4c). Ses dimensions sont proches du centimètre. En l'absence d'anomalie, le corps et la queue de l'épididyme ne sont pas davantage visualisés que les canaux efférents ou le déférent. À l'inverse, les artères intratesticulaires, d'organisation centripète, sont bien visualisées au sein du testicule et s'orientent en direction des artères capsulaires. Les veines intratesticulaires ne sont habituellement pas mises en évidence par l'échographie doppler couleur conventionnelle.

B. Tumeurs

Une échographie scrotale peut être indiquée lors de la suspicion ou de la confirmation de la présence d'une tumeur testiculaire (figure 1.5). Les tumeurs germinales représentent la très grande majorité de ces lésions, dont plus de 50 % correspondent à un séminome.

Fig. 1.5. Tumeur testiculaire.

Aspect échographique d'une tumeur séminomateuse du testicule.

La première situation de ce type est celle de l'exploration d'une grosse bourse, peu ou pas douloureuse, dont le volume s'accroît progressivement. L'échographie confirmera les données de l'examen clinique en objectivant la présence d'une masse arrondie et solide, plus ou moins hétérogène échographiquement, touchant parfois l'ensemble du testicule. Cet examen confirmera l'absence d'anomalie au niveau du cTMté opposé. L'échographie doppler retrouvera une hypervascularisation de la lésion (photo 2, cf. cahier couleur).

La majorité des tumeurs testiculaires se révèlent sur le mode précédent. Le tableau peut néanmoins s'enrichir de douleurs scrotales isolées, ou accompagnées de quelques signes inflammatoires. L'échographie retrouve une lésion hétérogène, avec alternance de zones nécrotiques et de zones tissulaires, où sont occasionnellement localisées des microcalcifications. Il s'agit alors plus souvent de tumeurs à composante choriocarcinomateuse.

Enfin, l'examen clinique des organes génitaux externes peut s'avérer normal mais le contexte doit faire évoquer la possibilité de la présence d'une *tumeur intratesticulaire infraclinique*. Il peut s'agir du bilan étiologique d'une gynécomastie (ou d'une hyperœstrogénie) de l'homme adulte, ou de celui d'adénopathies lomboaortiques ou supradiaphragmatiques, de douleurs scrotales sans substratum clinique manifeste, voire dans certains cas d'une infertilité. Peuvent ainsi être révélées sous forme d'images arrondies hypoéchogènes, homogènes ou non, de petites lésions tumorales développées aux dépens des cellules de Leydig (photo 3, cf. cahier couleur), ou plus rarement des cellules de Sertoli.

C. Kystes

Les kystes testiculaires, entités rares, peuvent se développer à l'intérieur de la glande ou à partir de l'albuginée. Anéchogènes et limités par une fine paroi, ils doivent être différenciés des tumeurs kystiques du testicule. Ces dernières, associées à la fraction kystique d'une zone tissulaire, sont de limites plus irrégulières et souvent richement vascularisées.

L'échographie des bourses permet également d'identifier les autres formations kystiques intrascrotales. Il s'agit des kystes de l'épididyme et des kystes du cordon, de contenu strictement ultrasonore, bien limité et à renforcement postérieur. Ces trois critères sont indispensables à l'affirmation de leur bénignité.

D. Infertilités masculines

Dans le bilan des infertilités masculines, l'échographie scrotale peut apporter un certain nombre d'informations intéressantes. Cet examen peut montrer la dilatation (supérieure à 3 mm) d'une ou plusieurs veines aux contours plus ou moins tortueux. La réalisation d'épreuves dynamiques (orthostatisme essentiellement) permettra d'identifier un reflux prolongé en doppler pulsé. L'incidence de la varicocèle dans la population normale étant élevée (20 % des hommes), il restera à en évaluer ultérieurement l'implication comme cause de l'infertilité.

Dans ce contexte, en dehors de la varicocèle gauche identifiée chez près de deux tiers des patients atteints d'infertilité sévère, l'échographie ou l'échographie doppler couleur permet d'identifier des lésions cliniquement occultes. Les plus fréquentes concernent les microlithiases, observées dans 5 à 6 % des cas. Leur mise en évidence sous forme de multiples échos brillants intratesticulaires (figure 1.6) doit amener à la vigilance. En effet, elles apparaissent associées avec une augmentation de l'incidence des tumeurs testiculaires malignes.

Fig. 1.6. Microlithiases testiculaires.

a et b – Aspects échographiques de microlithiases testiculaires. Leur nombre supérieur à 5 doit inciter à la vigilance compte tenu de leur association fréquente à des lésions testiculaires malignes (b).

En cas d'azoospermie, les mesures des dimensions de la tête de l'épididyme et des diamètres testiculaires fournissent, en complément des données cliniques et biologiques, des arguments en faveur du caractère obstructif d'une azoospermie (figure 1.7). Cette échographie scrotale peut être avantageusement complétée par une évaluation échographique transrectale, notamment lorsqu'à l'azoospermie s'associe un éjaculat de petit volume.

Fig. 1.7. Azoospermie obstructive.

Dilatation avec aspect kystique de la tête épидидymaire dans le cadre d'une azoospermie obstructive.

Enfin, une surveillance échographique systématique doit être proposée aux patients infertiles avec des antécédents de cryptorchidie opérée car ils présentent un risque élevé de développement tumoral.

E. Inflammations

L'échographie scrotale n'a pas d'intérêt réel dans les inflammations aiguës typiques. En cas de sémiologie inhabituelle, ou en l'absence d'amélioration sous antibiothérapie adaptée, l'échographie peut en revanche s'avérer utile. L'apparition d'une zone quasi liquidienne au sein de l'épididyme, ou plus rarement du testicule, fera d'autant plus évoquer un abcès qu'elle sera entourée d'une coque échogène hypervascularisée et très douloureuse.

Les affections inflammatoires chroniques s'observent le plus souvent chez l'homme âgé. Il s'agit avant tout des hydrocèles avec pachyvaginalite. L'aspect échographique associe une image transsonique contenue entre les deux feuillets d'une séreuse vaginale parfois épaissie ou cloisonnée.

F. Traumatismes

L'échographie scrotale ne se justifie dans les cas de torsions aiguës du testicule que devant un tableau atypique.

Après un traumatisme des bourses, l'échographie peut être utile pour évaluer objectivement l'hématocèle ou pour rechercher l'existence d'une brèche partielle de l'albuginée.

G. Conclusion

Les progrès techniques considérables de l'imagerie par ultrasons permettent un affinement des diagnostics suspectés cliniquement et de révéler des lésions non parlantes sur le plan clinique. Intéressants au

premier plan pour la détection ou la confirmation de la présence d'une tumeur, ces examens amènent de plus en plus fréquemment à détecter des « incidentalomes » testiculaires. Parmi ceux-ci, la mise en évidence de microcalcifications (souvent découvertes dans un bilan d'infertilité) mérite une attention particulière car elles sont associées à une incidence élevée de la pathologie testiculaire maligne. Au demeurant, la réalisation d'une échographie testiculaire ne doit pas être systématique devant toute pathologie intrascrotale. Il faut en effet sérier les indications aux suspicions de tumeur, à certaines infertilités ou à des cadres symptomatiques bâtards ou atypiques.

Imagerie thyroïdienne

I. ÉCHOGRAPHIE

THYROÏDIENNE

II. SCINTIGRAPHIE

THYROÏDIENNE

III. IMAGERIE

CONVENTIONNELLE : TDM,

IRM

I. ÉCHOGRAPHIE THYROÏDIENNE

L'échographie thyroïdienne est un examen simple, non invasif, très utile pour l'évaluation diagnostique de la pathologie thyroïdienne et en particulier des nodules thyroïdiens. C'est le premier examen morphologique à prescrire, associé à un dosage de TSH (*thyroid stimulating hormone* ou thyrostimuline), devant une anomalie de la palpation du corps thyroïde.

A. Indications

1. *Recommandées*

Les indications recommandées sont diverses et énumérées ci-dessous :

- anomalie de palpation du corps thyroïde ;
- évaluation initiale des nodules thyroïdiens, des goitres simples ou multinodulaires ;

- surveillance des cancers thyroïdiens opérés ;
- guidage d'une cytoponction ;
- surveillance des nodules non opérés.

2. *En contexte particulier*

De façon plus précise, on peut distinguer des indications particulières :

- recherche d'un cancer thyroïdien primitif devant une métastase à distance ;
- dans le cas d'hypothyroïdie, recherche de signes échographiques en faveur d'une thyroïdite auto-immune (hypoéchogénicité) ;
- diagnostic étiologique des hyperthyroïdies (en particulier pour la maladie de Basedow, intérêt diagnostique et pronostique) ;
- surveillance après chirurgie thyroïdienne en cas d'anomalie à la palpation.

B. Réalisation pratique

La thyroïde, glande superficielle, est aisément étudiée sous réserve d'un matériel performant (sondes linéaires de hautes fréquences, en mode doppler) et d'un échographiste entraîné. En France, un diplTMme national d'échographie, reconnu par le Conseil national de l'Ordre des médecins, permet actuellement d'acquérir les compétences nécessaires. L'examen, précédé d'une palpation cervicale, s'effectue sur un patient en décubitus, tête en légère hyperextension. L'examen doit comprendre des coupes transversales (figure 1.8a) et longitudinales (figure 1.8b) des deux lobes et de l'isthme. Il s'effectue en mode B en temps réel, puis en analyse doppler. Il est complété par une analyse des aires ganglionnaires cervicales bilatérales et par la recherche d'un retentissement trachéal et/ou du caractère plongeant de la glande (cou court, sujet âgé).

Fig. 1.8. Échographie thyroïdienne normale.

a – Coupe transversale des deux lobes. b – Coupe longitudinale du lobe thyroïdien (noter le caractère hyperéchogène du parenchyme thyroïdien par rapport au muscle SCM).

C. Compte rendu

Les informations clés qui doivent figurer dans un compte rendu d'échographie thyroïdienne ont été publiées dans les recommandations de l'ANDEM¹ [1]. Les résultats précisent les trois dimensions de chaque lobe et l'épaisseur de l'isthme et décrivent chaque nodule identifié (siège, taille, échostructure, échogénicité) ainsi que l'aspect du parenchyme adjacent, les chaînes ganglionnaires et le retentissement trachéal. Un schéma récapitulatif est indispensable. La conclusion doit être un résumé descriptif synthétique.

D. Résultats

1. Échographie thyroïdienne normale

Les dimensions de la glande varient selon le poids, le morphotype, l'âge, le régime iodé et les origines géographiques du sujet. En France, les dimensions moyennes des lobes sont de $1,5 \pm 0,5$ cm pour l'épaisseur et la largeur, et d'environ 5 ± 1 cm pour la hauteur. L'épaisseur est nécessairement pathologique au-dessus de 25 mm. L'isthme mesure 5 mm d'épaisseur et 1,5 cm de hauteur. Le volume V de chaque lobe est estimé en l'assimilant à un ellipsoïde, soit : $V = l \times H \times E \times 0,5$, où l est la largeur, H la hauteur et E l'épaisseur du lobe. En France, le volume thyroïdien normal est compris entre 10 et 28 cm³.

