

# Association Nationale des Assistants et

Internes de Médecine Nucléaire

Livret de l'interne

(version 1.0 - 2016/17)

Manuel d'Accompagnement à l'Apprentissage en Médecine Nucléaire

#### MOT DU PRESIDENT:

Chères consœurs, chers confrères,

La médecine nucléaire est une magnifique spécialité avec un avenir très prometteur. Cet avenir dépend en grande partie de notre formation et de notre volonté à développer notre spécialité. Ainsi, notre DES nous permet de nous former à travers l'enseignement complexe de Saclay mais aussi à travers les différents terrains de stages durant lesquels nous est transmis un savoir-faire plus pratique ainsi que d'autres compétences complémentaires et indispensables en imagerie ou en clinique.

Cependant, il est vrai qu'avant notre première incursion dans le monde particulaire de Saclay 1, puis plus clinique de Saclay 2, peu de supports synthétiques sont disponibles pour les néophytes nucléaristes. L'idée a donc germé de réaliser un livre pour vous - jeunes internes – rédigé par les plus vieux d'entre nous afin mettre à votre disposition des bases permettant d'optimiser l'acquisition des connaissances durant vos stages.

C'est avec un grand plaisir que nous vous présentons ici le « livret de l'interne » tant attendus. Notre bureau vous rapporte ici simplement la finalité d'un projet lancé il y maintenant 3 ans par Yassine Al Tabaa, ancien membre du bureau de l'ANAIMEN 2014-2016, sous la présidence d'Erwan Gabiache. Plusieurs internes de cette équipe se sont portés volontaires pour rédiger des fiches synthétiques sur quelques-unes des principales thématiques. Dans ce sens nous souhaitons remercier chaleureusement l'ensemble des rédacteurs pour ce fastidieux et remarquable travail : Dris Kharroubi, Ophélie Bélissant, Anne Ségolène Cottereau, Pierre Blanc, Marie Meyer, Bénédicte Vagne et Yassine Al Tabaa. Je souhaite également remercier Antoine Girard, pour le temps passé à la mise en page et à sa diffusion sur le site de l'ANAIMEN, ainsi que l'ensemble des membres du bureau précédent qui ont initié cette démarche.

Nous espérons donc que ce travail profitera à tous, il sera un support à disposition de l'ensemble de la communauté ainsi qu'aux futurs bureaux pour organiser son actualisation et l'enrichir de nouvelles fiches rédigées potentiellement par certains d'entre vous qui souhaiterai faire partie de l'aventure.

N'oubliez pas en parallèle, la mise à disposition de nombreux posters en ligne sur le site de l'ANAIMEN dans l'onglet « formations », dans laquelle vous pouvez également déposer vos présentations.

Brian Sgard Président de l'ANAIMEN 2016-2018

# SOMMAIRE:

OSTEOARTICULAIRE:	
LE SYNDROME DOULOUREUX REGIONAL COMPLEXE	1
CARDIO-VASCULAIRE:	
PERFUSION MYOCARDIQUE	11
VENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE – MESURE DE FEVG	21
MIBG CARDIQUE	23
VASCULARITES	25
ENDOCRINOLOGIE:	
SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE	29
NODULE THYROÏDIEN	39
SCINTIGRAPHIE PARATHYROÏDIENNE	47
DEDIATRIE	
PEDIATRIE:	
HYPOTHYROÏDIE CONGENITALE	53
BOITERIE DE L'ENFENT	59
HEMATOLOGIE:	
LYMPHOMES	69
NEUROLOGIE:	
DEMENCES	73
EN PLUS : :	
TEP-FDG EN ONCOLOGIE	77
IEP-FDG EN UNCULUGIE	//

Manuel d'Accompagnement à l'Apprentissage en Médecine Nucléaire

**OSTEOARTICULAIRE** 

#### LE SYNDROME DOULOUREUX REGIONAL COMPLEXE

<u>Créé par</u>: - Dris

- Dris KHARROUBI (2016)

#### INTRODUCTION

La recherche de SDRC est une indication courante de scintigraphie osseuse. Le médecin nucléaire doit bien maitriser son interprétation, sa place et son impact dans la prise en charge de cette pathologie. En consultation face au patient, le médecin nucléaire doit également savoir reconnaître la symptomatologie du SDRC et savoir autant que possible répondre à ses questions.

#### **TERMINOLOGIE**

Cette pathologie a porté de multiples noms, mais depuis 1994 l'IASP (The International Association for the Study of Pain) a établi un nom unique, le syndrome douloureux régional complexe (SDRC). Néanmoins si certains cliniciens continuent à utiliser les anciens noms, il est préférable pour une meilleure compréhension de reprendre le terme du clinicien dans le compte rendu de la scintigraphie.

IASP a défini deux types de SDRC :

- Type I : Douleur régionale (de loin la plus fréquente)
- Type II : Douleur limitée à un dermatome (secondaire à la lésion d'un nerf périphérique)

#### **PHYSIOPATHOLOGIE**

Plusieurs hypothèses probablement intriquées :

- Stress oxydatif avec formation de radicaux libres.
- Hyperactivité sympathique par sensibilisation aux catécholamines.
- Inflammation neurogène causée par les neuropeptides.
- Auto-immunité
- Dysfonction des fibres C.
- Neuroplasticité du SNC.

#### **EPIDEMIOLOGIE**

Incidence 26/100 000 personnes-année

Pic 60-70ans, Femme/Homme=3, membre supérieur> membre inférieur.



#### Facteurs déclenchants



#### **Facteurs favorisants**

Traumatisme, immobilisation, grossesse, phénobarbital, ostéoporose, AVC, IDM. La personnalité pathologique est contestée : la douleur chronique et/ou la perte d'emploi/de revenu causée par le SDRC peut amener à un état dépressif.

#### PRESENTATION CLINIQUE

Douleur continue, régionale, disproportionnée en intensité et en durée, à composante neuropathique.

Instabilité vasomotrice (changement de couleur, de température, œdème), sans fièvre.

Troubles sensitifs (allodynie, hyperalgie), moteurs (faiblesse, tremblement, dystonie), sudomoteurs et trophiques.

#### Trois formes cliniques fréquentes :

Forme « chaude »	Forme « froide »	Forms " atrophique "
Forme « chaude »	Forme « Irolae »	Forme « atrophique »
Douleur	Douleur irradiante	La douleur peut
		s'atténuer
		3 attenuer
Aspect inflammatoire :	Cyanose, froideur,	Raideur articulaire,
œdème chaud, sans	œdème froid,	atrophie
fièvre	hypersudation	

#### **DES RESERVES SUR L'EVOLUTION**

L'évolution classique en trois phases n'est pas reconnue, mais l'IASP reconnait une présentation variable et dynamique dans le temps (aller-retour formes chaude et froide possible).

Des cas de SDRC chronique ont été décrits, le SDRC peut ne jamais guérir.

La majorité des patients ont des symptômes persistants 2 ans après le début de la maladie, et 16% des patients ont un SDRC encore évolutif 6 ans après le début de la maladie.



#### **TRAITEMENTS**

Le traitement est à déterminer par le clinicien en accord avec le patient. Le médecin nucléaire ne doit pas s'immiscer dans la prise en charge thérapeutique, mais en réponse aux éventuelles questions du patient il doit l'informer que des soins existent et lui seront proposés. Les traitements sont nombreux et sont à adapter à la présentation clinique du SDRC: anesthésiant (kétamine IV), anticonvulsivant (gabapentine), antioxydant topique (DMSO), corticoïdes, calcitonine, inhibiteur calcique, sympathectomie chirurgicale, neurostimulation cordonale postérieure, kinésithérapie adaptée, thérapie occupationnelle... Ces traitements visent à répondre à la symptomatologie, diminuer la durée de la maladie, maintenir l'activité professionnelle, et éviter des séquelles.

Préventif: analgésie précoce si possible préventive (disparition du SDRC post IDM), vitamine C post fracture, rééducation adaptée à la sensibilité du patient.

# TEST DIAGNOSTIQUE CLINIQUE: CRITERES DE BUDAPEST (Se 85-99%, Sp 68%).

Douleur continue et disproportionnée

ET, à l'interrogatoire, ≥ 1 symptôme dans 3 catégories ET, à l'examen physique, 1 signe clinique dans ≥ 2 catégories

ET, pas d'autre diagnostic pouvant mieux expliquer les symptômes et les signes cliniques présentés par le patient (!! le SDRC n'est pas un diagnostic d'élimination)

#### Les 4 catégories :

- Somatosensorielle
- Vasomotrice
- Sudomotrice/œdème
- Moteur/trophique

#### **EXAMENS PARACLINIQUES DE ROUTINE**

NFS et CRP : absence de syndrome inflammatoire biologique.

Radiographie, signes tardifs : hypertransparence diffuse et hétérogène, d'aspect moucheté en sous chondral sans pincement ni érosion articulaire.

#### **IRM**

Réaction oedémato-inflammatoire de la moelle osseuse et tissus mous adjacents, prédominante en sous chondrale, migratrice (HypoT1 HyperT2 HyperSTIR, et rehaussement au chélate de gadolinium).

Performance respectable en phase chaude, mais sensibilité effondrée quand le tableau clinique est dit « froid ».

Intérêt pour le SDRC de la hanche et notamment chez la femme enceinte.



## **SCINTIGRAPHIE, REALISATION:**

Injection de bisphosphonates technétiés idéalement au membre inférieur si SDRC d'un membre supérieur et inversement, sinon au moins au membre controlatéral (et dans le cas d'une injection à un membre supérieur, privilégier le coude plutôt que la main, même en cas de SDRC affectant l'épaule).

# Classiquement en 3 phases:

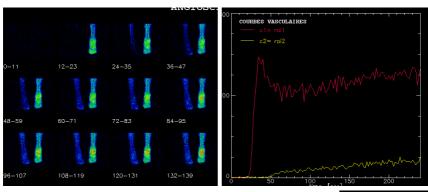
- Phase vasculaire (perfusion), traditionnelle mais inutile.
- Phase tissulaire (perméabilité capillaire), optionnelle.
- Phase osseuse (remodelage osseux), indispensable.

#### Phase vasculaire

Dès l'injection IV du radiopharmaceutique, acquisition dynamique pendant 1 à 3 minutes (1 à 2 secondes par image matrice 64x64 ou 128x128) centrée à hauteur du membre concerné, avec inclusion du membre controlatéral dans la même position, en évitant les superpositions.

Définition de ROI symétriques sur les deux membres à comparer puis établissement des courbes temps-activité.

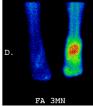
Cette phase ne doit pas être faite si l'injection a eu lieu sur le membre douloureux ou controlatéral.



#### Phase tissulaire

Acquisitions centrées, 3 à 10 minutes après injection du radiopharmaceutique, pendant 3-5 minutes (128x128 ou 256x256).

 Si SDRC de l'épaule, acquisition centrée à hauteur des deux épaules, éventuellement acquisition palmaire associée.





- Si SDRC de l'extrémité distale du membre supérieur, acquisition palmaire.
- Si SDRC de l'extrémité distale du membre inférieur, acquisition centrée à hauteur des deux pieds et chevilles.

#### Phase osseuse

Balayage corps entier 10 à 15 cm/min (1024x256 ou 2048x512).

Si suspicion d'un diagnostic alternatif ou additionnel on réalise après le balayage une acquisition TEMP/TDM pour une précision diagnostique (temps par pas à adapter à l'intensité de la fixation de la cible).

Si pas de diagnostic alternatif ou additionnel sur le balayage, on peut réaliser une TEMP/TDM (la recherche d'une asymétrie du remodelage osseux pouvant être faite sur les images tomographiques) ou des acquisitions centrées (épaules et palmaire si SDRC d'une épaule; palmaire uniquement si SDRC de l'extrémité distale d'un membre supérieur; plantaire si SDRC de l'extrémité distale d'un membre inférieur).

# SCINCTIGRAPHIE: INTERPRETATION ET INTERET DES PHASES VASCULAIRE ET TISSULAIRE

# Interprétation des phases vasculaire et tissulaire

A la phase vasculaire : recherche d'une asymétrie de perfusion, visuelle et sur les courbes activité-temps.

A la phase tissulaire : recherche d'une asymétrie diffuse de perméabilité capillaire.

# Intérêt des phases vasculaire et tissulaire

L'asymétrie aux phases vasculaire et tissulaire doit être diffuse. Elle peut être au profit du membre douloureux quand le SDRC est de forme « chaude », ou au profit du membre controlatéral quand le SDRC est de forme « froide ».

L'absence d'asymétrie aux 2 premières phases a une faible valeur prédictive négative et n'exclut donc pas le SDRC, les phases vasculaire et tissulaire ne sont donc pas déterminantes pour le diagnostic de SDRC. En effet, l'asymétrie de perfusion et/ou de perméabilité capillaire sont les témoins de troubles vasomoteurs qui sont non spécifiques, en forme « chaude » mais aussi en forme « froide » (l'hyposollicitation du membre douloureux peut également donner une asymétrie au détriment du côté atteint). De plus, ces troubles vasomoteurs sont déjà tout à fait identifiables à l'examen clinique.



Néanmoins, la phase tissulaire est utile pour aider à un éventuel diagnostic alternatif ou additionnel par la rechercher d'un foyer hyperhémique. Auquel cas, la TEMP/TDM peut d'emblée être prévue après le balayage en phase osseuse.

#### SCINCTIGRAPHIE, DIAGNOSTIC DE SDRC EN PHASE OSSEUSE :

La phase osseuse est la phase déterminante de l'examen, c'est l'asymétrie régionale du remodelage osseux qui est spécifique du SDRC, et celle-ci n'est pas perceptible à l'examen clinique et seulement tardivement en radiologie.

Critères d'interprétation de Holder :

- Signes majeurs : hyperfixation diffuse régionale et renforcement de cette hyperfixation en péri articulaire.
- Signes d'appoint inconstants :
  - Propagation de l'hyperfixation en dégradé sur la région épiphysométaphysaire, voire diaphysaire.
  - Hyperfixation des articulations des autres segments du membre.

## Acquisition palmaire en phase osseuse

SDRC: Hyperfixation diffuse de l'ensemble de la main et du poignet, renforcée au niveau des petites articulations (carpe. articulations métacarpo-phalangiennes interphalangiennes), associée une propagation de l'hyperfixation en dégradé au radius et ulna.



A noter: cette acquisition palmaire a été faite en décubitus dorsal, les mains et avant-bras posés à plat sur une plaque ou un tablier plombé. L'acquisition palmaire en décubitus dorsal n'est pas à privilégier, mais peut être nécessaire si le ou la patient(e) ne peut pas tenir la position assise (AVC).

Une étude semi-quantitative peut être faite en établissant des ROI symétriques sur les articulations métacarpo-phalangiennes de chaque main, en excluant le premier rayon (souvent sujet à de l'arthrose), mais est moins performante que l'interprétation visuelle.



#### PERFORMANCES DE LA SCINTIGRAPHIE :

La scintigraphie est plus spécifique pour le SDRC que l'examen clinique comprenant le test de Budapest et présente de meilleures valeurs prédictives positive et négative que l'IRM.

La scintigraphie peut apporter un diagnostic alternatif ou additionnel d'une souffrance ostéo-articulaire (TEMP/TDM), et permet d'écarter cette dernière en cas d'examen normal.

Les performances diagnostiques pour le SDRC sont diminuées si la symptomatologie date de plus de 5 mois, si le SDRC est surajouté à une arthrite/capsulite, et si le SDRC est proximal.