L'appréciation de la vascularisation au doppler couleur ou énergie est subjective et est cotée sous forme de croix (0 à +++). La vitesse maximale au pic systolique (cm/s) dans les artères thyroïdiennes est inférieure à 40 cm/s chez les sujets normaux, avec un index de résistance (IR) à son niveau normal entre 0,45 et 0,6.

¹ANDEM : Agence nationale pour le développement de l'évaluation médicale, faisant maintenant partie de l'HAS (Haute Autorité de Santé).

2. *Dysthyroïdies*

L'aspect est caractéristique pour un échographiste entraîné.

a. Maladie de Basedow

On observe soit des plages hypoéchogènes mal systématisées, disséminées sur l'ensemble des deux lobes, soit une hypoéchogénicité globale avec les contours des lobes globuleux et une vascularisation riche du parenchyme.

b. Thyroïdite auto-immune de Hashimoto

On observe une thyroïde hypoéchogène globuleuse avec des travées hyperéchogènes et des contours bosselés (figure 1.9). La vascularisation est variable mais rarement intense.

Fig. 1.9. Thyroïdite chronique de Hashimoto.

Coupe longitudinale : noter le caractère hypoéchogène.

c. Goitre multinodulaire toxique

Les signes échographiques sont plus difficiles à analyser quand le goitre est dystrophique et multinodulaire. Les nodules toxiques sont généralement solides, hypoéchogènes et très richement vascularisés.

3. *Nodule thyroïdien*

L'échostructure des nodules peut être liquide, mixte ou solide.

a. Échostructure liquide

Cela concerne 3 à 10 % des cas, anéchogènes et très rarement cancéreux. Les nodules liquidiens purs à parois fines sont des kystes thyroïdiens. Ils peuvent nécessiter une ponction évacuatrice s'ils sont volumineux et gênants. La ponction peut avoir aussi un intérêt diagnostique pour confirmer le kyste et vérifier sa nature bénigne en cas de parois du kyste un peu épaisses ou de petit bourgeon charnu souvent présent.

b. Échostructure mixte

Cela concerne 50 % des nodules, remaniés par une composante kystique plus ou moins importante ; les nodules à prédominance kystique (> 50 %) ont un risque de malignité inférieur aux nodules solides.

c. Échostructure solide

Cela concerne 40 % des nodules dont l'échogénicité peut être :

- hypoéchogène (40 à 60 % des nodules). Le cancer thyroïdien se présente comme un nodule solide hypoéchogène dans 55 à 95 % des cas. En revanche, un nodule solide hypoéchogène n'est un cancer que dans 1/3 des cas ;
- isoéchogène (3 à 20 % des cas). Son risque de malignité est moins bien documenté (7 à 25 % selon les séries) ;
- hyperéchogène (10 à 20 % des nodules). Il est rarement malin (1,3 à 4 %).

d. Performances diagnostiques en faveur de la malignité devant un nodule thyroïdien

L'échographie thyroïdienne ne permet pas à elle seule le diagnostic de malignité d'un nodule thyroïdien mais cet examen fournit des arguments de présomption. Outre le caractère hypoéchogène, la présence de microcalcifications, les contours irréguliers, la vascularisation de type mixte (périphérique et centrale) ou pénétrante radiaire sont associés à un risque élevé de malignité (figure 1.10). Chacune de ces variables prise isolément confère au nodule une augmentation du risque de malignité d'un facteur 1,5 à 3. Cependant, quand ces variables sont associées, le risque augmente de façon significative (tableau 1.I).

Fig. 1.10. Cancer papillaire.

Nodule solide hypoéchogène
mal limité sans halo.

Tableau 1.I.

Valeur prédictive positive de malignité (VPP) et odd ratio (OR) en faveur de la malignité selon les critères échographiques (d’après la série de Nam-Goong *et al.* [15]).

	VP P	OR
Nodule solide	25, 6	6,5
Nodule hypoéchogène	27	3,6
Microcalcification	39	4,1
Nodule solide et hypoéchogène	34, 6	6,3
Nodule solide avec microcalcifications	53, 3	8,8
Nodule hypoéchogène avec microcalcifications	60	6,6
Nodule solide et hypoéchogène avec microcalcifications	75	13, 1

Une cytoponction est recommandée en cas de nodule échographiquement suspect et le consensus français sur la prise en charge des nodules thyroïdiens, élaboré en 2009 sous l’égide de la Société française d’endocrinologie, recommande de réaliser une cytoponction thyroïdienne devant un nodule ayant au moins deux des critères échographiques de suspicion suivants : solide et hypoéchogène, microcalcifications, limites/bords imprécis, forme plus épaisse que large, vascularisation de type central. L’indication de la cytoponction n’est pas limitée aux nodules échographiquement suspects mais pourra être portée en raison de l’anamnèse, de l’évolutivité, du volume... (*cf.* chapitre 14 : « Goitre et nodule thyroïdien »).

Certaines caractéristiques échographiques (nodule très richement vascularisé en péri et intranodulaire, vitesse circulatoire intranodulaire élevée) sont suggestives de nodules fonctionnels, amènent à une confrontation attentive au taux de TSH, et peuvent faire discuter l'opportunité d'une évaluation scintigraphique.

II. SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE

Elle permet d'obtenir une image fonctionnelle de la thyroïde. C'est l'examen central, indispensable, du diagnostic étiologique d'une hyperthyroïdie.

A. Indications

1. Altérations de la fonction thyroïdienne

La scintigraphie thyroïdienne est utile dans le diagnostic étiologique des hyperthyroïdies, pour identifier les nodules toxiques, les goitres multihétéronodulaires toxiques, la maladie de Basedow, la thyroïdite subaiguë et les hyperthyroïdies dans un contexte de surcharge iodée. Elle permet également d'apprécier les possibilités de recours à un traitement isotopique par l'iode radioactif. En pareil cas, la scintigraphie est parfois couplée à une courbe de fixation de l'iode 131, utile pour déterminer l'activité thérapeutique à administrer mais le plus souvent ce calcul se fait avec une scintigraphie à l'iode 123.

2. Diagnostic des hypothyroïdies

La scintigraphie thyroïdienne n'est pas un examen utile dans le diagnostic étiologique des hypothyroïdies chez l'adulte et ne doit pas être demandée dans ce contexte. Les aspects sont très variables et non spécifiques et, en pratique, d'aucune aide au diagnostic. Chez le nouveau-né en hypothyroïdie, en revanche, la scintigraphie est plus intéressante car elle permet de distinguer une athyréose d'une ectopie thyroïdienne et de mettre en évidence un trouble de l'organification (fixation précoce élevée pouvant être diminuée par le perchlorate).

3. Nodules, goitres et cancers

La scintigraphie permet de différencier les nodules hyperfonctionnels (chauds), hypofonctionnels (froids) ou indéterminés (isofixants). Sa valeur prédictive pour le diagnostic de malignité est mauvaise, très inférieure à celle de la cytologie, car seuls 6-11 % des nodules solitaires sont hyperfixants et les nodules malins ne représentent qu'une faible proportion des nodules thyroïdiens froids ou indéterminés. La sensibilité est, de plus, réduite pour les petits nodules de moins de 1 cm, dont la taille est inférieure au seuil de résolution de la scintigraphie. Enfin, la scintigraphie ne permet pas de mesurer la taille des nodules et n'a que peu de place pour l'évaluation topographique des goitres nodulaires.

La scintigraphie thyroïdienne reste indiquée pour la recherche des atteintes nodulaires toxiques et prétoxiques et elle est recommandée, en première intention, en cas d'hyperthyroïdie biologiquement avérée (TSH basse avec T4 libre normale ou haute).

La scintigraphie n'est pas un examen de surveillance. Elle n'a pas à être répétée lorsqu'un premier examen a montré un nodule hypo ou isofixant.

La scintigraphie peut être utile en deuxième intention, après l'échographie, dans les goitres multinodulaires (nodules > 10 mm), pour préciser une extension médiastinale éventuelle.

La scintigraphie est également indiquée pour l'évaluation des cancers thyroïdiens de souche vésiculaire après chirurgie. L'administration d'une forte dose d'iode 131 (100 mCi) est proposée en complément de la chirurgie dans les formes à risque de récurrence. Ce traitement, appelé totalisation isotopique, irathérapie ou radiothérapie métabolique, permet de détruire le tissu thyroïdien normal ou pathologique résiduel et de traiter d'éventuelles métastases. Il est réalisé sous stimulation par la TSH endogène (interruption du traitement substitutif) ou exogène (injection de TSH recombinante, ou Thyrogen®). La scintigraphie corporelle totale post-thérapeutique permet de visualiser les reliquats thyroïdiens et/ou les métastases iodofixantes.

B. Aspects techniques

Le traceur utilisé pour les indications diagnostiques est de préférence ^{123}I , car il est peu irradiant et permet une quantification de l'image

(fixation) utile pour le diagnostic et le traitement des hyperthyroïdies. À défaut, on utilisera le ^{99m}Tc , plus largement disponible et moins coûteux. Dans les indications thérapeutiques (hyperthyroïdie, cancer thyroïdien), on utilise l' ^{131}I , cytotoxique du fait de son émission β . La scintigraphie est contre-indiquée pendant la grossesse et l'allaitement.

C. Pièges

L'informativité de la scintigraphie dans la surveillance des cancers thyroïdiens peut être très largement diminuée, voire abolie, par une surcharge iodée (examen radiologique avec injection de produit de contraste iodé dans les semaines qui précèdent, traitement par Amiodarone[®]). Toutefois, elle est informative sur le mécanisme d'une hyperthyroïdie dans un contexte de surcharge iodée.

L'échographie associée permet de vérifier la présence de tissu thyroïdien dans les cas de scintigraphie blanche ou de fixation unilatérale.

D. Résultats attendus

Une image scintigraphique ne peut s'interpréter correctement qu'en ayant connaissance du *contexte clinique* et du *niveau de TSH*. La captation du traceur est liée à l'expression au pTMle basal du thyrocyte d'un *symporter*, le NIS (*Na⁺ Iode Symporter*). L'expression du NIS dépend de l'activation de la voie de l'AMPc (contrTMlée par la TSH et son récepteur).

1. Hyperthyroïdies

Nous allons détailler plusieurs cas d'hyperthyroïdies.

a. Nodule toxique

Il apparaît comme une fixation focalisée (figure 1.11), en regard de la formation nodulaire, avec extinction du parenchyme adjacent et controlatéral (intérêt de l'échographie qui identifie le lobe controlatéral).

Fig. 1.11. Adénome toxique lobaire gauche et droit.

a – Adénome toxique lobaire gauche avant chirurgie : extinction du lobe thyroïdien droit.

b – Le même après chirurgie (isthmolobectomie gauche) : réapparition du lobe droit.

c – Adénome toxique lobaire droit. Le nodule est autonome, indépendant de la TSH. L'hyperthyroxinémie freine la TSH, d'où l'extinction du parenchyme sain. Après injection de TSH (non pratiquée actuellement dans ce contexte), réapparition du lobe gauche. (À noter : le même type d'image, mais moins contrastée, peut être observé si l'on réalise une scintigraphie avant et sous traitement antithyroïdien qui, en corrigeant l'hyperthyroïdie, augmente la TSH et réactive le parenchyme sain.)

b. Maladie de Basedow

Elle apparaît comme une fixation diffuse, bilatérale, homogène, avec captage et organification élevés (figure 1.12).

Fig. 1.12. Maladie de Basedow.

Hyperfixation diffuse et homogène, en présence d'une TSH freinée, traduisant la présence d'anticorps stimulant le récepteur de la TSH.

c. Thyroïdites

Dans les cas de thyroïdites subaiguës de De Quervain, du *post-partum*, et des thyroïdites silencieuses, il apparaît un captage nul se traduisant par une scintigraphie « blanche ».

L'inflammation thyroïdienne provoque un relargage des stocks hormonaux intrathyroïdiens. La TSH est freinée par rétrocontrôle négatif. Il n'existe plus de stimulation thyroïdienne par la TSH et donc plus d'expression du NIS.

L'hyperthyroïdie induite par l'amiodarone, de type II (thyroïde saine), est également liée à une thyroïdite et se traduit donc par une scintigraphie blanche.

d. Goitre multihétéronodulaire

Il apparaît comme une alternance de zones fixant (nodules « chauds ») et ne fixant pas le traceur (nodules « froids »). Cet aspect hétérogène (figure 1.13) peut parfois être difficile à distinguer d'une fixation en damier typique d'une thyroïdite chronique de Hashimoto, mais dans ce dernier contexte la TSH est élevée.

Fig. 1.13. Goitre multihétéronodulaire.

a – Un nodule chaud lobaire gauche, un nodule froid lobaire droit (grand cercle). L'essentiel du captage de l'iode par la thyroïde est le fait du nodule gauche. Le tissu sain ne capte proportionnellement quasiment pas le traceur.

b – Nodules froids isthmique et lobaire gauche.

c – Volumineux goitre multinodulaire avec 3 gros nodules froids (cercles).

2. Cancers thyroïdiens

Après thyroïdectomie, les reliquats cervicaux apparaissent comme une fixation localisée dans la loge thyroïdienne, et les métastases ganglionnaires iodofixantes apparaissent latéralement (figure 1.14).

Fig. 1.14. Cancer thyroïdien après exérèse chirurgicale.

a – Reliquats postchirurgicaux après thyroïdectomie pour cancer.

Scintigraphie à l'iode 131 en post-thérapeutique, avec TSH élevée soit par arrêt du Lévothyrox[®] après la chirurgie (défreination endogène), soit par injection de TSH recombinante (Thyrogen[®]) avec maintien du Lévothyrox[®].

b – Les mêmes reliquats sont détruits par le traitement par iode radioactif et ne sont donc plus visibles.

Enfin, les métastases à distance (osseuses et pulmonaires, en particulier) peuvent être visualisées sur une scintigraphie du corps entier (figure 1.15). Seuls les cancers de souche folliculaire captent l'iode, et les cancers médullaires ne sont pas visualisés. Néanmoins, environ 20 à 30 % des métastases de cancer folliculaire ne captent pas l'iode et ne seront pas visualisées (notamment les métastases osseuses en cas de contingent carcinomateux moins différencié).

Fig. 1.15. Métastases à distance.

Scintigraphie du corps entier permettant de visualiser les métastases osseuses et pulmonaires d'un cancer thyroïdien folliculaire.

III. IMAGERIE CONVENTIONNELLE : TDM, IRM

Dans les nodules plongeants et les goitres multinodulaires, la TDM est utile pour préciser l'extension médiastinale, l'existence d'une compression trachéale ou œsophagienne et, en préopératoire, les rapports vasculaires. Il faut se méfier des injections d'agents de contraste radiographiques iodés, susceptibles de déclencher l'hyperactivité de nodules fonctionnels. La TDM peut être couplée à l'imagerie fonctionnelle scintigraphique en utilisant une caméra hybride SPECT-TDM. L'IRM a l'avantage d'être moins irradiante et de mieux visualiser les rapports vasculaires mais elle est plus coûteuse.

Dans les cancers thyroïdiens, la TDM cervicothoracique est utile pour rechercher des adénopathies médiastinales et/ou des nodules parenchymateux lorsqu'il existe une suspicion de récurrence (élévation des marqueurs) ou pour suivre l'évolution en cas de localisations secondaires connues.

Imagerie des surrénales

**I. IMAGERIE
CONVENTIONNELLE DES
SURRENALES**

**II. IMAGERIE ISOTOPIQUE
DES SURRENALES**

I. IMAGERIE CONVENTIONNELLE DES SURRENALES

L'imagerie des glandes surrénales est principalement prescrite pour l'exploration d'une pathologie tumorale chez un patient présentant une

hypersécrétion d'hormones surrénales (stéroïdes ou catécholamines), ou une insuffisance surrénale primaire. L'imagerie médicale réalisée pour explorer une pathologie *a priori* non surrénalienne peut aussi être l'occasion de découvrir fortuitement une masse de la loge surrénale (incidentalome).

A. Principales indications de l'imagerie surrénale

1. *Hypersécrétion de stéroïdes*

Cette hypersécrétion peut être observée dans différentes pathologies, d'où la nécessité de procéder à une imagerie des surrénales. Dans le cas du syndrome de Cushing ACTH-indépendant, on recherchera un adénome bénin ou un corticosurréalome malin. Dans le cas d'un hyperaldostéronisme primaire, on recherchera un adénome de Conn. Dans le cas d'hyperandrogénie, ce sera un corticosurréalome malin qui sera recherché.

2. *Hypersécrétion de catécholamines*

L'imagerie permettra, dans le cas de cette hypersécrétion, de rechercher un phéochromocytome.

3. *Insuffisance surrénale primaire*

L'imagerie sera effectuée lors de l'enquête étiologique afin d'écarter la possibilité de métastases bilatérales ou d'un processus infectieux ou infiltratif.

Dans toutes ces situations, l'imagerie sera réalisée une fois que le diagnostic de la pathologie endocrinienne aura été établi sur les explorations cliniques et hormonales, pour en préciser l'étiologie et pour discuter la thérapeutique. Dans le cadre de l'incidentalome, où l'exploration d'imagerie initiale ayant mis en évidence la masse de la loge surrénale n'était pas destinée à une exploration précise des surrénales, il peut être indiqué de réaliser un examen d'imagerie surrénale (en général

un scanner) pour préciser le diagnostic radiologique, cela avant de réaliser les explorations hormonales.

B. Principales techniques d'imagerie des surrénales²

1. Examen par tomodensitométrie (TDM)

C'est en général l'examen de choix pour explorer les surrénales (figures 1.16 et 1.17), en particulier pour étudier une pathologie tumorale. Il doit être réalisé avec des coupes fines de 3 mm, centrées sur les loges surrénales, qui seront étudiées dans tous les cas en l'absence d'injection de produit de contraste, puis, le plus souvent dans un deuxième temps, après injection de produit de contraste (en respectant certaines précautions chez les patients allergiques, diabétiques ou en insuffisance rénale). Une masse surrénale visualisée au scanner sera évaluée par la mesure de la **densité spontanée (avant injection)**, ainsi que son évolution aux temps précoce et tardif, après injection. Sa taille, son homogénéité et sa vascularisation seront ainsi déterminées.

²L'échographie n'est pas mentionnée ici car elle est peu performante pour l'exploration des loges surrénales.

Fig. 1.16. Schématisation des surrénales normales.

VCI : veine cave inférieure.

Surrénale droite : aspect en épingle à cheveux.

Surrénale gauche : aspect d'accent circonflexe.

Fig. 1.17. Examen par tomodensitométrie de surrénales normales (flèches).

Scanner des surrénales.

2. *Imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM)*

Cette technique a des performances assez similaires au scanner pour explorer les surrénales. L'expérience acquise dans l'exploration des incidentalomes est cependant moins importante et, pour des raisons de pratique et de coût, cet examen est actuellement moins souvent préconisé que le scanner. Il est habituel d'étudier les surrénales en IRM en séquence T1 et T2, avant et après injection de gadolinium. La mesure du déplacement chimique est utilisée pour la caractérisation des tumeurs de la corticosurrénale.

C. Résultats attendus par pathologie

La mesure de la densité spontanée avant injection est le paramètre clé permettant de distinguer les très probables adénomes corticosurrénaux, de densité < 10 UH (unités Hounsfields), des autres tumeurs avec densité spontanée > 10 UH (adénomes pauvres en graisse, corticosurrénalome, phéochromocytome, autres...).

1. *Tumeurs de la corticosurrénale*

Ces tumeurs sont explorées après mise en évidence soit d'un incidentalome, soit d'un syndrome de Cushing ACTH-indépendant ou d'une hyperandrogénie. L'imagerie a pour but d'une part de localiser la tumeur et d'autre part d'en préciser la nature.

L'adénome bénin de la corticosurrénale est un nodule homogène, arrondi et bien limité, le plus souvent inférieur à 3 ou 4 cm (figure 1.18). L'adénome étant riche en graisse, le plus souvent sa densité spontanée au scanner est basse (< 10 UH).

Fig. 1.18. Adénome corticosurrénalien.

Adénome de la surrénale gauche (flèche).

Le corticosurréalome apparaît comme une tumeur hétérogène, aux bords irréguliers et le plus souvent de grande taille (> 4 ou 5 cm) (figure 1.19). La densité spontanée au scanner est élevée (> 10 UH). Le scanner recherche aussi dans cette tumeur maligne une possible extension à la veine cave ou des métastases à distance (foie, poumon).

Fig. 1.19. Corticosurréalome malin gauche (flèche).

Noter la grande taille et l'aspect hétérogène.

2. *Hyperaldostéronisme primaire*

Le scanner est réalisé dans cette indication pour rechercher un adénome de Conn. Ce dernier présente les caractéristiques d'un adénome bénin, de petite taille (par définition < 2 cm) et très souvent infracentimétrique. En l'absence d'une image typique d'adénome unilatéral, il est suggéré la possibilité d'une hyperplasie bilatérale de la glomérulée. Ce diagnostic étiologique conditionne de façon majeure le traitement : chirurgie (surrénalectomie unilatérale) pour l'adénome de Conn, et traitement médical pour l'hyperplasie de la glomérulée. L'absence d'image typique d'adénome (nodules multiples et/ou bilatéraux, absence de franc nodule, etc.) conduit souvent à réaliser un dosage d'aldostérone dans les veines surrénales par cathétérisme sélectif, à la recherche d'un gradient de sécrétion unilatéral d'aldostérone (*cf.* chapitre 10 : « Hypertension artérielle de l'adulte »). Un hyperaldostéronisme primaire associé à une tumeur de plus de 2 cm doit faire évoquer une tumeur maligne sécrétant de l'aldostérone.