# **PIEGES:**

- Suspicion de SDRC de hanche: rechercher une hyperfixation diffuse et homogène de la tête fémorale, sans encoche, avec éventuellement un dégradé trochantérien métaphyso-diaphysaire, une asymétrie de fixation patellaire et des articulations distales en acquisition plantaire, ainsi qu'une douleur continue avec troubles sensitifs. On peut suggérer une IRM pour conforter le diagnostic surtout si le SDRC est de forme « chaude », et à la place de la scintigraphie chez la femme enceinte.
- SDRC vs capsulite rétractile de l'épaule : rechercher une hyperfixation diffuse de la tête humérale avec éventuellement un dégradé métaphyso-diaphysaire, une hyperfixation de la scapula, de la clavicule et des articulations distales en acquisition palmaire, et une douleur continue avec troubles sensitifs.
- Suspicion de SDRC après chirurgie de l'hallux : une hyperfixation des MCP peut être due à une ostéotomie de Weil associée à la correction d'un hallux valgus. Cette ostéotomie est à rechercher à l'anamnèse, sur les radiographies ou par une acquisition TEMP/TDM. S'assurer d'une asymétrie de fixation diffuse du tarse et de la présence d'une douleur continue avec troubles sensitifs avant de conclure en un SDRC.

#### PRONOSTIC ET SUIVI EN SCINTIGRAPHIE:

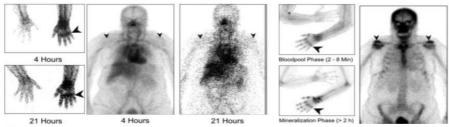
Plus l'asymétrie de fixation au début de la maladie est importante, meilleur est le pronostic. En général on observe une diminution progressive de l'asymétrie de fixation au cours du suivi. Cependant, le rapport de fixation entre le membre affecté et le membre controlatéral à 6-18mois de la fin de la prise en charge ne permet pas de différencier un patient guéri d'un patient encore douloureux.



Néanmoins, la scintigraphie permet de diagnostiquer une récidive ou une nouvelle poussée du SDRC.

#### PERSPECTIVE:

Un radiopharmaceutique semblant plus spécifique du SDRC a été développé, l'anti-TNF $\alpha$  marqué au Tc99m. Cette scintigraphie pourrait permettre d'évaluer plus objectivement les thérapies, et pourrait peut-être jouer un rôle dans le suivi de la maladie.



Scintigraphie aux anti-TNF $\alpha$  à gauche. Scintigraphie osseuse à droite. Accumulation des anti-TNF $\alpha$  au niveau des articulations de l'extrémité distale du membre supérieur gauche. Pas d'accumulation des anti-TNF $\alpha$  au niveau des hyperfixations dégénératives visibles en scintigraphie osseuse (épaules).

#### CONCLUSION

La scintigraphie osseuse est actuellement l'imagerie la plus performante pour le diagnostic d'un SDRC. De plus, elle permet d'apporter un éventuel diagnostic alternatif ou additionnel d'une souffrance ostéo-articulaire et d'écarter cette dernière en cas d'examen normal.



#### **BIBLIOGRAPHIE**

Complex regional pain syndrome: a review. Field et al. J Hand Surg Eur Vol. 2013

Signs and symptoms of reflex sympathetic dystrophy: prospective study of 829 patients. Veldman et al. Lancet. 1993

The incidence of complex regional pain syndrome: A population-based study. Mos et al. Pain. 2007 Outcome of the complex regional pain syndrome. Mos et al. Clin J Pain. 2009

Evidence based guidelines for complex regional pain syndrome type 1. Perez et al. BMC Neurol. 2010

Validation of proposed diagnostic criteria (the "Budapest Criteria") for Complex Regional Pain Syndrome. Harden et al. Pain. 2010

Reflex sympathetic dystrophy in the foot: clinical and scintigraphic criteria. Holder et al. Radiology. 1992

Concordance of qualitative bone scintigraphy results with presence of clinical complex regional pain syndrome 1: meta-analysis of test accuracy studies. Ringer et al. Eur J Pain. 2012

Meta-analysis of imaging techniques for the diagnosis of complex regional pain syndrome type I. Cappello et al. J Hand Surg Am. 2012

Quantitative evaluation of three-phase bone scintigraphy before and after the treatment of post-traumatic reflex sympathetic dystrophy. Zyluk et al. Nucl Med Commun. 1999

The first scintigraphic detection of tumor necrosis factor-alpha in patients with complex regional pain syndrome type 1. Bernateck et al. Anesth Analg. 2010

#### **ANNEXES**

# Signes à l'interrogatoire :

- Somatosensoriel: hypersensibilité (allodynie, hyperalgie).
- Vasomoteur : température asymétrique, changement de couleur de peau ou couleur de peau asymétrique.
- Sudomoteur/œdème : sudation asymétrique, œdème.
- Moteur/trophique : raideur articulaire, dystonie, tremblement, manque de force, changements des phanères.

# Signes physiques:

- Somatosensoriel : hypersensibilité provoquée
- Vasomoteur : température asymétrique, changement de couleur de peau ou couleur de peau asymétrique.
- Sudomoteur/ædème : sudation asymétrique, ædème.
- Moteur/trophique : diminution de la mobilité articulaire, tremblement, dystonie, faiblesse, changements trophiques des phanères





**CARDIO-VASCULAIRE** 

#### **PERFUSION MYOCARDIQUE**

Créé par : - Ophélie BELISSANT

(2016)

#### PRINCIPE DE L'EXAMEN

Injection intraveineuse, après une épreuve de stress et/ou au repos, d'un radiotraceur dont la fixation par le myocarde va dépendre de la viabilité des cellules myocardiques et du débit coronaire. Ceci permet l'évaluation fonctionnelle d'éventuelles lésions coronaires, sans préjuger du rétrécissement anatomique, et la détermination de la viabilité du myocarde avant décision de revascularisation. Le risque de mortalité est lié au retentissement fonctionnel d'une sténose et non à son anatomie : des lésions serrées peuvent ne pas avoir d'impact (ex : collatéralité développée), alors que des sténoses modérées peuvent être responsables d'une ischémie sévère.

#### MATERIEL

#### Les traceurs

# • Le thallium 201 (TI)

Il s'agit d'un isotope radioactif émettant une raie gamma principale à 167keV, d'une demi-vie de 3 jours. Analogue du potassium, il entre dans la cellule myocardique par la pompe Na-K/ATPase. Il existe une sortie/réentrée du Tl de la cellule, c'est le phénomène de *redistribution*. La durée de résidence du Tl dans la cellule avant redistribution est de 15-30 minutes, d'où la *nécessité de réaliser les images précocement après injection*, pour qu'elles soient le reflet du débit coronaire au moment de l'injection. Le rayonnement émis est très sujet à l'atténuation et à la diffusion, d'où une *qualité d'image diminuée*.

#### Les traceurs technétiés

Il s'agit de vecteurs (sestamibi ou tetrofosmine) marqués par le traceur Technétium 99m (Tc) émetteur d'une raie gamma de 141 keV et d'une demi-vie de 6 heures. Leur entrée dans la cellule est passive, et ils sont stockés dans les mitochondries. Il n'existe pas de phénomène de redistribution. Ils permettent une meilleure qualité d'image, surtout pour les patients en surpoids, mais leur taux d'extraction à l'effort est moins bon que celui du Tl, d'où une possible sous-estimation de l'étendue d'une ischémie.



#### Les caméras

#### Les caméras conventionnelles

Caméra d'Anger conventionnelle, parfois additionnée d'un collimateur permettant un centrage sur le cœur et l'augmentation de la sensibilité de détection.

#### Les caméras CZT

Assez récemment arrivées sur le marché, les détecteurs sont constitués de cristaux semi-conducteurs de Cadmium-Zinc-Telluride et sont tous dirigés vers le cœur. Elles sont *plus sensibles* que les caméras conventionnelles, avec *une meilleure résolution spatiale*. Cela permet une meilleure qualité d'image pour des temps d'acquisition ou des doses injectées moindres.

#### **ACQUISITION**

#### Conditions d'acquisition

L'acquisition se fait sur le dos et/ou sur le ventre, en mode tomographique synchronisé à l'ECG, avec découpage du cycle cardiaque en 8. Ceci permet la détermination des volumes (VTS et VTD), de la FEVG et de la cinétique segmentaire et globale du VG.

# Contrôle qualité

Comme pour tout examen, il est indispensable de vérifier la qualité de l'acquisition avant interprétation. Il s'agit principalement de vérifier la *bonne statistique de comptage*, l'absence de mouvement (grâce au sinogramme et au mode ciné), et la *bonne synchronisation à l'ECG*, en particulier en cas d'arythmie.

#### PRESENTATION DES RESULTATS

Les planches scintigraphiques représentent le cœur dans 3 axes : grand axe vertical, allant du septum à la paroi latérale, petit axe, allant de l'apex à la base et grand axe horizontal, allant de la paroi inférieure à la paroi antérieure. Une représentation en « bull's eye », représentant le myocarde comme une surface plane, peut être ajoutée. Elle permet une visualisation rapide du résultat mais ne doit pas être utilisée pour l'interprétation.

#### **DOSIMETRIE**

Avec les doses habituellement injectées pour les acquisitions sur caméra conventionnelle, la dose effective d'une scintigraphie au Thallium se situe autour de 25mSv, contre 9mSv environ pour les traceurs technétiés, ce qui explique



l'utilisation de ces derniers malgré une extraction myocardique plus faible à l'effort.

La diminution des doses injectées pour les acquisitions sur caméra CZT permet d'obtenir des dosimétries plus favorables, de moins de 9mSv, y compris en utilisant le Thallium. Ne pas oublier de donner aux patients une attestation d'injection si voyage (portiques d'aéroports détectant les rayonnements).

# EPREUVE D'EFFORT / STRESS PHARMACOLOGIQUE / EXAMEN AU REPOS Epreuve d'effort

À privilégier dès que possible en accord avec les recommandations de la Société Européenne de Cardiologie. *Une épreuve d'effort bien menée est indispensable pour une bonne scintigraphie myocardique.* 

#### Contre-indication

#### **Absolues**

- o IDM récent (<5j), angor instable,
- troubles du rythme graves non contrôlés,
- o BAV II ou III sans pacemaker,
- RA serré symptomatique,
- o valvulopathie non anticoagulée,
- o anévrysme aortique ou dissection,
- o insuffisance cardiaque non contrôlée,
- o embolie pulmonaire, thrombose
- HTA (>200 / >120mHg), HTAP

#### Réalisation de l'épreuve d'effort

#### Protocoles

L'épreuve d'effort se fait sur vélo (niveau d'effort en watts) ou sur tapis roulant (niveau d'effort en nombre de paliers du protocole, adapté au patient). La surveillance est clinique, électrocardiographique et tensionnelle. Le radiotraceur est injecté au maximum de l'effort ou dès qu'il existe des critères cliniques ou ECG d'arrêt de l'effort. L'effort doit être maintenu une minute pour permettre la fixation du traceur.

#### Relatives

- o sténose valvulaire modérée,
- cardiomyopathie
   hypertrophique et/ou
   obstructive,
- o myocardite, péricardite,
- BBG (préférer test pharmacologique)



#### Fiabilité

Une épreuve d'effort négative est considérée comme fiable si la fréquence cardiaque atteinte est au moins de 85% de la fréquence maximale théorique (FMT) du patient.

#### - Arrêt des traitements

L'arrêt des traitements anti-angineux (dérivés nitrés, inhibiteurs calciques et surtout béta-bloquants) est nécessaire chez des patients venant pour dépistage d'une ischémie. Pour les patients coronariens connus, le traitement est maintenu si le but de l'examen est d'évaluer son efficacité.

#### Données de l'épreuve d'effort

Un certain nombre de paramètres peuvent être extraits de l'épreuve d'effort :

- o la durée et le niveau d'effort atteint, la capacité de faire un effort étant une information en soit.
- l'apparition d'une douleur thoracique et/ou de signes ECG d'ischémie, et pour quel niveau d'effort,
- o l'adaptation de la fréquence cardiaque à l'effort et le profil tensionnel.

# • Critères de gravité

Les critères de gravité de l'épreuve d'effort sont *la positivité pour un faible seuil* d'effort (critère majeur++), un sous décalage du segment ST>2mm, la persistance longue du sous-décalage à l'arrêt de l'effort, l'apparition d'un trouble du rythme ventriculaire ou des ESV fréquentes et bigéminées

# - Surveillance après examen

La surveillance après examen est clinique et électrocardiographique. Il faut s'assurer de la disparition de la douleur à l'arrêt de l'effort, et de la normalisation de l'ECG. En cas d'anomalie ECG persistante (sous décalage ou trouble du rythme), la réalisation d'un ECG à distance de l'épreuve (en pratique après l'acquisition scintigraphique) peut permettre de vérifier cette normalisation.

# Stress pharmacologique

L'utilisation d'un stress pharmacologique doit être réservée aux cas pour lesquels l'épreuve d'effort est impossible, ou non suffisante (FC<85% FMT). Il peut être réalisé seul ou en complément de l'effort (test mixte).



#### Pharmaceutiques utilisés

Les pharmaceutiques utilisés peuvent être l'adénosine, le dipyridamol, et plus récemment le Régadénoson (agoniste sélectif des récepteurs A2A de l'adénosine). Ils permettent une augmentation du flux coronaire par vasodilatation, sans augmentation des besoins en O2.

#### Contre-indication

#### **Absolues**

- Bronchoconstriction (sifflement) en cours, asthme sévère traité, sauf pour le Régadénoson,
- o PAS<90mmHg,
- o angor instable,
- o IDM<2j.

#### Relatives

- antécédent d'asthme ou BPCO, sauf pour le Régadénoson,
- o bradycardie sinusale (<40bpm),
- cardiomyopathie obstructive, rétrécissement aortique, valvulopathie mitrale.

#### Conditions d'examen

Avant injection, le patient ne doit pas avoir pris de boisson ou aliment contenant des bases xanthiques, qui sont des antagonistes de l'adénosine et supprimeraient donc ses effets. En pratique le patient ne doit pas avoir pris de thé/café/chocolat/soda contenant de la caféine/maté/guarana (dont boissons énergisantes++) dans les 12h qui précèdent l'examen. Il est souvent ajouté à cette liste la banane, qui ne contient pourtant pas de bases xanthiques... Les paramètres surveillés sont les mêmes que lors de l'épreuve d'effort.

En cas d'effet indésirable, l'administration de théophylline permet la régression des symptômes.

# - Protocole de repos

Avec le Thallium : acquisition 15 min puis 4h après injection. Avec les traceurs technétiés : injection après 2 bouffées de trinitrine pour vasodilatation optimale, une acquisition.

#### INDICATIONS

# Diagnostic d'ischémie myocardique :

patients symptomatiques et patients asymptomatiques sélectionnés (FDR dont diabète),



 identification des lésions responsables d'une ischémie myocardique avant angioplastie (ATL),

# Evaluation du pronostic d'une cardiopathie ischémique :

- o localisation, évaluation de l'étendue et de l'intensité de l'ischémie,
- o stratification du risque avant chirurgie non cardiaque,

#### Evaluation de l'efficacité des traitements :

- o patients symptomatiques après ATL ou pontage,
- patients asymptomatiques sélectionnés (anomalies ECG) après ATL ou pontage,
- évaluation de l'effet des traitements médicaux et patients asymptomatiques après pontage ou ATL.

# Recherche de viabilité myocardique :

 recherche de viabilité myocardique chez les patients avec dysfonction VG avant revascularisation.

#### **ANATOMIE**

#### **Anatomie coronaire normale**

- Réseau gauche

Le réseau gauche débute par le tronc commun puis se divise en 2 branches :

- IVA: chemine dans le sillon interventriculaire antérieur jusqu'à la pointe et donne deux types de collatérales, septales et diagonales.
- Circonflexe: chemine dans le sillon auriculo-ventriculaire gauche et donne des branches marginales et rétroventriculaires. Une marginale ou une diagonale naissant dans l'angle IVA/Cx, est une bissectrice.