3. *Tumeurs de la médullosurrénale (phéochromocytome)*

L'imagerie est réalisée après diagnostic d'une hypersécrétion de catécholamines (cliniques et dosages hormonaux) et a pour but de localiser la tumeur. Dans 90 % des cas, il s'agit d'une tumeur de la surrénale (phéochromocytome) (figure 1.20), et plus rarement d'une tumeur extrasurrénale (paragangliome). Il s'agit de tumeurs vasculaires avec une éventuelle composante kystique. La prise de contraste après injection est importante. L'analyse en séquence T2 par IRM retrouve de façon caractéristique un hypersignal, évocateur mais non spécifique.

Fig. 1.20. Aspect d'un phéochromocytome gauche (flèche) en IRM, en séquence T2.

4. Insuffisance surrénale primaire

L'insuffisance surrénale primaire est le plus souvent d'origine auto-immune mais peut aussi être causée par un processus infectieux (en particulier la tuberculose), infiltratif ou tumoral (métastases bilatérales) (figure 1.21). Lors du diagnostic d'une insuffisance surrénale primaire, l'imagerie est réalisée avant tout pour ne pas méconnaître des masses bilatérales pouvant orienter vers un processus malin.

Fig. 1.21. Métastases surrenales bilatérales (flèches).

II. IMAGERIE ISOTOPIQUE DES SURRENALES

L'investigation isotopique des surrenales intervient le plus souvent en deuxième intention, après la réalisation d'une imagerie conventionnelle. Deux grands types de scintigraphie peuvent être réalisés : l'exploration de la corticosurrénale à l'aide du ^{131}I -6 β – iodométhyl-19-norcholestérol (communément appelé « norchol » ou « iodocholestérol »), et l'exploration de la médullosurrénale et du tissu chromaffine à l'aide de la méta-iodobenzyl-guanidine (MIBG).

A. Exploration corticosurrénalienne au ^{131}I -6 β – iodométhyl-19-norcholestérol

1. Indications

La scintigraphie peut être utile dans différentes situations, que nous allons décrire ci-dessous.

a. Incidentalome surrenalien

Il s'agit de tumeurs surrenaliennes de découverte fortuite. La présence d'une fixation du traceur du $c^{\text{TM}}\text{té}$ de l'incidentalome, avec l'« extinction » de la surrénale controlatérale, est en faveur d'un adénome dit prétoxique (mise au repos de la surrénale controlatérale due à l'insuffisance corticotrope par rétrocontr $^{\text{TM}}$ le négatif). L'absence de fixation du $c^{\text{TM}}\text{té}$ de l'incidentalome peut orienter vers la malignité.

b. Syndrome de Cushing

Voyons deux cas de figure de ce syndrome, selon la dépendance à l'hormone adrénocorticotrope (ACTH) :

- en cas de syndrome de Cushing ACTH-dépendant, la scintigraphie n'a pas d'indication ;
- en cas de syndrome de Cushing ACTH-indépendant et de tumeurs bilatérales ou en l'absence de tumeur évidente au scanner, elle

permet de préciser si une ou les deux glandes surrénales sont impliquées dans le syndrome de Cushing.

2. Aspects méthodologiques

a. Type de traceur

Le ^{131}I -6 β – iodométhyl-19-norcholestérol est un analogue du cholestérol radiomarqué qui est administré par voie intraveineuse à la dose de 37 Mbq, soit 1 mCi.

b. Préparation du patient

Compte tenu de la désiodation partielle du traceur, il est nécessaire de bloquer la captation thyroïdienne de l'iode par l'administration d'iode stable sous forme de gouttes de Lugol[®] fort (30 gouttes à débiter 2 jours avant et à poursuivre 7 jours après l'administration du produit) ou d'iodure de potassium (une gélule par jour en débutant la veille de l'administration du traceur et en le poursuivant 3 jours après).

Afin de diminuer la contamination colique et d'améliorer la qualité des images, du Duphalac[®] ou du Colopeg[®] peuvent être prescrits.

Des clichés planaires, centrés sur les aires surrénaliennes en incidence antérieure et postérieure, sont réalisés 4 jours après administration du traceur radioactif (J4) dans le syndrome de Cushing.

3. Résultats attendus

a. Incidentalome surrénalien

Une fixation unilatérale, concordante avec la masse surrénalienne et avec l'extinction de la surrénale controlatérale, est en faveur d'un adénome cortisolique patent ou infraclinique (figure 1.22).

Une fixation bilatérale asymétrique au profit de la surrénale tumorale ou une fixation bilatérale symétrique est en faveur d'une masse corticale bénigne non hypersécrétante.

Lorsqu'il y a absence de fixation homolatérale à la tumeur, la masse peut correspondre soit à un corticosurrénales malin, soit à une tumeur non corticale (métastase, phéochromocytome, etc.).

Fig. 1.22. Tumeur unilatérale droite.

a – Scanner surrénalien mettant en évidence une tumeur unilatérale droite (flèche).

b – Scintigraphie au noriodocholestérol, vue postérieure (aspect de fixation unilatérale avec extinction controlatérale en faveur d'un adénome cortisolique).

b. Syndrome de Cushing

En cas d'adénome surrénalien, une fixation unilatérale du cTMté de la masse est observée (extinction de la surrénale controlatérale).

Dans le cas de corticosurréalome malin sécrétant, on observe le plus souvent une absence de fixation au niveau de la masse.

Dans le cas d'hyperplasie ou de dysplasie surrénalienne bilatérale, on observe une fixation bilatérale.

4. Limites de l'examen

Une accumulation importante du traceur au niveau de la vésicule biliaire peut faussement mimer la surrénale droite (plus antérieure, latérale et inférieure).

Une autre limite concerne l'absence d'identification d'une ou des deux surrénale(s), du fait du bruit de fond généré par le foie ou par la fixation digestive.

Les corticosurréalomes malins, responsables d'un syndrome de Cushing, peuvent fixer le traceur.

Globalement, la lourdeur de l'examen, son caractère irradiant et l'absence de spécificité des images obtenues devraient limiter la pratique de cet examen au profit notamment de la TEP-FDG, plus performante pour la distinction des tumeurs bénignes et malignes. On craint, par ailleurs, pour la disponibilité de ce traceur dans le futur.

B. Exploration médullosurrénalienne

à la méta-iodobenzyl-guanidine marquée à l'iode ¹²³I ou ¹³¹I

1. Indications

La scintigraphie peut être utile dans les deux cas suivants :

- caractérisation et bilan d’extension d’un phéochromocytome (bénin ou malin) ;
- recherche des phéochromocytomes extrasurréniens (ou paragangliomes).

2. Réalisation de l’examen

a. Spécificité du traceur

La méta-iodobenzyl-guanidine est un analogue de la guanéthidine, marquée idéalement par l’iode ^{123}I ou ^{131}I . Elle est captée par les cellules chromaffines. Il ne s’agit pas d’un traceur reflétant la sécrétion mais uniquement le recaptage.

L’iode ^{131}I se caractérise par une demi-vie longue (8 jours) et par une émission bêta, soit un rayonnement peu adapté aux caméras, aboutissant à un rapport signal sur bruit médiocre et à une qualité d’imagerie moyenne. L’iode ^{123}I se caractérise par une demi-vie courte (13 h) et par un rayonnement adapté aux caméras, permettant des clichés précoces avec une bonne qualité d’image et des clichés tomographiques.

b. Préparation du patient

Compte tenu de la désiodation partielle du radiopharmaceutique, il est également nécessaire de bloquer la captation thyroïdienne de l’iode (*cf. supra*). Afin de diminuer la contamination colique et d’améliorer la qualité des images, du Duphalac[®] ou du Colopeg[®] peuvent être prescrits. Il est nécessaire d’interrompre certains médicaments responsables d’interférences, tels que :

- le labétalol, la réserpine ;
- les inhibiteurs calciques ;
- les antidépresseurs tricycliques ;
- les sympathomimétiques.

c. Clichés

Des clichés sont réalisés à des temps différents, selon que l’on utilise la MIBG marquée à l’iode ^{123}I ou ^{131}I . Ils sont centrés sur la région abdominopelvienne et sur les aires surréniennes mais peuvent aussi être centrés sur la région cervicothoracique ou, en cas de suspicion de

paragangliomes, être associés à un balayage corps entier pour dépister des métastases. Le couplage scintigraphie et scanner améliore la localisation anatomique des fixations scintigraphiques observées (photo 4, cf. cahier couleur).

3. Résultats

a. En situation normale

On note une absence de fixation du traceur au niveau des surrénales, sauf dans 20 % des cas lorsque le marquage est réalisé avec de l'iode ^{123}I : à ce moment-là, il est possible d'observer une faible fixation du traceur.

On observe une fixation physiologique au niveau des glandes salivaires, du foie, de la rate, de la vessie, du cœur, et parfois au niveau des poumons.

b. En situation pathologique

La sensibilité de la scintigraphie au MIBG pour la visualisation des phéochromocytomes est de l'ordre de 80 % (90 % pour la scintigraphie au MIBG marqué à l'iode ^{123}I), avec une excellente spécificité.

Dans les cas de phéochromocytome surrénalien, on peut observer une hyperfixation homolatérale à la masse, d'intensité supérieure à celle du foie.

Dans les cas de phéochromocytome bilatéral, on peut observer une hyperfixation bilatérale d'intensité supérieure à celle du foie.

Dans les cas de phéochromocytome extrasurrénalien, ou paragangliome, on observe une fixation dans une aire pouvant contenir du tissu chromaffine.

Enfin, dans les cas de phéochromocytome malin, on observe une fixation au niveau des aires normalement dépourvues en tissu chromaffine (métastases) (figure 1.23).

Fig. 1.23. Scintigraphie d'un phéochromocytome malin.

Scintigraphie MIBG à l'iode ^{123}I , révélant de multiples foyers de fixation en relation avec un phéochromocytome malin chez un homme de 60 ans, opéré 12 ans plus tôt d'un phéochromocytome surrénalien droit.

La sensibilité de la MIBG est cependant moins bonne dans les tumeurs malignes, où elle est estimée à 60 % en raison d'une vraisemblable diminution de l'expression du transporteur noradrénergique. Elle est également médiocre dans les formes familiales, de l'ordre de 50 % en cas de tumeur extrasurrénalienne, avec un risque élevé de faux négatif dans les localisations supradiaphragmatiques. Dans ces situations, les performances de la scintigraphie octréoscan et/ou de la TEP-FDG seraient supérieures.

4. Limites de l'examen

Une des limites concerne les faux positifs, caractérisés par la rétention du traceur au niveau des voies excrétrices urinaires, pouvant ainsi mimer un phéochromocytome surrénalien.

Par ailleurs, des faux négatifs peuvent être observés en raison d'interférences médicamenteuses (notamment avec le labétalol et les antidépresseurs tricycliques, à interrompre quelques jours avant l'examen).

Imagerie des tumeurs insulaires bêta-pancréatiques

I. INDICATION DE
L'IMAGERIE DANS LE BILAN
D'HYPOGLYCEMIES
II. EXAMENS
RADIOLOGIQUES
DISPONIBLES

III. ASPECTS
METHODOLOGIQUES
IV. RESULTATS ET LIMITES
DE L'IMAGERIE

I. INDICATION DE L'IMAGERIE DANS LE BILAN D'HYPOGLYCEMIES

Le diagnostic d'insulinome est un diagnostic biologique, reposant sur la mise en évidence d'une sécrétion inappropriée d'insuline (*cf.* chapitre 11 : « Hypoglycémie »). Les progrès de l'imagerie médicale peuvent néanmoins renforcer la conviction de l'existence d'un insulinome dans les cas douteux. L'imagerie aura surtout pour but de guider l'exérèse chirurgicale de la tumeur.