#### Réseau droit

La coronaire droite chemine dans le sillon auriculo-ventriculaire droit, est divisée en 3 segments, et donne 2 branches terminales : interventriculaire postérieure et rétroventriculaire.

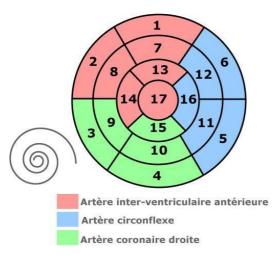
# Segmentation du myocarde

# Segmentation en 17 segments

Internationalement recommandée, elle permet une harmonisation avec les cardiologue et autres imageurs. Il s'agit d'une division concentrique du myocarde permettant de séparer les segments :



Correspondance segments / coronaire
 Bull's eye, segments et correspondance



- Antéro-basal (1)
- Antéro-septo-basal (2)
- Inféro-septo-basal (3)
- Inféro-basal (4)
- Inféro-latéro-basal (5)
- Antéro-latéro-basal (6)
- Antéro-médian (7)
- Antéro-septo-médian (8)
- Inféro-septo-médian (9)
- Inféro-médian (10)
- Inféro-latéro-médian (11)
- Antéro-latéro-médian (12)
- Antéro-apical (13)
- Septo-apical (14)
- Inféro-apical (15)
- Latéro-apical (16)
- Apical (17)

L'étendue de l'hypofixation permet de définir l'étendue de l'ischémie ou de la nécrose :

o 1-2 segments : peu étendu

o 3-4 segments : étendue moyenne

o 5 segments ou plus : étendue

#### **INTERPRETATION - PRINCIPES**

#### Volumes normaux

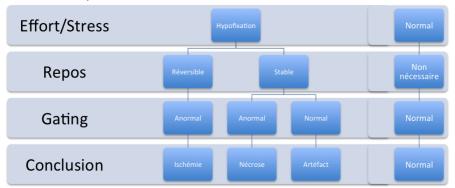
Les normes des volumes ventriculaires et de la fraction d'éjection dépendent de la caméra et des paramètres d'acquisition. Ils doivent donc être déterminés pour chaque caméra. Les valeurs normales *approximatives* sont :

genre	FEVG	VTS (mL)	VTD (mL)
femmes	>50%	42	100
hommes	>45%	65	142



# Scintigraphie myocardique effort/repos

Schéma d'interprétation



Au-delà de la fixation myocardique, il est important de s'attarder sur les paramètres du gating : la scintigraphie étant une imagerie de perfusion relative, il peut exister une perfusion normale ou quasi-normale dans le cas des atteintes tritronculaires équilibrées. Dans ce cas il y aura cependant une diminution de la FEVG (>10 points) et une dilatation ventriculaire à l'effort.

# Scintigraphie myocardique de repos

Thallium: visualisation et quantification de la fixation (viabilité si fixation >50% du maximum de fixation) et phénomène de redistribution (apparition d'une fixation à 4h non présente initialement, qui implique une cellule vivante). Traceurs technétiés: visualisation d'une fixation >50% du maximum de fixation.

# Principaux artéfacts

Les principaux artéfacts sont l'artéfact d'atténuation mammaire (paroi antérieure et l'apex) et l'artéfact d'atténuation diaphragmatique (paroi inférieure), lié au BBG (septum) ou à un PM (apex).



Planche de scintigraphie myocardique normale – caméra CZT

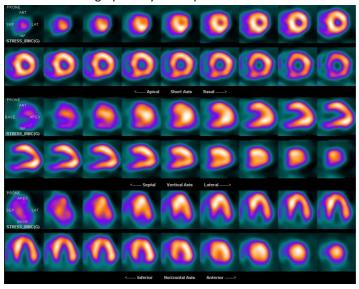
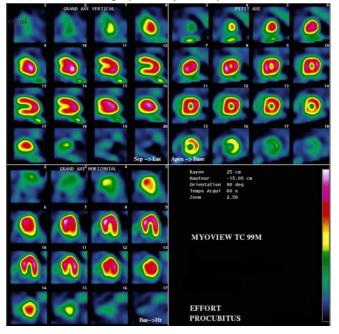


Planche de scintigraphie myocardique normale – caméra conventionnelle







**CARDIO-VASCULAIRE** 

# **VENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE – MESURE DE FEVG**

Créé par : - Ophélie BELISSANT (2016)

#### PRINCIPE DE L'EXAMEN

Marquage, in vivo dans la plupart des cas, des hématies circulantes pour visualisation des cavités cardiaques et détermination de la FE (VG et VD), de leur cinétique et la recherche d'un asynchronisme.

#### **PROTOCOLE**

Injection IVD de 2-3mg de pyrophosphate d'étain (stanneux) : le chlorure stanneux va se fixer sur les hématies. Injection IVD (dans le bras controlatéral) 30 minutes après d'environ 700MBq de technétium 99m libre : l'ion pertechnétate va se fixer sur le chlorure stanneux, et donc marquer indirectement les hématies.

Acquisition 5-10 minutes après injection du technétium, en mode planaire synchronisé à l'ECG, avec découpage du cycle cardiaque en 16 au moins. Une acquisition tomoscintigraphique est possible.

#### **ACQUISITION**

L'acquisition se fait en OAG, avec un angle permettant une bonne visualisation du septum. Cet angle sera noté pour faciliter un suivi ultérieur. L'inclinaison crâniocaudale de 5-10° permet de s'aligner avec le sillon auriculo-ventriculaire. L'ensemble permet de bien séparer le VG des autres structures.

On peut compléter ces incidences par un profil pour visualisation de la cinétique des parois antérieure, inférieure et de l'apex, ou un OAD pour visualiser le VD.

Une bonne synchronisation à l'ECG nécessite un bon ECG! La dérivation servant à la synchronisation est celle dans laquelle l'onde R est positive et d'amplitude ≥ 3 amplitudes de l'onde T.

Il est important d'avoir une bonne statistique de comptage pour la fiabilité de la mesure. En cas d'arythmie, faire varier la fenêtre d'échantillonnage des fréquences (habituellement 10-20%) pour avoir suffisamment de cycles analysables (en pratique moins fiable).

Le mode ciné permet de vérifier la qualité de l'acquisition.

En cas d'activité splénique gênante, utiliser un cache rate plombé.



**DOSIMETRIE**: Dose efficace d'environ 5mSv.

#### **INDICATIONS**

- Mesure de la fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG)
  - o Insuffisance cardiaque : diagnostic, pronostic, surveillance évolutive...
  - Chimiothérapie / thérapies ciblées cardiotoxiques: bilan pré- thérapeutique, surveillance.
- Analyse de la cinétique segmentaire des ventricules en cas d'infarctus du myocarde
- Mesure des délais de contraction : recherche d'asynchronisme

#### **INTERPRETATION – PRINCIPES**

## Morphologie cardiaque

Evaluation visuelle initiale de l'orientation, du volume des cavités cardiaques (normal, légèrement dilaté, moyennement dilaté ou très dilaté), de la cinétique des parois et de la largeur de la silhouette péricardique.

#### **FEVG**

La fonction ventriculaire gauche est évaluée visuellement. Ensuite seulement une ROI contourant le VG peut être tracée manuellement ou de façon automatique, permettant d'obtenir la FE (transformée de Fourier appliquée à chaque pixel d'intérêt, permettent d'obtenir la phase et l'amplitude). Au repos la FE est > 50%.

#### Cinétique segmentaire

Les troubles de la cinétique segmentaire sont caractérisés par :

- Leur localisation : paroi antérieure, latérale, inférieure, septale et apicale,
- Leur sévérité : hypokinésie, akinésie ou dyskinésie.

Les images de phase et d'amplitude peuvent fournir des informations complémentaires sur l'existence d'un décalage chronologique dans la contraction des différentes parois myocardiques (asynchronisme).

**Volumes :** La mesure précise des volumes nécessite la tomoscintigraphie.

**VD**: Les mêmes paramètres peuvent être déterminés pour le VD, mais de façon moins fiable (sauf en tomoscintigraphie).



CARDIO-VASCULAIRE

# **MIBG CARDIQUE**

Créé par :

Ophélie BELISSANT

(2016)

#### PRINCIPE DE L'EXAMEN

Injection intraveineuse au repos de méta-lodoBenzylGuanidine (mIBG) pour étude de l'innervation sympathique cardiaque.

C'est un indicateur pronostique du risque de décès d'origine cardiaque.

#### **TRACEUR**

La mIBG est un analogue de la noradrénaline, marqué ici à l'iode 123 (émetteur d'une raie gamma principale de 159keV, période de 13,2 heures), non métabolisé et non fixé par la post-synapse. Il est donc accumulé dans des vésicules présynaptiques, et sa captation est le reflet de l'innervation sympathique.

#### **PROTOCOLE**

Blocage thyroïdien protecteur par iodure de potassium PO 130mg, 1h avant injection IV lente de 150-300MBg.

Acquisition planaire 15-30 minutes puis 4 heures après injection +/- TEMP.

**DOSIMETRIE**: Dose efficace d'environ 3mSv.

#### **INDICATIONS**

- Patients insuffisants cardiaques en classe II ou III de la NYHA
- FEVG<35%</li>

#### **INTERPRETATION – PRINCIPES**

# Mesure d'un rapport cœur/médiastin (H/M)

La taille des ROI n'est pas standardisée. En pratique on utilise: une ROI carrée ou rectangulaire fine centrée sur le médiastin haut, et une ROI ovale ou ronde centrée sur le cœur. Le rapport est celui des coups moyens par pixel.



Sur les images précoces : Valeur normale 2,3 ± 0,3.

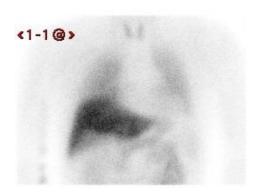
# - Sur les images tardives ++

2,0 ± 0,3	Normal
≥ 1,6	Incidence de décès d'origine cardiaque < 1%, forte VPN
<1,6	Risque élevé de décès d'origine cardiaque, bénéfice à la pose
	d'un DAI pour prévention des évènements rythmiques
<1,2	Déchéance myocardique, pronostic très sombre

## Mesure d'un taux de wash-out

Taux de wash-out = [(H/M précoce – H/M tardif) / (H/M précoce)] x100
Taux normal <27%

Scintigraphie cardiaque au mIBG anormale, acquisition à 4h, rapport  $H/M = 1,4 \rightarrow$ 



# Apport de l'acquisition tomoscintigraphique

# - Mismatch perfusion/innervation

Le risque de mort d'origine cardiaque est lié au risque rythmique en rapport avec des zones de réinnervation hétérogène. Les cardiomyocytes résistant mieux à l'ischémie que les cellules nerveuses, ces zones sont viables mais dénervées, avec fixation normale du traceur de perfusion et hypofixation du mIBG: c'est le mismatch perfusion/innervation. Plus le mismatch est étendu, plus le risque est élevé.

#### Scores de dénervation

La tomoscintigraphie permet de quantifier l'étendue de la dénervation, selon le nombre de segments atteints (/17) et la profondeur de l'hypofixation. Ses scores ont montré un intérêt pronostique.



**CARDIO-VASCULAIRE** 

#### **VASCULARITES**

Créé par : - Anne Ségolène COTTEREAU

(2016)

#### PRINCIPE DE L'EXAMEN

L'examen le plus utilisé pour l'exploration des vascularite est la TEP au FDG.

Des traceurs TEP comme le Gallium 68 et les leucocytes marqués au FDG sont en cours d'exploration.

#### **PROTOCOLE**

Protocole identique à celui d'une TEP oncologique. Acquisition corps entier, ou au moins jusqu'au bas des genoux pour inclure les artères fémorales.

Il est important de s'assurer au préalable de l'absence de prise de corticoïdes ++ (en dehors d'un examen de suivi thérapeutique), ceux-ci étant responsable d'une normalisation rapide de la fixation.

#### **INDICATIONS**

Des travaux sont toujours en cours pour valider ces indications. Celles qui semblent pertinentes sont :

- Diagnostic de vascularite des moyens et gros troncs artériels chez les patients présentant un tableau évocateur, ou une fièvre ou un syndrome inflammatoire au long cours inexpliqué.
- Bilan initial avant traitement.
- Suivi thérapeutique des lésions initialement fixantes avant traitement, en pratique avant diminution du palier de corticothérapie

# Vascularite des moyens et gros troncs artériels

#### Maladie de Horton

Survient généralement chez les patientes de plus de 50 ans.

Touche préférentiellement les branches carotides à visée extra-crânienne et les vertébrales, en pratique de petit calibre, peu visibles en TEP. La forme extracrânienne incluant une atteinte aortique, sous-clavière et iliaque, est plus rare, mieux visible en TEP, mais moins parlante cliniquement.

Le diagnostic peut être fait sur biopsie de l'artère temporale, avec cependant des faux négatifs fréquents.



#### - PPR

Atteinte inflammatoire des ceintures, scapulaire et pelvienne, chez les patients de plus de 50ans, parfois associée à une maladie de Horton.

Hypermétabolisme des processus épineux, hanches, épaules et tubérosités ischiatiques. La recherche d'une atteinte vasculaire associée est importante, conditionnant le pronostic.

# Maladie de Takayasu

Survient généralement chez les patientes de moins de 50 voire 40 ans.

Touche préférentiellement l'aorte et ses branches.

#### INTERPRETATION

L'hypermétabolisme associé aux vascularites est homogène, linéaire et circonférentiel. Il est bien visible sur l'aorte thoracique. Le critère retenu actuellement pour augmenter la spécificité de l'examen est l'intensité de l'hypermétabolisme, supérieure à celle du métabolisme hépatique.

Le diagnostic différentiel principal est la présence de plaques d'athérosclérose, qui peuvent être inflammatoires (à signaler du fait du risque d'accident thrombotique). L'hypermétabolisme associé est généralement hétérogène, avec des fixations focales, suspendu, moins intense et touche préférentiellement l'aorte abdominale. La présence de plaques calcifiées en TDM peut aider au diagnostic différentiel.

	Athérosclérose	Vascularite	
Aspect	fixation focale, hétérogène	fixation diffuse, homogène,	
		circonférentielle	
Extension	suspendue	plusieurs centimètres d'un	
		segment/plusieurs segments	
Intensité	inférieure à la fixation	supérieure à la fixation	
	hépatique	hépatique	
Aorte atteinte	abdominale	thoracique	

Les hypermétabolismes articulaires sont aussi à prendre en compte, et à différencier des atteintes arthrosiques. Leur caractère intense, bilatéral et symétrique, et leur association à des foyers hypermétaboliques des enthèses, permet une orientation, bien qu'imparfaite.

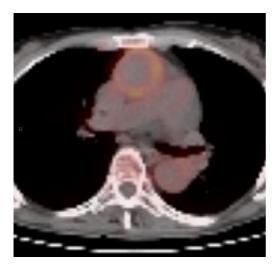


# Maladie de Horton – MIP



Maladie de Horton – coupe axiale







#### **ENDOCRINOLOGIE**

# SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE

<u>Créé par</u>: - Pierre BLANC (2016)

#### INTRODUCTION

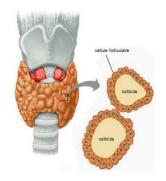
La scintigraphie thyroïdienne est l'examen de référence pour distinguer les grandes variétés cliniques d'hyperthyroïdie (grade A de recommandation du GBU). <u>L'hypothyroïdie n'est pas une indication.</u> Elle apporte des informations fonctionnelles sur d'éventuels nodules avant un traitement par iode 131.

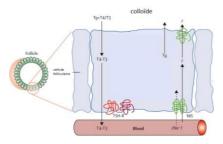
Il est préférable d'interpréter l'imagerie fonctionnelle (= la scintigraphie) sous l'éclairage de l'imagerie morphologique (= l'échographie). C'est pourquoi nous avons ici présenté ces deux modalités en parallèle pour les principales indications.

#### **RAPPELS**

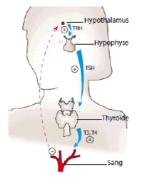
# Synthèse des hormones thyroïdiennes

Les hormones thyroïdiennes (T3 et T4) sont synthétisées dans les cellules folliculaires à partir de la thyroglobuline (précurseur stocké dans la colloïde) et de l'iode apporté par l'alimentation. L'iode pénètre dans la cellule par un co-transporteur  $2Na^+/I^-$  (NIS) (dont la TSH induit l'expression membranaire) puis passe dans la colloïde par un transporteur passif.





La T3 libre est l'hormone active, produite par désiodation de la T4. Un manque de T3 induit une synthèse des hormones thyroïdiennes sous l'influence de la TSH. Un excès d'iode ou de T3 inhibe leur synthèse par rétro-contrôle hypophysaire et hypothalamique





### Les hyperthyroïdies : les principales étiologies

	Physiopathologie	Clinique	Biologie
Maladie de Basedow	<ul> <li>Maladie auto-immune</li> <li>Production accrue d'hormones thyroïdiennes stimulée par des auto-Ac anti- récepteur de la TSH (TRAK)</li> </ul>	<ul> <li>Sd de thyrotoxicose</li> <li>Goitre diffus, non compressif, vasculaire</li> <li>Orbitopathie (exophtalmie, œdème, rétraction palpébrale, asynergie occulo-palpébrale)</li> <li>Autres maladies Al</li> </ul>	<ul> <li>T4 et T3L  </li> <li>T5H effondrée</li> <li>TRAK ++ &amp; autre         Ac anti-         thyroïdiens (anti-         TPO)</li> </ul>
Adénome toxique & GMNH	<ul> <li>Tumorale bénigne :         adénome vésiculaire         sécrétant trop d'H         thyroïdiennes.</li> <li>Femme de 40-60 ans</li> </ul>	<ul> <li>Sd de thyrotoxicose</li> <li>Prédominance de cardiothyréose</li> <li>Palpation du/des nodule(s)</li> </ul>	<ul><li>T4 et T3L </li><li>TSH effondrée</li><li>Ac négatifs</li></ul>
Thyroïdites	<ul> <li>Libération de T3/T4     par cytolyse     secondaire: virus (De     Quervain), Ac     (Hashimoto), médic     φ (phase) de     thyrotoxicose puis φ     d'hypothyroïdie</li> </ul>	<ul> <li>Goitre</li> <li>De Quervain : Sd fébrile pseudo- grippal, douleur cervicale</li> </ul>	<ul> <li>TSH et T3/T4         variable selon φ</li> <li>De Quervain : Ac         négatifs, CRP          thyroglobuline          </li> <li>Hashimoto : Ac         anti-TPO++ et         autre auto-Ac.</li> </ul>
Thyrotoxicose iatrogène	<ul> <li>2<sup>ndaire</sup> à des produits contenant de l'iode :</li> <li>Type 1 : décompensa° d'une thyropathie sous-jacente.</li> <li>Type 2 : effet toxique direct de l'iode (lyse cellulaire)</li> </ul>	<ul> <li>Sd de thyrotoxicose</li> <li>+/- signe de</li> <li>thyropathie sous-</li> <li>jacente (type 1)</li> <li>Surcharge iodée :</li> <li>cordarone, produit</li> <li>de contraste iodé,</li> <li>Bétadine</li> </ul>	- lodurie ⊅ - +/- signe de thyropathie sous- jacente
Thyrot oxicose factice	- Prise cachée d'hormones thyroïdienne.	- Contexte (amaigrissement)	- Sd thyrotoxicose - Ac- / Tg 뇌뇌



### **RADIOPHARMACEUTIQUES**

<sup>99m</sup> Tc (TCO <sub>4</sub> -) <sub>4</sub> -)	<sup>123</sup>
$T_{1/2} = 6h$ , E $\gamma = 140 \text{ keV}$	T <sub>1/2</sub> = 13h, Eγ = 159 keV
Dose IVD : 74 à 111 MBq pour adulte	Dose IVD: 7,4 à 14,8 MBq pour adulte
(enfant : table EANM)	(enfant : table EANM)
Pénètre dans les cellules	Organifié dans le compartiment
thyroïdiennes mais n'est pas organifié	colloïdal
Utilisé en première intention :	Utilisé dans :
• Irradiation négligeable, utilisable à	Hypothyroïdie congénitale
tout âge	Courbe de fixation
• Peu couteux	• Recherche de thyroïde ectopique
Examen rapide après l'injection	(meilleure visualisation, moins de
Disponible facilement	fixation digestive)
	• Doute sur un nodule chaud au <sup>99m</sup> Tc

### PREPARATION DU PATIENT

- o Patient non à jeun
- o Eliminer les contre-indications :  $\beta$ HCG si risque de grossesse ( $2^{\dot{e}^{me}}$  partie du cycle, pas de contraception)
- o Rechercher le risque de saturation iodée :
  - injection de PDC iodé dans les 3 mois
  - o prise de cordarone : peut maquiller une thyroïde plusieurs mois, voire plus d'un an (cf. surcharge iodée)

### o Autres traitements:

- Levothyrox : arrêt 15j avant (mais la scintigraphie est-elle vraiment indiquée ?) : les hormones thyroïdiennes freinent la sécrétion de TSH et l'expression des co-transporteurs 2Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup>.
- Anti-thyroïdiens de synthèse (Neomercazole, PTU,...): arrêt difficile car souvent mal toléré par le patient (la clinique prime sur l'imagerie). On essaye donc de réaliser l'examen le plus tôt possible: avant le début du traitement ou dans les 5-6j avant suivant son instauration.
- o Résultats de l'échographie



### **Acquisition des images**

<sup>99m</sup> Tc (TCO <sub>4</sub> -)	<sup>123</sup>
15-30 min après l'injection	2-4h après l'injection
Collimateur pinhole	Collimateur pinhole
Spectrométrie : 140 keV, Fenêtre : 20%	Spectrométrie : 140 keV, Fenêtre : 20%
Matrice : 256 x 256	Matrice : 256 x 256
<u>1<sup>ère</sup> image</u> : face antérieure	<u>1<sup>ère</sup> image</u> : face antérieure
50 kcps	20 kcps
Statif à 6cm	Statif à 6cm
Repère fourchette sternale (stylo cobalt)	Repéré fourchette sternale (stylo cobalt)
2 <sup>ème</sup> image : face antérieure	<u>2<sup>ème</sup> image</u> : face antérieure
150 kcps	100 kcps
Agrandissement max (le + près possible)	Agrandissement max (le + près possible)
Noter temps d'acquisition	Noter temps d'acquisition

- Patient en décubitus dorsal
- o Cou en extension maintenu par un coussin
- o Thyroïde au centre du champ+++ (attention au volumineux goitre)
- o 1<sup>ère</sup> image à 6 cm : évaluation de la situation de la thyroïde (repère)
- o 2<sup>ème</sup> image : agrandissement maximal (collimateur au plus près du patient)

Scintigraphie thyroïdienne au collimateur pinhole :





### Interprétation des images

- Avant de regarder les images
  - quelle est l'indication?
  - biologie: TSH/T3L/T4, anticorps anti-thyroïdiens (anti-TPO, TRAK), CRP
  - Echographie: nombre et taille des nodules. Compte tenu de la résolution spatiale au collimateur pinhole, on considère que les nodules < 1 cm sont mal visualisés en scintigraphie.

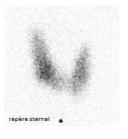


- Analyse des images
  - Position, forme, taille de la glande
  - Temps de fixation : accéléré ou non
  - Répartition du traceur en regard du parenchyme thyroïdien

### ASPECTS SCINTIGRAPHIQUES ET ECHOGRAPHIQUES NORMAUX

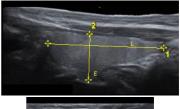
### Scintigraphie thyroïdienne

- Les lobes apparaissent comme 2 ellipses homogènes (la région périisthmique, plus épaisse, apparaît souvent plus contrastée et ne doit pas être confondue avec un nodule)
- Leur bords externes sont droits ou convexes (un bord concave est suspect de lésion)
- L'isthme peut être visualisé ou pas
- chez 30 % des patients, on peut reconnaître un lobe pyramidal
- Temps de fixation (variable selon les pratiques): entre 6 et 10 min environ pour 150 kcps
- Dans les scintigreaphies au <sup>99m</sup>Tc, l'oesophage est parfois visualisé (passage de <sup>99m</sup>Tc dans la salive).



### Echographie thyroïdienne

- Le parenchyme thyroïdien normal apparaît homogènement plus hyperéchogène que le plan des muscles superficiels du cou ("gradient musculoparenchymateux")
- Volume thyroïdien: entre 6 et 20 cm³ ( = L x E x I pour chaque lobe + volume de l'isthme).





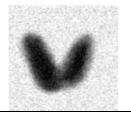


### **ASPECTS PATHOLOGIQUES**

### Maladie de Basedow

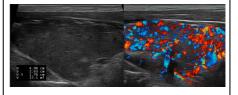
### Scintigraphie thyroïdienne

- captation homogène et diffuse du traceur
- diminution du bruit de fond aspécifique
- temps de fixation accéléré



### Echographie thyroïdienne

- goitre ( = volume >20 cm<sup>3</sup>)
- hypoéchogénicité homogène (perte du gradient muscle-parenchyme)
- fines réticulations
- hypervascularisation ++ au doppler ("thyroid inferrno"), accélération des vitesses circulatoires

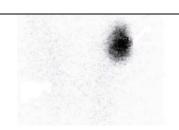


### Nodules thyroïdiens autonome

### Scintigraphie thyroïdienne



Nodule « chaud » (=hyperfixant) sans extinction du parenchyme adjacent



Nodule « chaud » (=hyperfixant) avec extinction du parenchyme adjacent

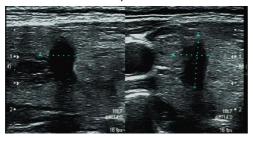
### L'échographie thyroïdienne permet :

- de localiser le nodule.
- d'évaluer sa taille (on considère qu'un nodule doit être >1cm pour être correctement interprétable en scintigraphie)
- de classer le nodule selon le score TI-RADS : ce score permet d'évaluer le risque de malignité du nodule selon son aspect échographique. Les nodules sont classés de TI-RADS 2 (bénin) à TI-RADS 5 (presque toujours malin) selon la présence des signes avec la plus grande valeur prédictive positive

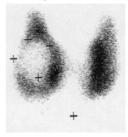


(hypoéchogénicité, forme irrégulière, contours irréguliers, présence de microcalcifications, rigidité en élastographie).

Nodule thyroïdien TIRADS 5



Nodule thyroïdien droit froid



L'intérêt de tout ceci est finalement de savoir :

- dans le cas d'une hyperthyroïdie : de savoir si elle est due à un nodule autonome ou si elle est diffuse
- dans le cas de l'exploration d'un nodule : si il faut ou non cyto-ponctionner à la recherche d'un cancer en sachant qu'on trouve une néoplasie dans 1% des nodules chauds et 10% des nodules froids (Meller & co, Eur J Nucl Med Mol Imaging. août 2002;29 Suppl 2:S425-38. ). Un cancer est donc peu probable en présence d'un nodule hyperfixant et une cyto-ponction semble peu utile.

Remarque 1: indications d'une cyto-ponction thyroïdienne:

- contextes à risque : radiothérapie externe dans l'enfance, antécédent au premier degrés de carcinome papillaire, histoire familiale de CMT ou NEM, adénopathies suspectes
- nodules à risque :
  - o ⊿ du volume de 20% et ⊿ de plus de 2mm sur 2 diamètres
  - Nodule TI-RADS 5 > 7mm
  - Nodule TI-RADS 4A > 10mm
  - Nodule TI-RADS 3 > 20mm
  - Nodule hypermétabolique en TEP-FDG

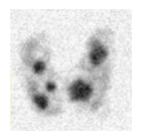
Remarque 2 : 30% des nodules autonomes sont à TSH normale (H.Monpeyssen, DIU d'échographie cervicale et endocrinienne 2015, communication personnelle). Il arrive donc parfois que l'on soit en présence d'un nodule chaud chez des patients en euthyroïdie biologique.



### Goitre multi-hétéro-nodulaire toxiques (GMHNT)

**En Scintigraphie thyroïdienne:** aspect associant nodules chauds et nodules froids

L'échographie thyroïdienne : cartographie les différents nodules (schéma+++) et recherche des nodules à risque (cf. chapitre précédent).



### **Thyroïdites**

### - Thyroïdite sub-aïgue de De Quervain

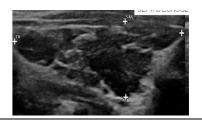
Scintigraphie thyroïdienne	Echographie thyroïdienne
Scintigraphie blanche	Goitre (douleur au passage de la sonde)
	• Parenchyme hétérogène (plages
	hypoéchogènes à contours flous au milieu
	de parenchyme sain)
	Contours bosselés ou festonnés
	Ganglions réactionnels

### - Thyroïdites auto-immune

Scintigraphie thyroïdienne	Echographie thyroïdienne
• Aspect très variable selon la	Volume variable (goitre pour Hashimoto,
phase	atrophie dans les formes chroniques)
• Aspect dit « en damier » du	Parenchyme hypoéchogène et hétérogène
Hashimoto en phase	• Fibrose
d'hyperthyroïdie.	• Contours flous, globuleux, bosselés ou
	festonnés







### • Surcharge iodée (thyrotoxicose de type II) et thyrotoxicose factice

Scintigraphie thyroïdienne	Echographie thyroïdienne
Scintigraphie blanche	Hypoéchogène homogène
	Avasculaire en échodoppler
*	





ENDOCRINOLOGIE
----------------

<u>Créé par</u>: - Dris KHARROUBI (2016) Mise à jour : - Brian SGARD (2017)

#### INTRODUCTION

Le couple échographie-cytologie et sa classification TI-RADS-Bethesda, est devenu le pilier de la caractérisation du nodule thyroïdien. Néanmoins, parmi les très nombreux nodules ponctionnés, très peu se révèlent malins. Face à ce constat, la scintigraphie a toute sa place dans la caractérisation de ces nodules en restreignant la cytologie aux nodules non hyperfonctionnels.

#### **EPIDEMIOLOGIE DES NODULES**

Le nodule thyroïdien est fréquent et sa prévalence augmente avec l'âge (environ 10% à 20ans, 60% à 80ans). 10 à 30% des nodules vont augmenter en taille (en moyenne 1mm/an pour la portion solide), et 15-25% des nodules vont diminuer.

### Nodule hyperfonctionnel

Parmi les nodules palpés, il y a 15% de nodules hyperfonctionnels. La TSH n'est pas appropriée pour dépister ces nodules. 50% des nodules hyperfonctionnels ont une TSH normale, donc la recherche d'un nodule hyperfixant ne doit pas être limitée aux patients en hyperthyroidie.

#### Nodule malin

Environ 5% des nodules thyroïdiens sont des cancers. Sur des séries autopsiques de patients entre 18 et 40 ans, 30% des micro-cancers sont retrouvés → non évolutif ou régression ?

#### LIMITES DE LA PALPATION

La moitié des nodules >20mm ne sont pas palpables et la moitié des nodules « palpés » n'en sont pas. Donc inutile de palper la thyroïde d'un patient en décubitus dorsal sous gamma-caméra.

#### **ECHOGRAPHIE ET LE TI-RADS:**

### **Echographie**

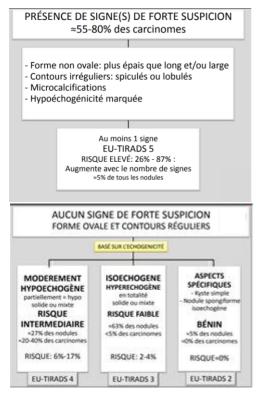
L'échographie comprend le mode B, le doppler, et l'élastographie. Doit être faite par un échographiste expérimenté avec une sonde adaptée (linéaire haute



fréquence). L'échographiste doit décrire le nodule selon la classification TI-RADS et si possible réaliser un schéma de la localisation du ou des nodules.