II. EXAMENS RADIOLOGIQUES DISPONIBLES

Certains examens ont été abandonnés car ils s'avéraient trop traumatisants, voire dangereux et imprécis. Il s'agit des examens suivants :

- l'artériographie cœliaque et mésentérique par voie rétrograde fémorale ;
- la portographie par voie transhépatique ou par voie rétrograde jugulaire, permettant un cathétérisme de la veine porte et de ses affluents, avec prélèvements étagés pour dosage des hormones insulaires pancréatiques (insuline, glucagon, somatostatine).

Le scanner abdominal simple est insuffisant et les différentes radiographies abdominales n'ont aucune place dans le diagnostic des insulinomes. L'échographie transabdominale n'a pas une sensibilité suffisante pour dépister les insulinomes mais peut être utile pour mettre en évidence des métastases hépatiques d'insulinomes malins.

Deux examens non invasifs ont bouleversé l'imagerie du pancréas endocrine : l'*échoendoscopie pancréatique transgastrique* et l'*angioscanner pancréatique* hélicoïdal avec injection, pratiqué sur un appareil à haute définition. Ces examens sont sans danger et non traumatisants, ils peuvent renforcer la conviction diagnostique et permettent d'adapter la stratégie chirurgicale. Enfin, l'échographie peropératoire est un complément indispensable lors de l'abord chirurgical du pancréas.

III. ASPECTS METHODOLOGIQUES

A. Échographie par voie transpariétale gastrique ou échoendoscopie

L'échoendoscopie est la méthode de choix pour la localisation des insulinomes. Elle est également utilisée pour le dépistage des lésions pancréatiques chez les patients asymptomatiques porteurs d'une mutation du gène de la NEM (néoplasie endocrinienne multiple) de type 1 (associant hyperparathyroïdie, adénomes hypophysaires et tumeurs pancréatiques).

L'échoendoscopie se fait sous anesthésie générale. Le patient, à jeun et obligatoirement perfusé, est mis en décubitus latéral gauche. L'échoendoscope le plus utilisé donne une image circulaire à rotation mécanique ; les fréquences utilisées sont de 5,7 et 12 MHz. La proximité entre l'échographe et le pancréas, qui se situe derrière la face postérieure de l'estomac, permet une exploration minutieuse de l'ensemble du pancréas, queue, corps et tête, et permet une très haute définition de l'imagerie. L'aspect échographique caractéristique est celui d'une lésion hypoéchogène, bien limitée et arrondie (figure 1.24). Les lésions de la queue du pancréas sont moins souvent visualisées que celles de la tête ou du corps.

Fig. 1.24. Tumeurs endocrines du pancréas.

a – Lésion du corps du pancréas d'aspect bénin (17 × 19 mm). Notez la boucle de l'artère splénique en arrière de la tumeur.

b – Lésion de la partie basse de la tête du pancréas (10 mm) : lésion hypoéchogène.

B. Angioscanner pancréatique hélicoïdal haute définition avec injection de produit de contraste

Le scanner doit être hélicoïdal avec au moins 16 barrettes afin de permettre des coupes qui soient d'une part très fines pour la reconstruction coronale et sagittale, et d'autre part rapides (simultanées) pour la visualisation des temps artériel et portal (en raison de la vascularisation capillaire endocrine particulière au niveau de ces lésions).

Voyons les aspects classiques obtenus par le scanner réalisé avec les quatre temps suivants :

- sans contraste, ou sans injection, observation d'une formation arrondie bien limitée, légèrement moins dense que le parenchyme ;
- avec le temps artériel, observation d'une prise de contraste plus intense que le parenchyme, homogène et sans vaisseau artériel intratumoral (différent du cancer, vascularisation capillaire endocrine) (figure 1.25) ;
- avec le temps portal, observation d'une persistance habituelle d'hyperdensité ;
- avec le temps tardif, observation d'une isodensité par rapport au parenchyme.

La sensibilité de l'angio-IRM est également excellente.

Fig. 1.25. Scanner abdominal supérieur, temps artériel.

a – Visualisation du canal de Wirsung (CW) et de la voie biliaire intrapancréatique (VBP) qui conservent un calibre normal et qui sont situés au voisinage immédiat du nodule.

b – En avant du rein droit, en dedans des structures digestives qui contiennent du liquide, visualisation dans la tête pancréatique d'un nodule moins vascularisé que le parenchyme qui l'entoure (flèche).

c – Coupe pratiquement identique à la précédente. Le nodule (12,1 × 16,8 mm) situé dans la tête du pancréas, moins vascularisé que le parenchyme pancréatique qui l'entoure, est marqué par ses axes de mesure.

C. Scintigraphie aux analogues radiomarqués de la somatostatine (Octréoscan[®])

1. Indications

Les tumeurs endocrines expriment pour la plupart des récepteurs de la somatostatine. Cela permet de réaliser des explorations scintigraphiques utilisant un analogue de la somatostatine marqué à l'indium 111 (scintigraphie Octréoscan[®]).

Il s'agit de l'examen de référence pour le diagnostic, le diagnostic de nature, le bilan d'extension et le suivi des tumeurs endocrines gastro-entéro-pancréatiques (photos 5 et 6, cf. cahier couleur), en complément de l'imagerie conventionnelle. La sensibilité de l'examen est excellente, de l'ordre de 80-90 %, en dehors des insulinomes où elle est moins bonne (50-60 %). La scintigraphie Octréoscan[®] a été proposée pour le diagnostic de localisation des syndromes de Cushing paranéoplasiques où elle peut révéler une tumeur carcinoïde non vue à l'imagerie (figure 1.26) mais les résultats sont globalement décevants.

Fig. 1.26. Syndrome de Cushing paranéoplasique dû à une tumeur carcinoïde bronchique typique.

Scintigraphie Octréoscan[®] positive. Confirmation par imagerie orientée (TDM).

Clichés : D. Taïeb.

2. Technique

Nécessité d'une préparation digestive avant l'examen.

Administration intraveineuse de 110-220 MBq (3-5 mCi) de pentréotide ¹¹¹In (octréotide : 10 microg).

Acquisitions à 4 et 24 h (ou 24 et 48 h), avec réalisation de vues statiques (10 à 15 min), d'une scintigraphie corps entier (balayage 3 cm/min) associée éventuellement à des tomographies.

L'examen peut s'effectuer sous analogues de la somatostatine.

On commence à disposer de caméras hybrides couplant scintigraphie et TDM, appelées caméras SPECT-CT. On réalise des images de fusion qui facilitent la localisation tumorale et améliorent la sensibilité de l'examen (photo 7, cf. cahier couleur).

3. Limites

La positivité de l'examen est conditionnée par la présence de récepteurs de la somatostatine sur la tumeur. De ce fait, les résultats sont moins bons dans les tumeurs dédifférenciées. La sensibilité est, par ailleurs, mauvaise pour les tumeurs mesurant moins de 10-15 mm.

Il faut connaître la possibilité de faux positifs dans les lésions inflammatoires.

L'interprétation de l'examen est parfois difficile, notamment du fait d'une fixation biliaire physiologique.

D. Échographie peropératoire

Des sondes performantes sont actuellement disponibles et font partie de l'équipement de tout bloc opératoire moderne pratiquant la chirurgie endocrinienne. L'imagerie peropératoire peut être utilisée en laparotomie ou en laparoscopie (ou cœlioscopie, cet examen permettant parfois une

visualisation directe de l'adénome à la surface de la glande) (photo 8, *cf.* cahier couleur).

L'échographie peropératoire permet de mettre en évidence des insulinomes à partir de 5 mm dans l'ensemble du pancréas, tête, corps et queue (figure 1.27). Elle complète la palpation quand les insulinomes sont enchâssés dans la glande, sans saillie reconnaissable à la surface de la glande pouvant guider le chirurgien, et elle permet de bien repérer les rapports de l'insulinome avec le canal de Wirsung et avec le bas cholédoque (assurant ainsi leur ménagement lors de l'énucléation de la lésion).

Fig. 1.27. Échographie peropératoire.

- a – Le canal de Wirsung (W) conserve un calibre normal.
- b – Le nodule est marqué par ses axes de mesure.

IV. RESULTATS ET LIMITES DE L’IMAGERIE

Nous avons établi une comparaison des différents types d’imagerie utilisés dans la détection des tumeurs insulaires bêtapancréatiques (tableau 1.II).

Tableau 1.II. Performances de l’imagerie

Examen	Sensibilité (en %)	Valeur prédictive positive (en %)
Échographie transabdominale	9-63	–
Scanner	50-72	–
IRM	60-65	–
Angiographie	36-91	–
Prélèvements veineux portaux avec stimulation calcique intra-artérielle	67-100	–
Échoendoscopie	83-93	92
Scintigraphie à l’octréotide	60	89
Échographie peropératoire	86-100	–

L'échoendoscopie est l'examen de localisation préopératoire le plus performant mais est très opérateur-dépendante. Contrairement à l'échographie, le scanner réalisé avec les quatre temps (sans contraste, artériel, portal et tardif) et avec possibilité de reconstructions dans les autres plans de l'espace est interprétable par un autre opérateur. L'identification préopératoire de l'insulinome demeure difficile du fait de sa petite taille ; ainsi, malgré les progrès de l'imagerie, 10 à 20 % des insulinomes ne sont pas identifiés en préopératoire. La plupart de ces lésions seront identifiées en peropératoire, lors de la palpation soignée du pancréas par un chirurgien entraîné, et grâce à l'échographie peropératoire. Celle-ci fait l'objet d'une courbe d'apprentissage et nécessite donc un chirurgien particulièrement spécialisé.

Imagerie hypophysaire

I. INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS II. TECHNIQUE

III. PIEGES ET VARIANTES ANATOMIQUES IV. RESULTATS

L'IRM est actuellement l'examen de référence pour l'étude morphologique de la région hypothalamo-hypophysaire, après avoir supplanté le scanner hypophysaire et la radiographie de la selle turcique.

I. INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS

A. Indications

L'IRM hypophysaire peut avoir plusieurs indications.

1. À visée diagnostique

Rechercher une pathologie hypophysaire devant un syndrome de masse tumorale (signes d'hypertension intracrânienne avec céphalées, nausées,

vomissements) ou devant une altération du champ visuel, évocatrice d'une atteinte chiasmatique.

Rechercher une pathologie hypothalamo-hypophysaire devant un diabète insipide (lésion de la posthypophyse, craniopharyngiome ?).

2. À visée pronostique

Évaluer le degré d'invasion locale d'une tumeur hypothalamo-hypophysaire (extension aux sinus caverneux, compression chiasmatique, érosion du plancher sellaie).

3. Dans le cadre d'un suivi

Lors du suivi d'une pathologie traitée, rechercher le résidu tumoral après chirurgie, la fonte tumorale sous traitement antisécrétoire.