Aucun signe échographique n'est suffisant à lui seul, c'est pourquoi la classification TI-RADS a été créée. Elle stratifie le risque avec une excellente VPN en associant plusieurs signes non spécifiques.

### Classification EU-TIRADS 2017 (remplace TIRADS 2013).



classification (EU-)TI-RADS La n'intègre pas ľétude de vascularisation en doppler, jugée peu spécifique. Signes de suspicion non retenus dans la classification (EU-)TI-RADS: forme arrondie. orientation non parallèle à la capsule, bombement capsulaire, contours flous. exclusivement solide et volumineux. macro-

calcifications, vascularisation centrale.

Remarque: l'hypervascularisation au Doppler est le seul signe prédictif du caractère hyperfonctionnel du nodule. Il est néanmoins inconstant.

### PERFORMANCE DE L'EU-TI-RADS :

EU-TI-RADS	SIGNIFICA°	MALIGNITE
1	Normal	
2	Bénin	≈ 0%
3	Faible risque	2% à 4%
4	Risque intermédiaire	6% à 17%
5	Risque élevé	26% à 87%

Excellente sensibilité et VPN, mais faible spécificité: Les TI-RADS 3 et 4 représentent 90% des nodules mais moins de 3% d'entre eux sont malins.



### CYTOLOGIE ET BETHESDA

La cytologie est indiquée par le EU-TI-RADS et la taille du nodule. Sont indiqués à la cytoponction :

- Nodules EU-TI-RADS 5 et:
  - . augmentant de taille
  - . juxta-capsulaire (≤ 2mm)
- Nodules EU-TI-RADS 5 > 10mm
- Nodules EU-TI-RADS 4 > 15mm
- Nodules EU-TI-RADS 3 > 20mm

Bethesda 1	non diagnostique
Bethesda 2	bénin
Bethesda 3	lésion folliculaire de
	signification indéterminée/
	atypie de signification
	indéterminée
Bethesda 4	néoplasme folliculaire
Bethesda 5	suspect de malignité
Bethesda 6	malin

### PERFORMANCE DE LA CYTOLOGIE-BETHESDA:

La cytologie n'a pas les performances d'une histologie :

- Forte VPN
- VPP faible (56%)
- 30% d'incertitude diagnostique (Bethesda 1, 3 et 4)

Terminologie	Risque de cancer	Suivi clinique
Non diagnostique	?	Si nodule solide, 2º ponction après un délai de 3 mois Si nodule kystique, corréler avec la clinique et US. Si zones suspectes ré-aspirer sous contrôle US
Bénin	0-3%	Simple contrôle échographique à 6 — 18 mois d'intervalle pendant une période de 3 à 5 ans
Lésion folliculaire de signification indéterminée ou atypies de signification indéterminée (AUS)	5–15%	2 <sup>e</sup> ponction dans un délai approprié (3 à 6 mois) sous contrôle échographique
Néoplasme folliculaire / Néoplasme folliculaire à cellules oncocytaires	15-30%	Contrôle chirurgical (lobectomie)
Suspect de malignité	60–75 %	Contrôle chirurgical (thyroïdectomie totale ou lobectomie)
Malin	97-99 %	Contrôle chirurgical (thyroïdectomie totale) ou traitement médical spécifique <sup>a</sup>

### INDICATION DE LA SCINTIGRAPHIE

Afin de restreindre la cytologie aux nodules thyroïdiens non hyperfonctionnels, deux indications de la scintigraphie :

- Nodule thyroïdien avec TSH basse ou limite basse
- Nodule thyroïdien > 15mm (10mm selon guide de la SFMN 2006), quel que soit la TSH. Ces 2 indications sont issues du « Guide de bon usage des examens d'imagerie », et sont donc les seules recommandations promues par le Code de santé publique (article R. 1333-70).



Recommandation américaine issue du "Revised American Thyroid Association Management Guidelines for Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer": Scintigraphie à l'iode123 pour les nodules classés "néoplasme folliculaire" à la cytologie (Bethesda 4) avant lobectomie ou thyroïdectomie.

#### **SCINTIGRAPHIE A L'IODE123:**

### **Précautions**

Interroger le/la patient(e) avant l'administration du radiopharmaceutique :

- S'assurer de l'absence de grossesse/d'allaitement. (L'administration d'iode 123 doit faire interrompre définitivement l'allaitement)
- Amiodarone les 6 derniers mois ?
- Produit de contraste les 3 derniers mois ?

L'allergie à « l'iode » n'existe pas. Les allergies au produit de contraste iodé, à la Bétadine, aux fruits de mer, ne sont pas des contre-indications à la scintigraphie. Il n'y a pas de risque de surcharge iodée lors d'une scintigraphie. L'apport iodé est de l'ordre du picogramme (vs 100µg/j d'apport alimentaire).

#### Réalisation

Injection IV de 5,5MBq d'iode 123, et uniquement de l'iode 123 pour la caractérisation nodulaire. Acquisition > 60min post injection : pinhole face antérieure ; matrice 512x512 ; 600-900s/70-100kcps ; fenêtre en énergie centrée sur 159 keV +/-10 %.

Si la morphologie thyroïdienne est difficilement identifiable, ajouter une fenêtre en énergie centrée sur 122 keV +/-10% et repérage de la fourchette sternale au cobalt.

Obliques et tomographie à l'appréciation du médecin nucléaire.

### Interprétation

Un renforcement de fixation est fréquent au tiers inférieur des lobes, et correspond souvent à un simple épaississement du parenchyme thyroïdien. En cas de doute faire une tomoscintigraphie, la palpation en décubitus n'apportera pas d'information pertinente.

En raison d'une asymétrie volumique, le lobe thyroïdien droit fixe souvent un peu plus que le gauche. Cette asymétrie peut-être importante, donc ne pas conclure à un nodule toto lobaire droit partiellement extinctif sans connaître l'aspect échographique.



- Nodule hyperfonctionnel = nodule hyperfixant = nodule « chaud ».
- Nodule non hyperfonctionnel = nodule iso ou hypofixant = nodule « froid ».
- Un nodule isofixant est à considérer comme non hyperfonctionnel.

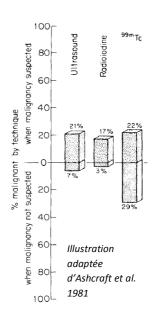
En cas de nodule hyperfonctionnel, décrire la fixation du reste du parenchyme (nodule extinctif, partiellement extinctif ou non extinctif). Cette information fournie une valeur pronostique sur la fonction thyroïdienne après irathérapie.

Remarque: ne pas dire qu'un nodule hypofixant ne fixe pas l'iode. L'hypofixation du nodule thyroïdien est relative, sinon l'irathérapie n'existerait pas pour les cancers thyroïdiens.

### PERFORMANCE DE LA SCINTIGRAPHIE

Le nodule hypofixant ou non hyperfonctionnel (dit « froid ») ne doit pas être décrit comme suspect, car cette caractéristique n'a pas de valeur prédictive (un kyste simple donnera un aspect de nodule « froid »). Ainsi, avec seulement 15% des nodules palpés hyperfonctionnels, la scintigraphie a une incertitude diagnostique de 85%.

L'intérêt de la scintigraphie réside dans l'éventuel diagnostique d'un nodule de caractère hyperfonctionnel ou hyperfixant (dit « chaud ») permettant d'exclure sa malignité (<3% de cancer). Ainsi un nodule hyperfonctionnel, quelle que soit sa taille et sa classification TI-RADS, ne justifie pas de cytoponction.



### lode versus technétium

Le caractère hyperfixant en scintigraphie au technétium n'a pas la même valeur prédictive qu'en scintigraphie à l'iode. Un nodule peut être hyperfixant au technétium et hypofixant à l'iode. Ainsi le caractère hyperfixant en scintigraphie au technétium ne permet pas d'exclure un nodule malin, et donc la scintigraphie perd son intérêt pour la caractérisation d'un nodule.



#### LES RAISONS D'UNE REHABILITATION DE LA SCINTIGRAPHIE

- Part non négligeable de nodules hyperfonctionnels probablement sousestimée en 2015 par la caractérisation échographique de nodules non palpables.
- Pas de cytologie nécessaire en cas de nodule hyperfonctionnel. Risque augmenté d'obtenir une cytologie faussement inquiétante en cas de cytoponction d'un nodule hyperfonctionnel.
- La TSH ne permet pas de faire le diagnostic de nodule hyperfonctionnel.
- La scintigraphie est le Gold standard pour le diagnostic de nodule hyperfonctionnel.
- Amélioration technologique des gamma-caméras permettant de caractériser des nodules de 10mm.
- Prise en charge spécifique des nodules hyperfonctionnels : surveillance échographique et de la TSH (risque d'ostéoporose et de trouble du rythme), prévention de la surcharge iodée, traitement non chirurgical spécifique (alcoolisation, irathérapie...).

## CARACTERISATION DE NODULES AU SEIN D'UN GOITRE MULTIHETERONODULAIRE

Le piège est dans la difficulté à faire correspondre la localisation des nodules décrits en scintigraphie avec ceux décrits en échographie. Un schéma de la glande thyroïde avec la position des nodules et leur classification TI-RADS est souhaitable. Le médecin nucléaire doit décrire non pas les plus gros nodules mais surtout ceux >10mm indiqués à la cytoponction par le TI-RADS. Si nodule hyperfonctionnel, il doit vérifier que celui-ci correspond bien à un nodule décrit en échographie.

Il est important d'avoir une description de la localisation des principaux nodules et de leur taille avant d'interpréter une scintigraphie thyroïdienne pour ne pas mal interpréter l'hyperfixation relative d'une zone de parenchyme sain à côté d'un nodule hypofixant comme un nodule hyperfonctionnel à côté d'une zone de parenchyme éteinte.

#### MIBI-TC99m

La scintigraphie au mibi-technétium a une bonne sensibilité mais sa spécificité, bien que meilleur que celle de l'iode123, reste insuffisante. L'hyperfixation au mibi est un argument en faveur d'un nodule malin mais ne peut être suffisant à lui



seul pour envisager une procédure invasive, de même que l'absence de fixation au mibi ne peut exclure une malignité. Là encore l'hyperfixation doit être marquée, plus importante qu'un simple renforcement de fixation en rapport avec à la taille plus importante du nodule. L'isofixation n'est pas suspecte.

L'hyperfixation au mibi d'un nodule thyroïdien découvert fortuitement lors d'une recherche d'adénome parathyroïdien peut tout à fait correspondre à un adénome parathyroïdien intra thyroïdien et est à confronter à un dosage de la PTH dans le liquide de cytoponction.

### FDG, THALLIUM, GALLIUM67

L'hyperfixation d'un nodule thyroïdien par l'un de ces trois radiopharmaceutiques doit conduire à la réalisation d'une cytoponction, sans recours à la classification TI-RADS. Au contraire l'absence d'hyperfixation ne permet pas d'exclure une malignité. Jusqu'à 30% des nodules hypermétaboliques en TEP-FDG sont malins.

### **PERSPECTIVES:**

### Scintigraphie

La scintigraphie au mibi pourrait se faire une place au côté de la scintigraphie à l'iode 123, en double isotope. Bien qu'ayant une spécificité insuffisante seule, elle pourrait venir renforcer la spécificité de la classification TI-RADS. Néanmoins son rapport coût-efficacité est à établir et pourrait être un obstacle à l'intégration de cet examen dans un schéma décisionnel.

### **Echographie**

L'échographie se popularise parmi les médecins non radiologues. Des sondes d'échographie dédiées thyroïde se connectant aux tablettes numériques et smartphones sont d'ores et déjà commercialisées en France. L'évolution de l'échographie vers l'imagerie volumique 3D a déjà fait naître les premières images de fusion tomoéchographie/tomoscintigraphie. L'amélioration du doppler, avec notamment l'avènement du mode énergie, pourrait amener son intégration dans la classification TI-RADS. Et enfin, l'apport des agents de contraste en échographie commencent à être étudié pour la caractérisation des nodules thyroïdiens.



### CONCLUSION

Les endocrinologues s'approprient l'échographie thyroïdienne et, avec un schéma décisionnel clarifié par le TI-RADS et le Bethesda, donnent le premier et souvent le dernier mot au couple échographie-cytoponction. Néanmoins il est important de rappeler que les nodules hyperfonctionnels existent toujours et avec une TSH normale dans un cas sur deux. La cytoponction de ces nodules augmente le risque de faux positif et peut entrainer un traitement radical chirurgical non justifié, et parfois inesthétique, alors que des prises en charges spécifiques moins invasives sont disponibles.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- Diplôme inter universitaire d'échographie et de techniques ultrasonores, module Endocrinien et cervical 2014-2015.
- Consensus français sur la prise en charge du nodule thyroïdien: ce que le radiologue doit connaître. Tramalloni et al. EMC 2012.
- Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale 2013.
- Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. Cooper et al. Thyroid 2009.
- TSH measurement is not an appropriate screening test for autonomous functioning thyroid nodules: a retrospective study of 368 patients. Chami et al. European Journal of Endocrinology 2014.
- Prospective evaluation of thyroid imaging reporting and data system on 4550 nodules with and without elastography. Russ et al. European Journal of Endocrinology 2013.
- The Bethesda system for reporting thyroid cytopathology: A meta-analysis. Bongiovanni et al. Acta Cytologica 2012.
- Cytopathologie thyroïdienne : Le système de Bethesda 2010. Cochand-Priollet et al. Annales de Pathologie 2012.
- A solitary hyperfunctioning thyroid nodule harboring thyroid carcinoma: review of the literature.
   Mirfakhraee et al. Thyroid research 2013.
- Color flow Doppler sonography for the etiologic diagnosis of hyperthyroidism. Erdoğan et al. Thyroid 2007.
- Occult Papillary Carcinoma of the Thyroid in Children and Young Adults. Franssila et al. Cancer 1986.
- Management of thyroid nodules. II: Scanning techniques, thyroid suppressive therapy, and fine needle aspiration. Ashcraft et al. Head & neck surgery 1981.
- Diagnostic performance of 99mTc-MIBI scan in predicting the malignancy of thyroid nodules: A meta-analysis. Treglia et al. Endocrine 2013.



### **ENDOCRINOLOGIE**

### **SCINTIGRAPHIE PARATHYROÏDIENNE**

<u>Créé par</u>: - Pierre BLANC (2016)

### INTRODUCTION

L'objectif de l'examen est de <u>localiser la ou les</u> parathyroïdes pathologiques avant une chirurgie dans le cadre du bilan d'une hyperparathyroïdie (primaire, secondaire, persistante ou récidivante après une chirurgie). Le diagnostic de l'hyperparathyroïdie est biologique.

L'association de l'échographie cervicale et de la scintigraphie parathyroïdienne est indispensable pour envisager une chirurgie ciblée (ou mini-invasive).

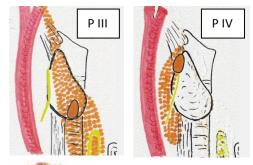
#### **RAPPELS**

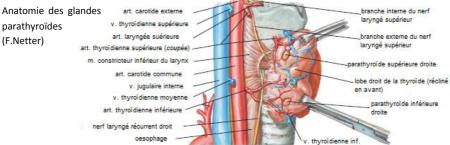
### Anatomies des parathyroïdes

On note 4 glandes parathyroïdes (parfois plus) d'environ 40 mg et 5 mm de diamètre :

- 2 glandes supérieures (PIV) : qui dérivent du 4<sup>ème</sup> arc branchial
- 2 glandes inférieures (PIII) : qui dérivent du 3<sup>ème</sup> arc branchial

Elles sont plaquées à la face postérieure de la glande thyroïde chez 80% des sujets mais parfois plus postérieure (pour les PIV surtout) ou en position ectopique médiastinale (pour les PIII surtout).







### Etiologies de l'hypercalcémie

L'hypercalcémie (= calcémie corrigée >2.6 mmol/l) possède de nombreuses étiologies dont les plus fréquentes sont :

- <u>L'Hyperparathyroïdie</u> (1<sup>aire</sup>, 2<sup>aire</sup>, 3<sup>aire</sup>)
- Les pathologies malignes :
  - Sécrétion inappropriée de PTHrp : K rein/poumon/ORL
  - o Métastases osteolytiques : K sein/rein/thyroïde
  - Sécrétion inappropriée d'IL-6 : myelome, lymphome
- Les causes iatrogènes (Vitamine D, diurétiques thizidiques,...)
- La sarcoïdose et les autres granulomatoses
- → L'hyperparathyroïdie primaire représente 20% des hypercalcémies.

### L'hyperparathyroïdie primaire (HPP)

Hypersécrétion non freinable de PTH qui se traduit par :

- une hypercalcémie, une hypophosphorémie,
- une hypercalciurie, une hyperphosphaturie
- → Le diagnostic d'HPP est biologique : ¬PTH + ¬Ca

On distingue 3 entités anatomiques responsables d'HPP:

- Adénome parathyroïde (80%)
- Hyperplasie diffuse (15%)
- Cancer parathyroïdien (5%)
- → Intérêt de la scintigraphie et de l'échographie : <u>localiser la ou les</u> <u>parathyroïdes pathologiques</u> avant chirurgie

### **RADIOPHARMACEUTIQUES**

Traceurs à tropisme parathyro $\ddot{\text{o}}$ dien et thyro $\ddot{\text{o}}$ dien :

- <sup>99m</sup>Tc –sestamibi :
  - le plus utilisé, s'accumule au sein des mitochondries
  - S'élimine plus rapidement du tissu thyroïdien normal que du tissu parathyroïdien anormal
- <sup>201</sup>Tl-chlorure: traceur historique, moins utilisé
- <sup>99m</sup>Tc-Tetrafosmine : caractéristiques proches du MIBI

Traceurs à tropisme thyroïdien (agent de soustraction) :

- <sup>123</sup>I
- <sup>99m</sup>Tc (TCO<sub>4</sub>)

### Préparation du patient



- Eliminer les contre-indications : grossesse
  - Contraception, période du cycle
  - Au besoin : BHCG
- Garantir la qualité de l'image thyroïdienne
  - Vérifier absence de saturation iodée (TDM injecté, cordarone)
  - Arrêt du Levthyrox depuis 15j si possible

### **Acquisition des images**

- Injection des traceurs :
  - 123I: 7,4 à 12 MBg en IVD, 2h avant la  $1^{ext{erg}}$  acquisition
  - <sup>99m</sup>Tc –sestamibi : 10 MBq/kg (dose usuelle proche de 700MBq) en IVD, 30 minute avant la 1<sup>ère</sup> acquisition
- Patient en décubitus dorsal, tête extension
- Acquisition précoce (30 min) :
  - Collimateur pinhole : face/OAD/OAG + face centré sur le thorax (recherche de parathyroïde ectopique)
  - Spectrométrie : centré sur le pic99m Tc (140 keV) et le pic de123l (159 keV) sans chevauchement des fenêtres
  - Matrice 256 x 256, pré-temps : 300 à 600 s par vues
- Acquisition tardive (1h30): idem acquisitions précoces

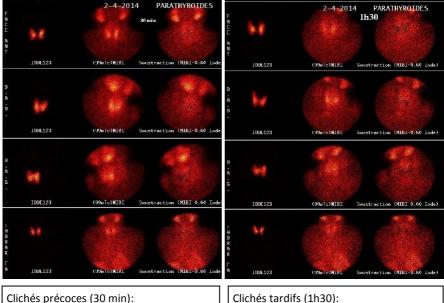
En cas de thyroïde ectopique : on peut remplacer les acquisitions planaires tardives par une acquisition TEMP-TDM centré sur la loge cervicale

## PRINCIPE DE L'EXAMEN – IMAGES NORMALES

### Scintigraphie des parathyroïdes

- Technique double traceur :
  - Couple <sup>99m</sup>Tc –sestamibi/<sup>123</sup>I par exemple
  - Acquisition simultanée des images à l'iode et au MIBI en utilisant des fenêtres en énergie centrées sur chacun des isotopes
  - puis soustraction des images thyroïdiennes
- Technique double phase :
  - Élimination (« washout ») plus rapide du MIBI de la thyroïde que des parathyroïdes
  - Réalisation d'images précoces (30 min) et tardives (1h30)
- → les deux techniques peuvent être combinées





- A gauche : scinti Thyr. à 123 I

- Au centre : scinti Thyr. et Parathyr. MIBI

- A droite: soustraction MIBI - lode

- A gauche : scinti Thyr. à  $^{123}$ I

- Au centre : scinti Thyr. et Parathyr. MIBI

- A droite: soustraction MIBI - lode

Après soustraction du signal de la thyroïde, on ne visualise qu'une accumulation de MIBI au niveau des glandes salivaires (non pathologique). Cet examen n'a pas permis de localiser une parathyroïde pathologique ou une localisation parathyroïdienne ectopique. Il est considéré comme normal.

### Echographie thyroïdienne

Une parathyroïde normale n'est pas visualisable → pas d'échographie (et pas de scinti) en l'absence d'hyperparathyroïdie.

### **ASPECTS PATHOLOGIQUES**



### Adénome parathyroïdien

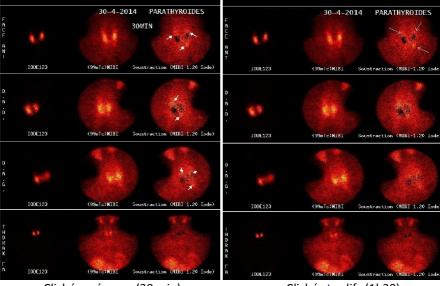


- Ovale, grand axe craniocaudal
- Localisé au contact du bord postérieur du lobe thyroïdien
- Séparé de la thyroïde par une interface brillante
- Même apsect pour les hyperplasies ou l'exceptionnel carcinome

Précoces: Après soustraction, une parathyroïde inf droite pathologique.

(99m/c)MIBI Soustraction (MIBI-1.00 Lode

### Hyperplasie des parathyroïdes



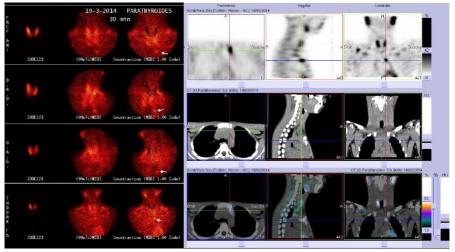
Clichés précoces (30 min)

Clichés tardifs (1h30)



Après soustraction, on met en évidence une accumulation de MIBI compatible avec des parathyroïdes pathologiques en regard des loges parathyroïdiennes supérieures droite et gauche ainsi qu'en regard de la loge parathyroïdienne inférieure gauche.

### Parathyroïde ectopique



<u>Planaires statiques précoces</u>:

Accumulation de MIBI bas
située par rapport à la
thyroïde (flèche blanche).

<u>Clichés TEMP/TDM tardifs</u>: accumulation de MIBI en position médiastinale antérieure compatible avec une parathyroïde pathologique ectopique.

En échographie, les parathyroïdes ectopiques sont souvent plus difficile à visualiser.



**PEDIATRIE** 

### HYPOTHYROÏDIE CONGENITALE

<u>Créé par</u>: - Marie MEYER (2016)

### INTRODUCTION

- Concerne 1/3000 naissances, F>H
- Dépistage systématique depuis 1979 via le test de GUTHRIE au 3ème jour de vie (Hypothyroïdie congénitale, Mucoviscidose, Phénylcétonurie, Drépanocytose, Hyperplasie congénitale des surrénales)
- 85% forme sporadique, 15% forme héréditaire
- Sévérité variable et fonction de l'étiologie
- URGENCE THERAPEUTIQUE: Débuter le traitement par opothérapie substitutive (LT4) le plus rapidement possible afin d'éviter les séquelles neurologiques (dans les 3 premières semaines de vie)
- !! La réalisation de la scintigraphie ne doit jamais retarder la mise ne place du traitement.

### **ETIOLOGIES**

### Dysgénésies thyroïdiennes (85%)

- Ectopie thyroïdienne (75%)
- Agénésie thyroïdienne (20%)
- Hypoplasie thyroïdienne (5%)

### Dyshormonogénèse (15%)

#### **OBJECTIFS DE LA SCINTIGRAPHIE**

### Identifier la cause de l'hypothyroïdie

Elle ne change pas le traitement dans l'immédiat mais :

- Elle permet d'identifier les enfants à risque (athyréose, trouble profond de l'organification)
- Elle peut amener à une enquête familiale (trouble de l'organification : syndrome de Pendred)



### **DELAI DE REALISATION DE LA SCINTIGRAPHIE**

### La fixation d'iode dépend du taux de TSH

- · Celui-ci est élevé au moment du diagnostic
- Puis descend rapidement après mis en route du traitement

### La scintigraphie est réalisée si possible :

- Dans les 8 jours après mise en route du traitement si on utilise de l'1123
- Dans les 3-4 jours si on utilise du Tc99m

# Importance des résultats de l'échographie et du bilan biologique thyroïdien pour l'interprétation

### **ACQUISITIONS**

- lode 123 :
  - o 1.2 à 2 MBq chez le NN
  - Enfant : posologie adulte pondérée par un facteur fonction du poids : 0.27 (10kg), 0.46 (20kg), 0.63 (30 kg), 0.76 (40 kg), 0.88 (50 kg)
- Délai post injection : 1h minimum, puis selon résultats (jusqu'à 24 voire 36h)
- Durée d'acquisition : max 900 secondes (100 kcps)
- Collimateur plan haute résolution, matrice 128x128
- Clichés incluant la tête et le tronc : ECTOPIES+++
- Repérage anatomique de la fourchette sternale, menton, angle mandibulaire :
   ECTOPIES +++

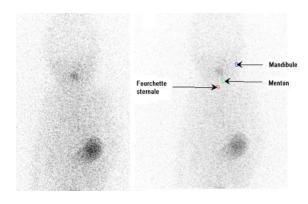
### INTERPRETATION



### Scintigraphie normale:

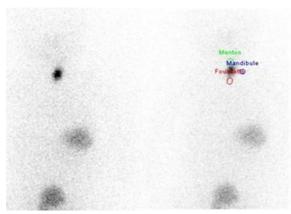
- Glande thyroïde en région cervicale médiane
- Les 2 lobes sont symétriques
- Activité gastrique et urinaire visible





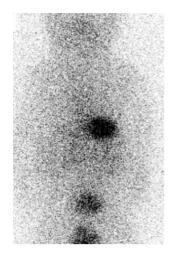
### Ectopie thyroïdienne:

- Loge thyroïdienne vide
- Localisation en base de langue +++



### Hypoplasie thyroïdienne:

- Thyroïde en place dans la loge thyroïdienne
- Anomalies morpho : unilobée +++, asymétrie des lobes thyroïdiens



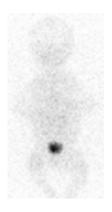
### Agénésie thyroïdienne:

- La loge thyroïdienne est libre



### !! Eliminer :

Un problème d'injection (petit volume ++) surtout si la vessie n'est pas visualisée. Scintigraphie faite trop tard après le début du traitement : scintigraphie blanche



### Dans de rares cas

- La thyroïde est dans la loge thyroïdienne (confirmé par échographie) mais il n'y a aucune fixation
- Mutations du récepteur à la TSH, absence du symporteur de l'iode NIS (estomac non visible)

### Dyshormonogénèse

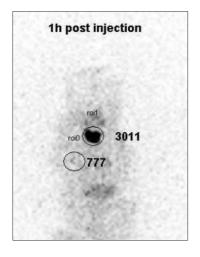
- En l'absence de dysgénésie thyroïdienne seulement
- Réalisation immédiate d'un test au perchlorate à la recherche d'un trouble de l'organification de l'iode
- Après la première image, Perchlorate de sodium Per Os (IRENAT®)
  - O NN à terme : 15mg/kg mini 60mg
  - Enfant : normalisation de la dose à la surface corporelle : 40 (mg) x [surface corporelle/0.2]
- Deuxième acquisition 1h au moins après le perchlorate, avec une <u>distance</u> enfant-collimateur identique.

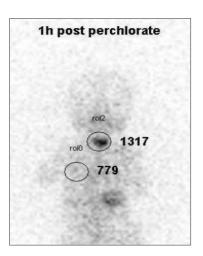
### Interprétation du test au perchlorate

- Quantification sur la loge thyroïdienne, sur les 2 images (avant et après perchlorate), avec soustraction du bruit de fond
- Calcul du % de variation : Evaluation de la chute de l'intensité de fixation de la thyroïde après prise de perchlorate
  - Test au perchlorate positif = trouble de l'organification de l'iode
  - Trouble de l'organification partiel si > 10-15%
  - Trouble complet de l'organification si > 85-90%
- Le test n'a de sens qu'avec de l'iode (car le technétium n'est pas organifié)!



### Exemple de test au perchlorate positif





Variation de l'activité thyroïdienne : (538-2234)/2234 = -76%

### Si l'enfant est impiquable :

- Possibilité d'administration de l'iode 123 per os
- Mais attention, activité gastrique obligatoire : Impossibilité du diagnostic de mutation du récepteur à la TSH





PEDIATRIE BOITERIE DE L'ENFANT
--------------------------------

<u>Créé par</u>: - Bénédicte VAGNE (2016)

### INTRODUCTION

La boiterie est un motif fréquent de consultation en milieu pédiatrique. Ses causes sont multiples : ostéoarticulaire, neurologique, tumorale, etc. Les enfants que nous voyons pour la réalisation d'une scintigraphie osseuse sont ceux chez lesquels une origine ostéo-articulaire est suspectée et pour lesquels les radiographies standards sont normales. La scintigraphie osseuse devient une urgence en cas de fièvre ou de syndrome infectieux biologique (suspicion d'infection ostéo-articulaire) ou en cas d'altération de l'état général (suspicion de processus malin). Méconnaître les urgences que sont les infections, et méconnaître une affection maligne sont en effet les hantises du clinicien.

#### **REALISATION DE LA SCINTIGRAPHIE OSSEUSE:**

- Les méthodes de contention simples sont généralement suffisantes sans qu'une sédation soit nécessaire.
- Acquisitions statiques au temps précoce (centrées sur les membres inférieurs et/ou le bassin et/ou le rachis lombaire selon la clinique) et au temps tardif (corps entier).
- Un collimateur haute résolution doit être utilisé avec une matrice 256x256 voire 512 x512 quand c'est possible. Quand une atteinte des hanches est suspectée, l'utilisation du collimateur pinhole s'avère nécessaire pour obtenir une image agrandie avec haute résolution.
- Il faut veiller à ce que l'enfant soit le plus à plat possible pour éviter les asymétries de fixation des membres artéfactuelles.
- La tomographie peut également être utile, notamment dans l'exploration du rachis. Elle n'est pas systématiquement couplée au scanner pour des raisons de radioprotection.