B. Contre-indications

Les principales contre-indications sont liées au champ magnétique de l'appareil : stimulateurs cardiaques, clips cérébraux ferromagnétiques, éclats métalliques intraoculaires, valves cardiaques (à l'exception de certains modèles plus récents). Ces contre-indications doivent conduire à la pratique d'un scanner cérébral centré sur l'hypophyse avec reconstruction. La contre-indication relative est l'existence d'une claustrophobie sévère. L'injection de produit de contraste doit être évitée au cours du premier trimestre de grossesse.

II. TECHNIQUE

Les différents éléments anatomiques de la région hypothalamo-hypophysaire peuvent être visualisés sur 3 types de coupes, schématisés dans la figure 1.28.

Fig. 1.28. Représentation schématique des coupes coronale, sagittale et axiale en IRM.

Les éléments anatomiques importants de la région hypothalamo-hypophysaire ont été annotés.

A. Coupe coronale

Les images en coupe coronale donnent une indication globale de la région hypophysaire et minimisent les effets de volume partiels, induits par les structures anatomiques adjacentes (figure 1.29).

Fig. 1.29. Coupe sagittale : IRM hypophysaire d'une hypophyse normale.

Séquence T1 après injection de gadolinium.

1. Tige pituitaire.
2. Hypersignal de la posthypophyse (vésicules sécrétoires riches en ADH).
3. Antéhypophyse rehaussée après injection de produit de contraste.

B. Coupe sagittale

Les images en coupe sagittale permettent l'étude des structures de la ligne médiane, en particulier la posthypophyse (figure 1.30).

Fig. 1.30. Coupe coronale : IRM hypophysaire d'une hypophyse normale

Séquence T1 après injection de gadolinium.

1. Chiasma optique.
2. Tige pituitaire.
3. Antéhypophyse (délimitée par des tirets blancs).
4. Sinus sphénoïdal.
5. Sinus caverneux (délimité par des tirets noirs).

C. Coupe axiale

Les images en coupe axiale permettent l'évaluation de la posthypophyse, du degré d'envahissement postérieur (tronc cérébral) et antérieur (chiasma optique) (figure 1.31).

Fig. 1.31. Coupe axiale : IRM hypophysaire d’une hypophyse normale. Séquence T1 après injection de gadolinium.

La posthypophyse, non individualisée sur cette image, est en hypersignal T1, sans injection de gadolinium.

1. Antéhypophyse.
2. Carotide intracaverneuse.
3. Tronc cérébral.

Les séquences pondérées en T1 et en T2 peuvent être couplées à l’injection d’un produit de contraste, le gadolinium. Pour rappel, l’eau est hypo-intense en T1 et hyperintense en T2. Les aspects en séquence T1 et T2 de chaque élément anatomique important de la région hypothalamo-hypophysaire sont présentés dans le tableau 1.III.

Tableau 1.III. Aspects IRM des éléments de la région hypothalamo-hypophysaire
 Modifications d’aspects des adénomes hypophysaires.
 La posthypophyse ne s’évalue qu’en pondération T1 non injectée.

	Signal T1	Signal T2	Contraste
Antéhypophyse saine	Iso	Iso	Très rehaussé
Posthypophyse	Hyper		
Tige pituitaire	Iso	Iso	Rehaussé
Nerfs crâniens	Iso ou hypo	Iso	Non rehaussé
Adénome hypophysaire	Iso ou hypo	Iso ou hyper	Peu rehaussé
Adénome hémorragique	Hyper	Hyper	Rehaussé

Adénome nécrotique	Hypo	Hyper	Non rehaussé
Adénome kystisé	Hypo	Hyper	Non rehaussé

III. PIEGES ET VARIANTES ANATOMIQUES

A. Variantes anatomiques

La principale variante anatomique hypophysaire est liée à sa hauteur maximale (normale entre 8 et 9 mm), variable selon l'âge, le sexe et les conditions physiologiques (grossesse, par exemple) (figure 1.32).

Fig. 1.32. Coupe coronale d'IRM hypophysaire : hypophyse gravidique. Séquence T2.

Variante anatomique : la hauteur maximale de l'hypophyse au cours de la grossesse peut atteindre jusqu'à 12 mm. Ici, elle mesure 10,2 mm dans son plus grand axe, chez cette patiente enceinte.

C.O. : chiasma optique.

La posthypophyse peut être en position ectopique chez le sujet sain, ou dans le cadre de pathologies du développement hypophysaire ; son hypersignal est également absent chez l'adulte sain dans 10 à 20 % des cas.

Une autre variante anatomique concerne le trajet des artères carotides internes (procidence uni ou bilatérale, pouvant faire saillie dans la loge), ce qui peut avoir un impact sur l'indication de la chirurgie.

B. Pièges

Volume partiel : le degré d'épaisseur de la coupe peut faire apparaître dans le même plan deux formations qui ne le sont pas.

1. Artefact de susceptibilité magnétique

La capacité d'aimantation est différente selon les tissus, pouvant donner de fausses images (par exemple, artefact au niveau de l'insertion d'une cloison du sinus sphénoïdal pouvant faire faussement évoquer un microadénome hypophysaire).

2. Incidentalome hypophysaire

Il s'agit d'images de micro ou macroadénomes, visualisées sur une IRM cérébrale réalisée pour un motif non hypophysaire. Elles doivent conduire à effectuer un bilan hormonal à la recherche d'hypo ou d'hypersécrétion, la prise en charge variant en fonction des résultats de ce bilan et du degré d'invasion éventuelle des structures adjacentes (*cf.* chapitre 12 : « Adénome hypophysaire »).

La résolution élevée de l'IRM impose que tout examen d'imagerie soit justifié par un bilan hormonal préalable, sous réserve de traiter des images plutôt que des pathologies.

IV. RESULTATS

A. Adénome hypophysaire

Devant une suspicion d'adénome hypophysaire, il faut systématiquement rechercher des éléments évocateurs du diagnostic, puis préciser les éléments indispensables à la réalisation d'une intervention chirurgicale adaptée (*cf.* chapitre 12 : « Adénome hypophysaire »).

1. Recherche de l'adénome hypophysaire

a. Signal typique en IRM

Classiquement, les adénomes hypophysaires ont un signal iso ou hypo-intense en T1, iso ou hyperintense en T2, légèrement rehaussé après injection de produit de contraste (hypo-intense par rapport au reste de l'hypophyse).

Des signes indirects peuvent également donner des informations sur la localisation de l'adénome : déviation de la tige pituitaire, irrégularité du plancher sellaire.

b. Hauteur des adénomes hypophysaires

Les microadénomes se définissent par une hauteur maximale inférieure à 1 cm (figure 1.33).

À l'opposé, les macroadénomes se définissent par une hauteur supérieure à 1 cm (figure 1.34).

Fig. 1.33. Coupe coronale d'IRM hypophysaire : microadénome.

Séquence T1 après injection
de gadolinium.

La flèche indique le microadénome, responsable d'un défaut de rehaussement dans l'aileron droit de l'antéhypophyse.

Fig. 1.34. Coupe coronale d'IRM hypophysaire : macroadénome.

Séquence T1 après injection de gadolinium.

Volumineux macroadénome hypophysaire (1), à composante kystique (2), effleurant le chiasma optique (3), avec un probable envahissement du sinus caverneux droit (4). L'antéhypophyse saine est refoulée vers la gauche, elle est en hypersignal par rapport au macroadénome (5).

Les prolactinomes sont classiquement plut^{TMt} des microadénomes, sauf chez l'homme (révélation tardive). Les adénomes responsables de la maladie de Cushing sont plut^{TMt} des microadénomes, au contraire de l'acromégalie, où les macroadénomes envahissent souvent le sinus caverneux. En règle générale, pour les adénomes sécrétants, la taille du macroadénome est corrélée à son degré d'activité hormonale (valable en particulier pour les prolactinomes).

c. Modifications d'aspect de l'adénome

Transformation hémorragique :

- signal précoce iso-intense en T1 et T2 ;
- puis signal hyperintense en T1 ;
- visualisation possible d'un niveau horizontal (dép^{TMt} de sédiments) avec signal hypo-intense en T1 et T2 à distance.

C'est l'évolution classique de l'imagerie dans le syndrome de Sheehan.

Nécrose tumorale : signal hypo-intense en T1 et hyperintense en T2.

Kystisation : elle sera visualisable en IRM par une image de consistance liquidienne (hyposignal T1, hypersignal T2, aspect identique à celui du liquide céphalorachidien [LCR, ou LCS, liquide cérébrospinal]) au sein de l'adénome.

Arachnoïdocèle : stade final d'évolution d'une nécrose hémorragique d'un adénome, qui se définit par une selle vide, l'hypophyse saine étant le plus souvent comprimée sur le plancher sellaire.

2. Recherche des complications du macroadénome hypophysaire

En cas de macroadénome compressif, il est souvent possible de visualiser l'hypophyse saine refoulée latéralement en croisant avec un hyposignal T1 relatif de l'hypophyse saine (par rapport à l'adénome), très rehaussé après injection de produit de contraste.

Il est nécessaire d'évaluer l'extension du macroadénome :

- infrasellaire : déformations osseuses du plancher sellaïre, envahissement du sinus sphénoïdal ;
- suprasellaire : compression chiasmatique, compression du troisième ventricule et signes d'hydrocéphalie ;
- latérosellaire : l'invasion du sinus caverneux est souvent difficile à délimiter. Selon les études, elle est considérée comme certaine en cas de recouvrement supérieur à la moitié du sinus caverneux ou d'englobement de plus de la moitié de la carotide.

3. Données nécessaires à l'intervention chirurgicale

Il faut rechercher :

- l'existence d'un collet entre le macroadénome intrasellaire et son expansion suprasellaire ; ce collet peut constituer une non-indication à une chirurgie par voie basse (risque de persistance du résidu suprasellaire) ;
- le degré de pneumatisation du sinus sphénoïdal (voie de passage en cas d'abord transsphénoïdal), qui doit être précisé car il peut constituer une difficulté à ce type de chirurgie ;
- une procidence des artères carotidiennes dans les sinus caverneux qui peut constituer une contre-indication à la chirurgie et faire préférer la poursuite d'un traitement médical antisécrétoire ou une radiothérapie ;
- l'existence d'une arachnoïdocèle, qui ne contre-indique pas la chirurgie sous réserve d'une bonne visualisation de l'adénome sur l'imagerie, mais qui permet d'envisager le risque de fistule peropératoire ou postopératoire, pouvant entraîner un risque infectieux (méningite).

4. *Suivi d'un traitement*

En cas de traitement chirurgical, les remaniements postchirurgicaux rendent difficile une évaluation immédiate du traitement. La première IRM est donc parfois pratiquée 6 mois après l'intervention et permettra de rechercher un résidu éventuel ou une récurrence.

En cas de traitement médical, l'IRM hypophysaire doit être répétée à intervalles réguliers (en particulier, au début de l'instauration du traitement) : ainsi, en présence d'un macroprolactinome effleurant le chiasma, une IRM peut être réalisée 10 jours après l'instauration d'un traitement dopaminergique ; en absence de fonte tumorale, un traitement chirurgical est souvent proposé.