### DIAGNOSTICS A EVOQUER EN FONCTION DE L'ÂGE DE L'ENFANT

### Chez l'enfant de moins de 3 ans

- Une cause mécanique : chaussures inadaptées, corps étranger plantaire, etc.
- Un traumatisme avec fracture sans déplacement



- Une infection ostéoarticulaire debutante
- Une atteinte neurologique ou neuromusculaire

### Chez l'enfant de 3 à 10 ans

- Une infection ostéo-articulaire débutante
- Une synovite aiguë transitoire ou rhume de hanche
- L'ostéochondrite primitive de hanche ou maladie de Legg-Perthes-Calvé

### Chez l'enfant de 10 ans et plus

- L'épiphysiolyse de hanche
- L'ostéochondrite disséguante
- L'ostéome ostéoïde
- L'apophysite

### A tout âge

- Les tumeurs osseuses
- Les hémopathies malignes et les tumeurs solides, en particulier le neuroblastome chez le jeune enfant, le sarcome d'Ewing avant 10 ans et l'ostéosarcome chez l'adolescent.

#### ASPECT NORMAL DE LA SCINTIGRAPHIE OSSEUSE CHEZ L'ENFANT

Il existe un aspect hyperfixant physiologique des cartilages de croissance.

Piège diagnostique : les synchondroses ischiopublennes peuvent être hyperfixantes, et ce, de façon symétrique ou asymétrique.

#### INTERPRETATION DE LA SCINTIGRAPHIE OSSEUSE CHEZ L'ENFANT BOITANT

### L'ostéomyélite aiguë

L'ostéomyélite aiguë est due à un germe (le plus souvent un staphylocoque doré) qui atteint l'os par voie hématogène, et qui peut toucher l'enfant à n'importe quel âge mais de façon préférentielle avant 5 ans. Elle touche plus souvent le garçon que la fille (sex-ratio: 3/1). Elle siège préférentiellement au niveau des métaphyses les plus fertiles des os longs («proche du genou et loin du coude»). Dans les cas typiques, l'enfant se plaint de douleurs pseudo-fracturaires à début

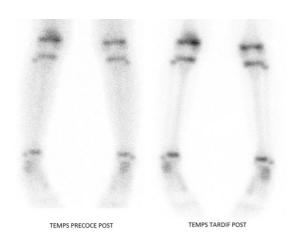
Dans les cas typiques, l'enfant se plaint de douleurs pseudo-fracturaires à début brutal, métaphysaires, circonférentielles à l'extrémité d'un os long associée à une impotence fonctionnelle.



L'atteinte du pelvis est également fréquente, notamment au niveau des articulations sacro-iliaques, de la symphyse pubienne, des synchondroses ischiopubiennes ou des cartilages en Y.

Généralement, il existe un syndrome infectieux clinique et biologique, mais leur absence n'élimine pas le diagnostic. Des signes inflammatoires locaux peuvent être présents.

Aspect scintigraphique typique : hyperhémie centrée sur la métaphyse au temps précoce puis hyperfixation métaphysaire s'étendant en « flammèche » vers la diaphyse au temps tardif. Les localisations multifocales sont rares.



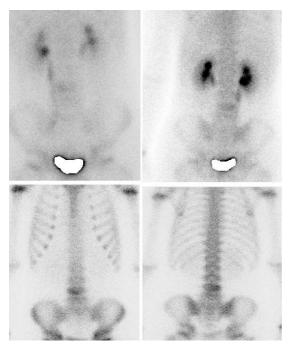
Fille de 7 ans avec fièvre et douleur du genou gauche. Hyperhémie et hyperfixation de la métaphyse distale du fémur gauche prédominant au compartiment interne. Examen en faveur d'une ostéomyélite de la métaphyse fémorale distale gauche. NB 4j d'antibiothérapie avant la scintigraphie.

### Les infections vertébrales

Elles comprennent les spondylodiscites, les discites, les ostéomyélites vertébrales et les abcès périduraux. Les discites touchent le plus souvent les enfants âgés de 6 mois à 4 ans. Elles touchent le plus souvent le rachis lombaire et peuvent se manifester cliniquement par une boiterie.

- Au temps précoce on cherchera une hyperhémie localisée au niveau du rachis.
- Au temps tardif, la discite se manifeste par une hyperfixation des plateaux vertébraux adjacents au disque concerné s'étendant aux corps vertébraux. L'aspect scintigraphique de l'ostéomyélite vertébrale est proche de celui de la discite, bien que classiquement une seule vertèbre apparaisse hyperfixante. La tomographie est particulièrement utile. L'examen scintigraphique doit être complété par une IRM du rachis pour éliminer un abcès péridural.





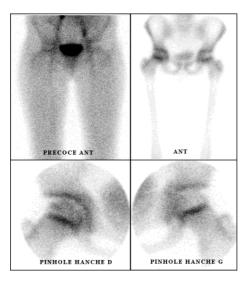
Patiente de 7 ans présentant une douleur insomniante lombaire depuis 1 semaine. Hyperhémie précoce de L4 et hyperfixation du corps vertébral de L4 latéralisée à droite au temps osseux. Hyperfixation du plateau vertébral supérieur de L5. Examen en faveur d'une spondylodiscite L4-L5.

### L'arthrite septique et la synovite aiguë transitoire

L'arthrite septique touche généralement les nouveau-nés et les enfants âgés de moins de 3 ans. La voie de propagation des micro-organismes jusqu'à l'articulation est soit hématogène, soit par contiguïté à partir d'un foyer d'ostéomyélite (ostéo-arthrite) soit directe à partir d'une plaie perforante. La synovite aiguë transitoire concerne généralement les enfants entre 5 et 10 ans. Ces deux pathologies touchent le plus souvent la hanche ou le genou.

- Dans le rhume de hanche, la scintigraphie osseuse est normale dans un nombre important de cas ; mais elle pourra mettre en évidence une hyperfixation périarticulaire modérée ou un écartement des surfaces articulaires. En cas d'atteinte coxo-fémorale, l'épiphyse fémorale peut apparaître hypofixante du fait de troubles vasculaires secondaires à l'importance de l'épanchement.
- L'hyperfixation est souvent plus importante en cas d'arthrite, avec parfois extension de l'hyperhémie précoce et de l'hyperfixation aux pièces osseuses contiguës.





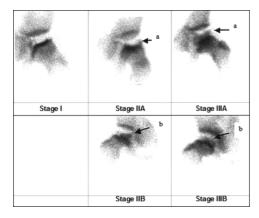
Garçon de 10 ans, suivi pour une maladie de Crohn, présentant une douleur de la hanche droite intermittente évoluant depuis 11 mois.

Hyperhémie et hyperfixation de l'articulation coxo-fémorale droite évoquant en première hypothèse une arthrite de la hanche droite, probablement inflammatoire dans le contexte de cette maladie.

### · L'ostéochondrite primitive

Il s'agit d'une nécrose idiopathique de l'épiphyse fémorale. Elle survient le plus souvent entre 5 et 8 ans. Elle est bilatérale dans 10% des cas. Les radiographies mettent en évidence une sclérose ou une fragmentation du noyau épiphysaire. Mais ces signes radiographiques sont tardifs.

- 1<sup>er</sup> signe scintigraphique : l'absence ou à la diminution de fixation du noyau épiphysaire. Précède de 4 à 6 semaines les 1<sup>ères</sup> manifestations radiologiques.
- Phase de reconstruction : hyperfixation en flammèche externe est visualisée. L'utilisation du collimateur pinhole sur les hanches est vivement recommandée.



Classification de Conway (Comte):

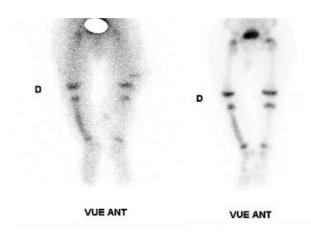
- Stade I : l'épiphyse fémorale n'est pas visualisée du tout
- Stades IIA et IIIA : visualisation d'une colonne latérale de reconstruction (a).
- Stades IIB et IIIB : reconstruction de l'épiphyse à partir de la métaphyse (b) sans colonne latérale

Pronostic stades A > stades B.



#### La fracture

Les fractures peuvent passer inaperçues à la radiographie, notamment lorsque la douleur est difficile à localiser ou en cas de fracture verticale, dite « en cheveu ». La scintigraphie peut également avoir une valeur médico-légale en cas de suspicion de maltraitance.



Fracture en cheveu du tibia droit au temps précoce et au temps tardif.



Fracture du cuboïde du pied droit

### L'apophysite

### - L'apophysite tibiale antérieure ou maladie d'Osgood-Schlatter

La maladie d'Osgood-Schlatter ou apophysite tibiale antérieure est une enthésopathie microtraumatique de l'insertion du tendon patellaire sur la tubérosité tibiale antérieure, responsable de son avulsion partielle. Elle est bilatérale dans 25 à 50% des cas.



Elle touche essentiellement les garçons de 11 à 15 ans, pratiquant une activité sportive avec extension brutale (football, saut). Le diagnostic est généralement clinique.

La scintigraphie osseuse mettra en évidence une hyperfixation de la tubérosité tibiale antérieure.

### L'apophysite calcanéenne ou maladie de Sever

Elle est secondaire à des microtraumatismes répétés, provoqués par la traction du tendon calcanéen sur une apophyse calcanéenne non encore ossifiée. Elle survient généralement entre 9 et 11 ans et souvent peu après que l'enfant ait débuté des activités sportives. Elle se traduit par une talalgie mécanique et parfois par une tuméfaction douloureuse des tissus mous en regard.

L'aspect radiographique est très variable durant cette période. La condensation du noyau est un signe peu fiable. La fragmentation du noyau est plus fiable.

Scintigraphiquement, elle se traduit par une hyperfixation au niveau de l'insertion du tendon calcanéen sur le calcanéum.



Hyperfixation de l'insertion du tendon calcanéen sur le calcanéum droit. Maladie de Sever à droite.

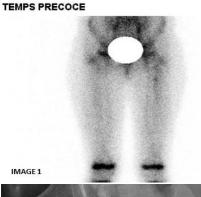
#### L'ostéome ostéoïde

Il s'agit d'une tumeur osseuse bénigne touchant des patients jeunes. Elle siège le plus souvent au niveau de la diaphyse des os longs. Symptomatologiquement elle se manifeste principalement par des douleurs nocturnes répondant aux AINS.

L'ostéome ostéoïde est constitué d'un nidus correspondant à du tissu osseux immature. En périphérie, le tissu osseux est épaissi, sclérotique et les tissus mous inflammatoires.

La scintigraphie est très sensible pour le diagnostic de l'ostéome ostéoïde (proche de 100%). On observera une hyperhémie puis une hyperfixation du nidus.





#### **TEMPS OSSEUX**



**IMAGE 2** 



Foyer ponctuel d'hyperhémie sur le bord interne du tiers supérieur de la diaphyse fémorale gauche au temps précoce. Hyperfixation bien limitée au temps tardif.

Aspect radiographique et scintigraphique en faveur d'un ostéome ostéoïde.

 $\leftarrow$  Aspect en radiologie standard.

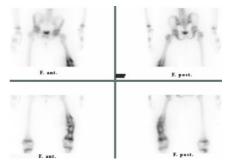
# Les pathologies malignes

Les principaux diagnostics à évoquer sont :

- entre 0 et 5 ans : le neuroblastome métastatique
- Avant 10 ans : le sarcome d'Ewing
- A l'adolescence : l'osteosarcome
- à tout âge : leucémie aiguë lymphoblastique.

Garçon de 12 ans adressé pour bilan d'extension d'un ostéosarcome de l'extrémité inférieure du fémur gauche découvert par une fracture pathologique.

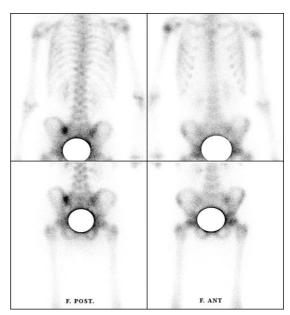
- Hyperfixation intense et hétérogène des 2/3 inférieurs du fémur gauche avec visualisation du trait de fracture.
- Pas de lésion à distance.





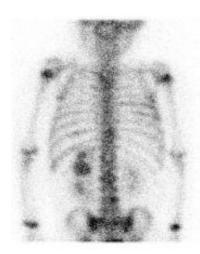
Patiente de 6 ans avec douleurs abdominales 2 mois et apparition récente d'une sciatalgie gauche et AEG. Anomalies de fixation disséminées du squelette :

- Fixation hétérogène du rachis dorsal
- Hyperfixation de l'épine de la scapula gauche et de la tête humérale droite.
- Fixation irrégulière du gril costal droit et gauche difficile à préciser
- Hyperactivité globale du bassin et renforcement de la



fixation sur l'articulation sacro-iliaque gauche.

- Fixation diffuse des diaphyses fémorales et tibiales avec signes d'activation médullaire au niveau des chevilles et des genoux.
- → Examen scintigraphique en faveur d'un envahissement diffus du squelette. Par la suite, le diagnostic de leucémie aiguë lymphoblastique B a été posé chez cette enfant.



Métastases osseuses d'un neuroblastome avec envahissement diffus du squelette : gril costal, rachis, bassin

Fixation du traceur dans le neuroblastome surrénalien gauche riche en microcalcifications. La tumeur refoule le rein aauche vers le bas.



#### CONCLUSION ET MESSAGES CLEFS

- Une boiterie chez l'enfant n'est pas obligatoirement due à une affection de la hanche : l'examen doit porter sur tout le corps, avec une attention particulière pour le rachis et l'ensemble du membre inférieur concerné.
- Beaucoup de pathologies de la hanche se manifestent par des gonalgies.
- Les diagnostics urgents sont arthrite et ostéomyélite
- Les étiologies les plus fréquentes sont infectieuses et traumatiques.
- Une scintigraphie osseuse normale n'élimine pas une synovite aiguë transitoire.
- Ne pas méconnaître une pathologie maligne

#### **BIBLIOGRAPHIE**

Connolly LP, Assessing the limping child with skeletal scintigraphy, J Nucl Med. 1998 Jun;39(6):1056-61.

Collège Français des Enseignants en Rhumatologie, item 299 : Boiterie et trouble de la démarche chez l'enfant

R. Vialle, item 299 : Boiterie et trouble de la démarche chez l'enfant

A. Cotten, Imagerie musculosquelettique, pathologies générales

F Comte, Confirmation of the Early Prognostic Value of Bone Scanning and Pinhole Imaging of the Hip in Legg-Calvé-Perthes Disease, J Nucl Med November 1, 2003 vol. 44 no. 11 1761-1766

#### REMERCIEMENTS

Merci au Dr. Claire VAYLET et au service de médecine nucléaire de l'hôpital Armand TROUSSEAU (Paris).



HEMATOLOGIE LYMPHOMES

<u>Créé par</u>: - Yassine AL TABAA (2016)

## **GÉNÉRALITÉS**

Les avancées récentes dans l'évaluation de la réponse au traitement des lymphomes coïncident avec l'émergence des indices pronostiques, les progrès du ciblage moléculaire, et l'amélioration des examens d'imagerie.

Les premières recommandations incluant la TEP au 18FDG de 2007 (critères IHP) ont établis des critères de réponse révisés qui ont ensuite évolués avec l'intégration de scanner combiné à la TEP.

Le TEP scan apparait désormais incontournable dans le staging et l'évaluation de réponse dans le lymphome de Hodgkin ainsi que certains lymphomes malins non Hodgkinien (tels que Lymphome B diffus à grandes cellules, lymphome de manteau, et lymphome folliculaire).

Une échelle visuelle à 5 points a été proposée à Deauville en 2009 afin d'évaluer les différents types de réponse en milieu et fin de traitement. Une mise à jour récente a été présentée lors du congrès international de Lugano en 2014, révisant les critères d'évaluation intermédiaire et de fin de traitement.

Presque tous les lymphomes sont avides de FDG; néanmoins la majorité des données publiées décrivent l'intérêt de la TEP TDM dans les lymphomes agressifs (LH, Lymphome B diffus à grande cellules et lymphome du manteau) et indolents (lymphomes folliculaires).

### **TEP-TDM DANS LES LYMPHOMES**

#### La TEP-TDM permet de :

- Repérer les sites hypermétaboliques nodaux et extra-nodaux imputable à la maladie lymphomateuse.
- Caractériser une infiltration médullaire permettant de s'affranchir d'une biopsie ostéomédullaire dans le staging du lymphome de Hodgkin; l'IRM est en revanche indiqué dans le lymphome primitif cérébral. (limite du TEP FDG en raison du métabolisme basal cérébral).



### Avidité pour le FDG en fonction du type de lymphome.

Histology	No. of Patients	FDG Avid (%)
HL	489	97-100
DLBCL	446	97-100
FL	622	91-100
Mantle-cell lymphoma	83	100
Burkitt's lymphoma	24	100
Marginal zone lymphoma, nodal	14	100
Lymphoblastic lymphoma	6	100
Anaplastic large T-cell lymphoma	37	94-100*
NK/T-cell lymphoma	80	83-100
Angioimmunoblastic T-cell lymphoma	31	78-100
Peripheral T-cell lymphoma	93	86-98
MALT marginal zone lymphoma	227	54-81
Small lymphocytic lymphoma	49	47-83
Enteropathy-type T-cell lymphoma	20	67-100
Marginal zone lymphoma, splenic	13	53-67
Marginal zone lymphoma, unspecified	12	67
Mycosis fungoides	24	83-100
Sezary syndrome	8	100+
Primary cutaneous anaplastic large T-cell lymphoma	14	40-60
Lymphomatoid papulosis	2	50
Subcutaneous panniculitis-like T-cell lymphoma	7	71
Cutaneous B-cell lymphoma	2	0

NOTE. Data adapted, 64 with additional updates. 18,33,34,65-67 Abbreviations: DLBCL, diffuse large B-cell lymphoma; FDG, [18F]fluorodeoxyglucose; FL, follicular lymphoma; HL, Hodgkin lymphoma; MALT, mucosa-associated lymphoid tissue; NK, natural killer.

# La TEP-TDM est indiqué dans :

- Le staging initial des lymphomes avides de FDG et l'évaluation thérapeutique
- Suspicion de transformation en lymphomes avides de FDG
- Pas d'indication de la BOM dans le bilan initial des MH, et la plupart des LNH. Pas d'indication dans la surveillance (PET et scanner)

### La TEP-TDM a un intérêt dans :

L'évaluation initiale des lymphomes avides de FDG :

LH / LNH: LBDGC - LF - MCL

Non recommandée pour les lymphomes à faible avidité Guider une biopsie



<sup>\*</sup>Only 27% of cutaneous sites.

<sup>†</sup>Only 62% of cutaneous sites.

#### L'évaluation de l'infiltration médullaire :

Lymphome de Hodgkin : TEP remplace la BOM

Lymphome B diffus à grande cellules : BOM réalisée seulement si TEP négative

### - L'évaluation thérapeutique :

Échelle visuelle à 5 points

Bilan(s) intermédiaire(s): TEP2 - TEP4...

Bilan de fin de traitement

# Quel est le délai de l'évaluation thérapeutique ? :

- **TEP intermédiaire(s):** Le plus loin possible du dernier traitement

- TEP fin de traitement:

**Minimum :** 3 semaines après la dernière cure

**Idéalement :** 6 – 8 semaines après la dernière cure

2 semaines après les soins de support (G-CSF)

3 mois après radiothérapie

#### Interprétation :

La méthode d'interprétation du TEP scan en staging, évaluation intermédiaire et de fin de traitement et l'échelle visuelle de Lugano à 5 points.

L'analyse quantitative du delta-SUV est réservée aux protocoles de recherche clinique. Cette analyse consiste à mesurer la SUVmax la plus intense au baseline et le comparer à la SUVmax la plus intense (et ceci quel que soit le site) en évaluation de traitement (intermédiaire ou fin de traitement) permettant ainsi une approche numérique.

# Evaluation métabolique dans le lymphome. Echelle visuelle à 5 points

Score	Fixation
1	Pas de fixation
2	Fixation < médiastin
3	Fixation > médiastin mais < foie
4	Fixation > foie
5	Fixation >> foie et/ou nouvelles lésions
Х	Nouveaux sites probablement non liés à la maladie



# Critères de réponse métabolique selon Lugano

CATEGORIE	Réponse métabolique basée sur la TEP – TDM	
Réponse Complète Métabolique	Score 1,2,3 *	
Réponse Partielle Métabolique	Score 4 – 5 : Fixation  Intermédiaire : Réponse partielle métabolique Fin de traitement : Maladie résiduelle Infiltration médullaire :  Fixation  mais > moelle normale Si réponse dissociée : IRM – biopsie	
Pas de Réponse Métabolique **	Score 4 – 5 : Fixation inchangée	
Progression Métabolique **	Score 4 − 5 : Fixation <b>7</b> et/ou nouvelles lésions	
* Score 3 en protocole désescalade ** Considérée comme échec théra		



**NEUROLOGIE** 

# **DEMENCES**

<u>Créé par</u>: - Marie MEYER (2016)

# **DEMENCES CORTICALES**

	Maladie D'Alzheimer (MA)	Dém. Fronto-temporale (DFT)	Atrophie Corticale Post. (ACP) (S <sup>d</sup> de Benson)
CLINIQUE	-Rare avant 65 ans (sauf forme génétique)  - Atteinte de la mémoire au 1 <sup>er</sup> plan, notamment la mémoire épisodique  - Puis apparition de troubles des fonctions exécutives avec s <sup>d</sup> aphasoapraxo-agnosique	- Tb du comportement :  • Désinhibition (orbito-front.)  • Isolement, repli sur soi (frontal mésial et cingulaire antérieur)  -Tb du comportement alimentaires, de la sexualité  - Tb du langage (cf DS & APP non fluente)  - Mémoire & orientation temporo-spatiale initialement préservées	- Forme particulière de Maladie d'Alzheimer - S <sup>d</sup> de Gerstmann (agnosie digitale, indistinction droite-gauche, acalculie, dysgraphie) - S <sup>d</sup> de Balint (ataxie optique, simultagnosie, apraxie du regard) - Mémoire, langage et raisonnement longtemps préservés
DAT	NORMAL	NORMAL	NORMAL
PATTERN METABOLIQUE	- Cortex associatifs post. (carrefour temporo-pariéto- occipitaux, précunéi) - Puis extension vers lobes temporaux et frontaux - Début asymétrique - Aires 1 aires, cortex occip. & cervelet préservés	- Frontale (cortex orbito-frontal, cortex cingulaire antérieur, cortex frontal mésial et cortex frontal dorso-latéral) - et/ou temporale antGradient antéro-postérieur	- Atteinte tempo-pariéto-occipitale symétrique



# **DEMENCES CORTICALES (SUITE)**

	Démence Sémantique	APP Non Fluente	APP Logopénique
	(DS)		
	- Evolution vers DFT +++	- Evolution vers le DFT +++	- Evolution vers la MA +++
CLINIQUE	- Discours : fluent, grammaire préservée, paraphasie sémantiques - Répétition : préservée - Compréhension : Mots, Phrases simples et Phrases complexes Echec - Pas d'apraxie buccofaciale ou de la parole - Ecriture : altérée	<ul> <li>Discours: non fluent, agrammatisme, articulation difficile, paraphasies phonémiques</li> <li>Répétition: préservée</li> <li>Compréhension: Mots et Phrases simples OK, Phrases complexes Echec</li> <li>Présence d'apraxies buccofaciales et de la parole</li> <li>Ecriture: préservée</li> </ul>	- Discours : peu fluent mais grammaire préservée, paraphasie phonémiques - Répétition : Mots OK, Phrases Echec - Compréhension : Mots > Phrases (simples et complexes) - Pas d'apraxie bucco-faciale ou de la parole - Ecriture : préservée
DAT	NORMAL	NORMAL	NORMAL
	- ATTEINTE FOCALE	- ATTEINTE FOCALE	- ATTEINTE FOCALE
PATTERN METABOLIQUE			
PATTERN I	- Atteinte temporo-polaire souvent bilatérale	- Atteinte péri-sylvienne et operculo-rolandique gauche	- Atteinte pariéto-temporale gauche



D	EMENCES CORTICO-SOUS-	CORTICALES	
	Maladie à Corps de	(PSP) Paralysie Supra-	Dégénérescence
	Lewy (DCL)	Nucléaire Progressive	Cortico-Basale (DCB)
	- Syndrome parkinsonien	- Sujet > 40 ans	-Rare
	- Survenue précoce d'hallucinations	- Syndrome parkinsonien atypique (symétrique,	- Syndrome parkinsonien atypique
UE	- Fluctuations de l'état d'attention, de vigilance	prédominant au niveau axial)	-Atteinte motrice (syndrome pyramidal,
CLINIQUE	- Episodes confusionnels, éléments psychotiques	- Troubles posturaux - Troubles oculo-moteurs	dystonie, myoclonies) - Signes corticaux (apraxie,
C	délirants	et des paupières	troubles sensitifs,
	- Chutes, HypoTA, troubles du sommeil	-Syndrome frontal et pseudo-bulbaire	astéréognosie, main étrangère)
			- Asymétrie +++
DAT	PATHOLOGIQUE	PATHOLOGIQUE	PATHOLOGIQUE
PATTERN METABOLIQUE	ATTEINTE DIFFUSE	ATTEINTE FOCALE	ATTEINTE FOCALE
METAE	- A la fois des cortex associatifs postérieurs	- Atteinte frontale mésiale symétrique	- Atteinte fronto-pariétale controlatérale à l'apraxie
RN	temporaux & frontaux	-Elargissement du sillon	
ATTE	- Atteinte du cortex occip.	inter hémisphérique plus	
Ь	- Symétrique - Aires 1 <sup>aires</sup> & cervelet	important que ne le voudrait l'atrophie sur l'imagerie anatomique	

l'imagerie anatomique



préservés



EN PLUS TEP-FEG EN ONCOLOGIE
------------------------------

<u>Créé par</u>: - J. ZHANG & Y. AL TABAA (2016)

### Définition « succincte » de SUV (Standard Uptake Value)

Il s'agit du rapport de la fixation d'un traceur par la dose injectée au patient rapportée à la masse du patient. Elle est définie par la formule suivante (valeur sans unité) :

SUV = Concentration de l'activité tissulaire (kBq /mL) / masse volumique (g/mL)

Activité totale injectée (kBq) / Poids (g)

Concrètement, dans l'exemple de <sup>18</sup>FDG : il estime quantitativement l'intensité du métabolisme glucidique. Si le traceur se distribuait uniformément dans l'organisme : SUV est égal à 1 dans tout l'organisme.

Il existe plusieurs SUV: SUVmax, SUVmean, SUVpeak, SUL...

La **SUV max** (valeur maximale d'un voxel dans un volume d'intérêt) est plus communément utilisée dans les publications car elle présente la meilleure reproductibilité inter-opérateur et est moins sensible à l'effet de volume partiel.

### • Un impact thérapeutique majeur

- Change la prise en charge des patients dans 1/3 des cas.
- Fixation physiologique du FDG au niveau cérébral, hépatique, myocardique et des voies urinaires fait que des lésions peuvent être sous-estimée à ce niveau.
- Faux positifs: inflammation, infection, ...
- Performances diagnostiques sont excellentes dans de nombreuses indications.

# • Evaluation de la réponse par PERCIST

PERCIST : modèle d'évaluation de la réponse thérapeutique basé sur RECIST. Cet acronyme signifie PET Evaluation Response Criteria in Solid Tumors.



### Principaux points:

- Normalisation sur la masse maigre SUL
- Activité de fond normal : lobe droit du foie
- SUL déterminé au maximum sur 5 zones tumorales avec SUV les plus élevés (dont 2 au maximum par organe) => calcul de SUL peak
- Protocole standardisé (toujours même activité +/-20% & même caméra)
- Pas de correction à glycémie

En pratique : mesure d'une une variable exprimée en % (ou somme) de SUL peak

# Quatre items (comme RECIST):

- Réponse métabolique complète : disparition de tous les foyers suspects métaboliquement actifs
- Réponse partielle : diminution de plus de 30% et d'au moins 0,8 unité de SUL peak (lésion la plus intense)
- Progression : augmentation de plus de 30% et d'au moins 0,8 unité de SUL peak sur la lésion la plus intense ou/et apparition d'une nouvelle lésion
- Stabilité : les cas n'appartenant ni à la progression ni à la réponse partielle

### • Fixation FDG par type de cancer

Type de tumeur/		Métabolisme			
métabolisme		Non	Peu	Moyen	Fort
ORL					
ORL	Epidermoïde				X
	UNCT				X
	Adénocarcinome			X	Χ
	Lymphome de Malt				Χ
Glandes salivaires	Tumeur de Warthin ou adénolymphome papillaire et adénome pléïomorphe	Χ	Х		
ENDOCRINOLOGIQUE					
Thyroïde	Indifférencié (anaplasique)				X
	Vésiculaire papillaire et médullaire		X	X	
TNE 1	Ki67 > 10%			X	Χ
THORAX					
Tumeur pulmonaire <sup>2</sup>	Epidermoïde				Χ
	Adénocarcinome			X	X
	Broncho-alvéolaire		χ		
	Carcinoïde		χ		
Thymus <sup>3</sup>	Thymome malin				Χ



Colorectal	Adénocarcinome de type Lieberkühnien.				X
	Colloïde muqueux		χ	Χ	
CHC⁴	Peu différencié			Χ	χ
	Bien différencié	χ			
Estomac	Adénocarcinome		χ	Χ	
	GIST				Χ
Pancréas <sup>5</sup>	Adénocarcinome			χ	X
0esophage	Epidermoïde				X
	Adénocarcinome			Х	X
Voie biliaire	Cholangiocarcinome				X
GYNECOLOGIQUE			9		
Tumeur mammaire	Canalaire infiltrant invasif			χ	Χ
	Lobulaire infiltrant invasif		χ		
	Carcinome in situ	Χ	χ		
Col utérin					χ
Ovaire	Peu différencié			Χ	X
	Bien différencié		χ	χ	
	Tumeur de Granulosa	Х			
UROLOGIQUE					
Prostate 6	Bien différencié	Х	χ		
	Indifférencié			Χ	χ
Vessie/uretère <sup>7</sup>	Carcinome urothélial				X
Rein	Carcinome à cellules claires	Х	Х		
Testicule	Séminome et tumeur germinale non				X
	séminomateuse				
AUTRES					
Lymphome	Hodgkinien				X
	B diffus à grandes cellules				X
	Folliculaire			χ	
	A cellules de manteau			X	
	Indolent (sauf folliculaire)		Х		
	I		X		
Mélanome					X
Mésothéliome	Pleural ou péritonéal				X



Sarcome

### Légende:

- 1. Tumeur neuroendocrine : En fonction de Ki67. TEP FDG en première intention si Ki67 > 10% sinon FDOPA ou DOTATOC.
- 2. Tumeur primitive pulmonaire : L'hypermétabolisme est également corrélé à la densité cellulaire. Un nodule en verre dépoli peut ne pas être hypermétabolique et rester néanmoins très suspect.

# 3. Thymus:

- Thymome malin : Fortement hypermétabolique.
- Hypermétabolisme modéré chez les jeunes adultes ou dans le contexte d'un rebond thymique.
- 4. Carcinome hépato cellulaire : FDG si c'est peu différencié ; sinon F-Choline.
- 5. Pancréas : Adénocarcinome, corrélation hypermétabolisme degré de différenciation.
- 6. Prostate : En général peu hypermétabolique sauf si indifférencié ; d'où l'indication de la FCholine.
- 7. Vessie/uretère : très hypermétabolique mais problème d'accumulation de traceur. Intérêt du furosémide (Lasilix?) pour diluer les urines et visualiser les hypermétabolismes pathologiques.