5. *Diagnostic différentiel des adénomes hypophysaires*

a. Craniopharyngiomes

(*Cf. infra.*)

b. Kystes de la poche de Rathke

Résidus embryologiques secondaires à la formation de l'hypophyse, ils peuvent être à l'origine d'une hyperprolactinémie modérée par syndrome de déconnexion de tige. Ils sont situés classiquement dans la loge sellaïre, en position médiane dans une coupe axiale, entre l'anté et la posthypophyse. Du fait de leur consistance mucoïde, leur signal IRM est variable, en général non rehaussé après injection de produit de contraste.

c. Kystes arachnoïdiens

Développés vers l'avant, ils refoulent classiquement l'antéhypophyse vers l'arrière et vers le bas. Ils ont une consistance purement kystique, avec un signal identique en T1 et en T2 à celui du LCR.

d. Méningiomes

Ils ont un développement suprasellaire, mais peuvent refouler l'hypophyse saine contre le plancher sellaïre. Le diagnostic est fait sur un signal plus hyperintense en T2 que l'antéhypophyse, avec une prise de contraste très marquée.

e. Hypophysite

Il s'agit d'une inflammation diffuse de l'hypophyse par des infiltrats lymphocytaires dans un contexte *péri-partum*. L'hypophyse est classiquement augmentée de volume de façon symétrique, avec une forte prise de contraste homogène.

f. Abcès hypophysaires

Le plus souvent secondaires à une sinusite sphénoïdale ou iatrogène après chirurgie, ils sont reconnaissables à leur centre nécrotique, en hypo ou isosignal T1 et iso ou hypersignal T2, entouré d'une coque épaisse prenant fortement le contraste.

B. Craniopharyngiome

C'est une tumeur épithéliale bénigne, développée dans la région sellaïre et suprasellaïre. Classiquement, le craniopharyngiome associe trois contingents (figure 1.35) :

- un contingent tissulaire, de composition hétérogène mixte et charnue, plut^{TMt} iso-intense au signal hypophysaire, rehaussé par l'injection de produit de contraste ;
- un contingent kystique à composante liquidienne (hyposignal T1 identique au LCR) et/ou protéique (hypersignal T1) non rehaussé ;
- des calcifications (hyposignal T1 et T2 en IRM), mieux visualisées par un scanner, en anneau ou nodulaires.

Les trois contingents ne sont pas systématiquement présents, on peut ainsi observer des craniopharyngiomes purement kystiques ou tissulaires. Le rehaussement est le plus souvent mural ou en anneau.

Fig. 1.35. Coupe sagittale d'IRM hypothalamo-hypophysaire : craniopharyngiome.

Séquence T1 après injection de gadolinium.

Masse *supra* et intrasellaire hyperintense avec une expansion vers le haut et l'arrière.

À noter, l'existence de 2 contingents : un contingent hypo-intense liquidien, et un contingent tissulaire prenant le contraste. Les calcifications, non individualisées sur l'IRM, sont mieux visualisables au scanner.

Devant une IRM évocatrice de craniopharyngiome, il faudra préciser :

- le volume de la lésion ;
- le siège de la lésion : intra, *infra* ou suprasellaire ;
- les différents contingents (retentissement lors de l'intervention chirurgicale) ;
- le degré d'extension (chiasma, tige pituitaire, envahissement du troisième ventricule) ; les craniopharyngiomes ont classiquement une extension suprasellaire rétrochiasmatisque, refoulant l'hypophyse saine vers le bas.

Principal piège à éviter : ne pas confondre les calcifications d'un craniopharyngiome avec les calcifications pariétales d'un anévrisme. En cas de doute, une angio-IRM devra être pratiquée.

C. Pathologies de la tige pituitaire et de la posthypophyse

Certaines pathologies inflammatoires systémiques (histiocytose X, sarcoïdose) ont un retentissement sur le système nerveux central, et particulièrement la région hypothalamo-hypophysaire.

Ces pathologies inflammatoires vont se traduire à l'IRM par une disparition de l'hypersignal de la posthypophyse (présence d'un diabète insipide à l'examen clinique), parfois associée à une hypertrophie de la tige pituitaire (en isosignal T1 et T2, rehaussée de façon homogène après contraste) (figure 1.36).

Fig. 1.36. Coupes sagittale (a) et coronale (b) d'IRM hypophysaire : neuro-infundibulite.

Séquence T1 après injection de gadolinium.

Épaississement de la tige pituitaire (flèches). Cet aspect aspécifique peut se rencontrer dans certaines pathologies inflammatoires (sarcoïdose, histiocytose) ou tumorales (germinome, métastase de la tige).

Un autre signe évocateur est la disparition de l'hypersignal spontané de la posthypophyse (séquence T1 non injectée).

La neurosarcoïdose associe également la présence de granules sarcoïdiques pouvant infiltrer le plancher du troisième ventricule, rehaussé de façon hétérogène après contraste.

La tuberculose peut également être à l'origine d'une hypertrophie de la tige pituitaire avec dissémination de tuberculomes prenant le contraste « en anneau ».

Scintigraphie des parathyroïdes dans l'hyperparathyroïdie primaire (*cf.* chapitre 20 : « Hypercalcémie »)

I. INDICATION

II. PROTOCOLES

III. RESULTATS

I. INDICATION

Elle s'adresse aux HPT1 *prouvées biologiquement*, identifiées dans un contexte d'HPT1 sporadique (*cf.* chapitre 20 : « Hypercalcémie »). Le but de l'imagerie est d'identifier une affection uniglandulaire pouvant justifier d'un abord chirurgical mini-invasif, ouvert ou vidéoassisté. Elle permet aussi de rechercher les rares ectopies parathyroïdiennes, et d'éviter ainsi une cervicotomie blanche.

II. PROTOCOLES

A. Traceur

Le sesta-MIBI, marqué au ^{99m}Tc (technétium métastable), est le traceur utilisé pour les parathyroïdes. Il s'agit d'un complexe lipophile formé d'un atome de ^{99m}Tc lié à 6 molécules de méthoxy-isobutyl-isonitrile (MIBI). Ce traceur n'est pas spécifique de la glande parathyroïde, il s'accumule par diffusion passive également dans les thyrocytes.

B. Méthodes

Deux méthodes ont été développées pour éliminer l'image thyroïdienne parasite.

La première méthode, dite de soustraction, consiste à soustraire l'image thyroïdienne grâce à l'utilisation d'un traceur thyroïdien (^{99m}Tc sous forme de pertechnétate ou ^{123}I). En cas d'utilisation de l'iode ^{123}I , l'acquisition en double isotope est réalisée de façon synchrone en utilisant une fenêtre en énergie centrée sur chacun des isotopes (figure 1.37). En revanche, l'utilisation du pertechnétate de technétium comme traceur thyroïdien nécessite une acquisition thyroïdienne asynchrone (car une seule fenêtre est requise) et un recalage d'images.

Fig. 1.37. Soustraction : acquisition en double isotope (^{99m}Tc -sesta-MIBI et ^{123}I).

L'image de soustraction révèle l'adénome parathyroïdien (ici, P3D).

La deuxième méthode, utilisant un seul isotope, dite de double phase, profite de la rétention différentielle du traceur entre la thyroïde et la parathyroïde. Ainsi, l'image parathyroïdienne est encore visible sur les images tardives, alors que celle de la thyroïde disparaît avec le temps. Cette méthode oblige à réaliser des images tardives pour obtenir une disparition complète de la fixation thyroïdienne, souvent jusqu'à 3 h postinjection (figure 1.38).

Fig. 1.38. Double phase : acquisition en simple isotope (^{99m}Tc -sesta-MIBI).

Images dynamiques jusqu'à 10 min, images statiques à T15, T60, T120, T180. Foyer hyperfixant se projetant au pTMle inférieur droit de la thyroïde. Rétention prolongée du traceur, caractéristique d'une lésion parathyroïdienne (ici, adénome P3D, flèche). Notez la disparition progressive de la thyroïde.

Quelle que soit la méthode utilisée, l'examen doit inclure une exploration complète depuis l'angle de la mâchoire jusqu'à la crosse aortique. Les acquisitions obliques, ou mieux tomoscintigraphiques, permettent de préciser le caractère antérieur ou postérieur des glandes hyperfonctionnelles. Cette information permet de distinguer les adénomes développés au niveau des parathyroïdes supérieures (P4), souvent prolabées en arrière de la glande thyroïde (postérieures), des adénomes inférieurs (P3) qui sont plus souvent antérieurs (figure 1.39).

Fig. 1.39. Tomoscintigraphie d'un adénome parathyroïdien.

Image postérieure par rapport à la thyroïde, caractéristique d'un adénome développé à partir de P4D (flèches).

Ces images en trois dimensions sont aussi très utiles dans les ectopies médiastinales (figure 1.40).

Fig. 1.40. Tomoscintigraphies d'ectopies parathyroïdiennes médiastinales.

Ectopies médiastinales antérieures : thyrothymique (a), et juste au-dessus de la crosse de l'aorte (b).

III. RESULTATS

Les glandes non pathologiques, hypofonctionnelles du fait de l'hypercalcémie, ne sont pas visibles. À l'inverse, les lésions hyperfonctionnelles concentrent le sesta-MIBI.

La sensibilité de la scintigraphie est de l'ordre de 80 à 90 % dans les adénomes, quelle que soit la méthode d'acquisition utilisée. Elle dépend de la taille des glandes et de l'activité sécrétoire. La sensibilité est plus faible dans les petits adénomes et pour les valeurs faibles de parathormone. Elle est inférieure à 50 % dans les hyperplasies. Ainsi un examen négatif ne remet pas en cause le diagnostic d'HPT1.

(Cette négativité de la scintigraphie est habituelle dans les NEM)

La spécificité de la scintigraphie est proche de 100 %. Les faux positifs se résument aux nodules thyroïdiens et certaines tumeurs neuro-endocytes thoraciques. Pour les atteintes uniglandulaires, il est légitime de comparer le résultat de la scintigraphie avec une échographie cervicale. Dans les cas difficiles (recherche d'ectopies, récurrences), l'exploration nécessite, en plus de l'échographie, une imagerie cervicomédiastinale par tomodynamométrie ou IRM. L'acquisition simultanée, tomodynamographique et tomodynamométrique, est désormais possible grâce à l'utilisation d'appareils hybrides, facilitant la superposition des images fonctionnelles et morphologiques.

Imagerie par tomographie d'émission de positons (TEP) des tumeurs endocrines

I. CONTEXTE	III. METHODE
II. PRINCIPES DE L'IMAGERIE METABOLIQUE PAR TOMOGRAPHIE D'EMISSION DE POSITONS	IV. INDICATIONS V. PERSPECTIVES

I. CONTEXTE

Les tumeurs développées aux dépens des glandes endocrines sont souvent révélées par des manifestations cliniques, en relation avec une hypersécrétion hormonale. En pareil cas, la tumeur primitive, parfois de petite taille, peut être difficile à localiser par l'imagerie conventionnelle. Inversement, les progrès de l'imagerie conduisent de plus en plus fréquemment à la découverte fortuite de néoformations, en particulier surrenaliennes ou pancréatiques, dont il importe alors de rechercher la nature. L'imagerie fonctionnelle facilite la localisation tumorale, le bilan d'extension et la surveillance. Les techniques scintigraphiques conventionnelles utilisant des isotopes radioactifs émetteurs de rayons gamma monophotoniques détectés à l'aide d'une gamma-caméra ont une capacité de résolution limitée, de l'ordre de 10-15 mm.

On dispose depuis quelques années d'une nouvelle technique d'imagerie fonctionnelle très performante, la tomographie par émission de positons (TEP), qui a modifié de manière importante les stratégies d'exploration en oncologie. Cette technique entre progressivement dans la pratique courante en cancérologie endocrinienne.

II. PRINCIPES DE L'IMAGERIE METABOLIQUE PAR TOMOGRAPHIE D'EMISSION DE POSITONS

La tomographie par émission de positons (TEP) est une technique d'imagerie isotopique utilisant des traceurs marqués avec des radioéléments émetteurs de positons (β^+). Une fois émis, le positon entre en collision avec un électron du cortège, ce qui conduit à une réaction d'annihilation et à la production de deux photons de 511 keV, émis à 180° l'un de l'autre (figure 1.41). Ceux-ci sont détectés par coïncidence, à l'aide d'une caméra TEP possédant des détecteurs en couronne, en utilisant une collimation électronique. Les coïncidences sont converties en images tomographiques par des techniques mathématiques de reconstruction qui sont corrigées pour l'atténuation des tissus et pour la demi-vie physique du traceur, ce qui permet l'obtention d'images en 3D. La résolution spatiale des images TEP obtenues est théoriquement de l'ordre de 3 à 4 mm. En pratique clinique, elle est probablement de l'ordre de 5 à 10 mm. On dispose depuis peu de caméras TEP couplées à un scanner (TEP-TDM ou « PET-SCAN ») qui permettent notamment d'améliorer la précision anatomique grâce à la réalisation d'images de fusion.

Fig. 1.41. Principes de la TEP.

Il est possible de marquer une grande variété de molécules. On peut ainsi substituer à un atome de carbone, d'azote, d'oxygène ou de fluor, les isotopes ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O ou ^{18}F , respectivement, qui sont des isotopes radioactifs émetteurs de positons, produits par un cyclotron. Cette simple substitution n'altère pas les propriétés biochimiques de la molécule marquée. Cela permet d'explorer grâce à la TEP des processus métaboliques tels que la perfusion, le métabolisme glucidique ou les synthèses protéiques. Les inconvénients de la TEP tiennent principalement à son coût, à la nécessité d'utiliser des caméras dédiées et à la courte période physique des traceurs. Cela explique qu'à l'heure actuelle, seul le déoxy-glucose marqué au fluor ^{18}F (^{18}FDG avec une demi-vie de 110 minutes) soit utilisé dans les centres TEP cliniques. Le principe de l'examen est fondé sur l'augmentation de la consommation tissulaire du glucose, induite par la transformation maligne. Une fois capté, le ^{18}FDG est phosphorylé au cours de la première étape de la glycolyse mais ne peut être ensuite métabolisé par cette voie. Phosphorylé, il ne peut quitter la cellule où il s'accumule en fonction de l'activité métabolique du tissu considéré.

III. METHODE

La scintigraphie est réalisée 40 à 60 minutes après administration par intraveineuse de 5 à 6 MBq/kg de ^{18}FDG . Celui-ci s'accumule physiologiquement dans le cerveau et le cœur et son élimination est rénale (figure 1.42). Sa fixation est particulièrement marquée dans les tumeurs malignes et est d'autant plus importante que la tumeur est agressive. La scintigraphie corps entier permet alors la détection des localisations tumorales sans connaissance *a priori* des sites de dissémination. L'accumulation du FDG n'est cependant pas spécifique des tumeurs malignes et peut se rencontrer au cours de tumeurs bénignes et de pathologies inflammatoires, voire de simples contractures musculaires, qui peuvent être sources de faux positifs de l'examen. Il faut également souligner que la fixation cérébrale du traceur ne permet pas son utilisation dans les tumeurs du système nerveux central ou pour la recherche d'éventuelles métastases cérébrales. La captation du ^{18}FDG s'effectue en

compétition avec le glucose par l'intermédiaire des transporteurs du glucose. Cela explique d'une part la nécessité de réaliser l'examen à jeun et d'autre part la mauvaise qualité des images obtenues chez les diabétiques mal équilibrés (glycémie recommandée < 7 mmol/L).

Fig. 1.42. Imageries d'une patiente présentant un cancer thyroïdien différencié métastatique.

a et b – Scintigraphie FDG. Le traceur s'accumule physiologiquement dans le cerveau et le cœur, et il est éliminé par les reins. La scintigraphie objective un foyer tumoral lombosacral correspondant à une localisation secondaire osseuse.

c – La localisation tumorale est confirmée secondairement par l'IRM.

IV. INDICATIONS

En oncologie endocrinienne, les indications concernent principalement la surveillance des cancers thyroïdiens, l'aide au diagnostic de nature des incidentalomes surrenaliens et, à un moindre degré, l'exploration des tumeurs neuroendocrines.

A. Cancers thyroïdiens différenciés

On estime que 20 % des patients présenteront une récurrence au cours de l'évolution, locorégionale dans plus de la moitié des cas, ou à distance dans 5 % des cas. Les récurrences sont le plus souvent suspectées devant une élévation isolée de la thyroglobuline et/ou des anomalies échographiques suggérant une récurrence ganglionnaire ou du lit thyroïdien.

La sensibilité du ^{18}F FDG pour le diagnostic de localisation des récurrences est comprise entre 70 et 90 %, avec une spécificité de 80-90 %. La valeur prédictive positive de l'examen est excellente mais sa valeur prédictive négative médiocre en raison de la possibilité de faux négatifs en cas de micrométastases, en particulier pulmonaires ou cervicales. La TEP doit être réservée aux patients présentant une suspicion de récurrence. Elle modifie alors la décision thérapeutique dans 30 à 40 % des cas. Son utilité est particulièrement démontrée en cas d'élévation de la concentration plasmatique de thyroglobuline et d'absence de fixation des foyers tumoraux à l'iode 131. L'examen peut permettre de mettre en évidence une ou des lésion(s) accessibles à un geste chirurgical potentiellement curatif (figure 1.43) ou de révéler des lésions à risque de complications, notamment neurologiques (métastases vertébrales), confirmées par

l'imagerie orientée et susceptibles de bénéficier d'un traitement préventif (figure 1.42).

Fig. 1.43. Récidive ganglionnaire cervicale objectivée par la scintigraphie ^{18}F FDG (flèche).

Récidive chez un patient dont la scintigraphie à l'iode ^{131}I était négative.

L'imagerie TEP au ^{18}F FDG donne, également, une indication pronostique. La survie des patients métastatiques a été reliée à l'intensité de la fixation des foyers métastatiques et à leur étendue.

B. Incidentalomes thyroïdiens

La TEP- ^{18}F FDG n'est pas un outil de dépistage du cancer thyroïdien. Cependant, dans 2 à 3 % des cas, lors d'un examen TEP-FDG prescrit dans le cadre de la surveillance ou du bilan d'extension d'un cancer, on retrouve une hyperfixation thyroïdienne focalisée. Ces nodules sont malins dans environ la moitié des cas. Ils doivent donc être explorés par cytoponction lorsque le contexte clinique le justifie.

C. Incidentalomes surrenaliens

L'imagerie a pour principal objectif de différencier les lésions bénignes des lésions malignes. Lorsqu'il existe une suspicion de lésion maligne, après une étude tomodensitométrique approfondie (densité spontanée tumorale, *wash out*), éventuellement complétée par l'IRM, la scintigraphie ^{18}F FDG est utile car elle a une excellente valeur prédictive négative. La fixation physiologique des surrenales au ^{18}F FDG est peu intense. La positivité est généralement retenue lorsque la fixation surrenalienne est supérieure à la fixation hépatique (rapport $> 1,45$). La possibilité de fixation TEP d'une lésion bénigne doit, cependant, être connue et prise en compte dans la décision thérapeutique (sensibilité environ de 88 %).

D. Corticosurrénales malins

Ces tumeurs sont très agressives et la TEP-FDG est actuellement considérée comme le meilleur examen pour le bilan d'extension (photo 9, cf. cahier couleur).

E. Phéochromocytomes et paragangliomes

La TEP-FDG a une très bonne sensibilité dans ces tumeurs, comparable à celle de la MIBG dans les formes bénignes, supérieure dans les formes malignes où la TEP-FDG est devenue l'examen de référence pour le bilan d'extension et le suivi thérapeutique (figure 1.44).

Fig. 1.44. Identification d'une tumeur maligne thoracique par scintigraphie au FDG.

a – Tumeur carcinoïde pulmonaire identifiée par la scintigraphie FDG. Cette tumeur peu différenciée ne fixait pas lors de la scintigraphie des récepteurs de la somatostatine.

b – Scintigraphie FDG chez un patient porteur d'un paragangliome. La localisation cervicale (1) n'avait pas été identifiée par la MIBG qui ne montrait que le foyer surrénalien (2).

F. Autres tumeurs endocrines

La place de la TEP-FDG n'est pas clairement définie dans les cancers médullaires de la thyroïde et les tumeurs endocrines gastro-entéro-pancréatiques, où la TEP-FDG s'est montrée décevante. Dans les tumeurs gastro-entéro-pancréatiques sa sensibilité est inférieure à celle de l'Octréoscan[®] en dehors des formes dédifférenciées. La positivité de l'examen pourrait avoir une valeur pronostique défavorable.

V. PERSPECTIVES

Elles reposent sur l'utilisation de nouveaux traceurs plus spécifiques, ciblant par exemple la captation d'un précurseur, la biosynthèse hormonale ou l'expression de récepteurs spécifiques. L'exemple en est la ¹⁸F-dihydroxy-phénylalanine (¹⁸F-DOPA) qui vient d'obtenir une autorisation de mise sur le marché (AMM) pour l'exploration des tumeurs endocrines. Ces tumeurs sont capables de capter la DOPA, puis de la décarboxyler en amines biogènes avant de la stocker dans les vésicules. Des résultats prometteurs ont été obtenus dans les phéochromocytomes et les paragangliomes, dans les cancers médullaires de la thyroïde et les tumeurs endocrines gastro-entéro-pancréatiques (figure 1.45).

Fig. 1.45. Scintigraphies F-DOPA.

a – Multiples foyers de fixation chez un patient porteur d'une tumeur carcinoïde métastatique.

b – Récidive de paragangliome, non visualisée par l'imagerie morphologique et fonctionnelle de référence.

Citons également l'utilisation d'analogues de la somatostatine de haute affinité et marqués avec un radioélément émetteur de positons qui pourrait améliorer les performances de l'imagerie des récepteurs pour la somatostatine, qui repose actuellement sur la scintigraphie Octréoscan[®].