

COURS DE MEDECINE NUCLEAIRE POUR LE PCEM2

Sémiologie des techniques d'imagerie

D. MARIANO-GOULART
Service de médecine nucléaire.C.H.U. Lapeyronie

OBJECTIFS DU COURS

- ① Comprendre les principes de base de la médecine nucléaire.
- ② Savoir quand, pourquoi et comment prescrire une scintigraphie.
- ③ S'initier à la sémiologie scintigraphique.

Ce cours très général est destiné à des étudiants de PCEM2. Il s'agit donc d'une première approche de la discipline qui ne vise qu'à donner les informations indispensables au futur médecin prescripteur. Des cours de spécialisation seront proposés pour les étudiants qui se destineront plus spécifiquement à la pratique de la médecine nucléaire.

PLAN D'UN COURS DE 6 HEURES

1. PRINCIPES DE BASE DE LA MEDECINE NUCLEAIRE

1.1. Objectifs de la médecine nucléaire

1.1.1. Objectifs diagnostiques

1.1.2. Objectifs thérapeutiques

1.2. Méthode de base : Vecteur et traceur

1.3. Détection

1.3.1. La γ caméra

1.3.2. La détection en coïncidence

1.4. Formation de l'image

1.4.1 Spectrométrie

1.4.2. Artefacts d'acquisition

1.4.3. Modes d'acquisition

1.4.4. Synchronisation à l'électrocardiogramme.

1.4.5. Traitement d'image

1.5. Quelques éléments de dosimétrie

2. DIAGNOSTIC FONCTIONNEL ISOTOPIQUE

2.1. Rhumatologie nucléaire

2.2. Endocrinologie nucléaire

2.2.1. Pathologie thyroïdienne

2.2.1. Pathologie parathyroïdienne

2.3. Cardiologie nucléaire

2.3.1. Scintigraphies myocardiques : Tl, MIBI et MIBG

2.3.2. Scintigraphie cavitaire

2.4. Pneumologie nucléaire

2.4.1. Scintigraphies de ventilation

2.4.2. Scintigraphie de perfusion

2.4.3. Principales indications

2.5. Uro-Néphrologie nucléaire

2.5.1. Scintigraphie rénale

2.5.2. Scintigraphie vésicale

2.6. Neurologie nucléaire

2.7. Hématologie nucléaire

2.8. Infectiologie nucléaire

2.9. Oncologie nucléaire

2.9.1. Oncologie générale

2.9.2. Oncologie spécifique

2.10 Gastro-hépatologie nucléaire

2.10.1. Transit oesophagien et vidange gastrique

2.10.2. Scintigraphie hépato-biliaire

2.10.3. Saignements digestifs

2.10.4. Diverticule de Meckel

2.11 Autres scintigraphies :

2.11.1. Glandes salivaires

2.11.2. lymphoscintigraphie

2.11.3. Test de Landis

3. THERAPIE

3.1. Cancer thyroïdien différencié opéré et hyperthyroïdies

3.2. Polyglobulie primitive

3.3. Synoviorthèses isotopiques

3.4. Antalgie des métastases osseuses

1. PRINCIPES DE BASE DE LA MEDECINE NUCLEAIRE

1.1. Objectifs de la médecine nucléaire

Les techniques de médecine nucléaire sont fondées sur l'utilisation d'atomes ou de molécules radioactives à des fins diagnostiques ou thérapeutiques.

1.1.1. Objectifs diagnostiques

La médecine nucléaire se propose d'observer *in-vivo* le métabolisme d'un radio-isotope au sein d'un organe cible. Il s'agit donc d'une technique visant à réaliser des "cartographies de radioactivité" représentatives de l'état de fonctionnement d'un organe. Ces cartographies appelées scintigraphies constituent donc une imagerie fonctionnelle, atraumatique, réalisée dans des conditions physiologiques. D'une certaine façon, on peut dire que l'imagerie scintigraphique est à la physiologie ce que la radiologie est à l'anatomie.

Les doses de rayonnement absorbées lors de ces examens sont strictement anodines, y compris pour les plus petits enfants. On ne contre-indique ainsi ces examens, par principe, que chez la femme enceinte et lorsque le pronostic vital n'est pas engagé (en cas de suspicion d'embolie pulmonaire chez la femme enceinte, par exemple, la scintigraphie pulmonaire trouve une excellente indication, bien moins irradiante qu'une tomodensitométrie). En cas d'allaitement, il suffit de suspendre celui-ci pendant 48h après une scintigraphie au technétium.

Sauf mention contraire dans ce qui suit, une préparation du patient n'est généralement pas nécessaire (il est, en particulier, inutile d'être à jeun pour la plupart des examens).

1.1.2. Objectifs thérapeutiques

L'administration de certains radio-isotopes (émetteurs β^- en particulier) à des doses convenables permet d'assurer une irradiation sélective et prolongée au sein d'un tissu pathologique donné. On parlera alors d'irradiation métabolique (pathologies thyroïdienne, sanguine) ou d'irradiation interne (synoviorrhèses, métastases).

1.2. Méthode de base : Vecteur et marqueur

La réalisation d'une scintigraphie nécessite d'administrer à un organe donné une certaine quantité de radioactivité. Pour ce faire, il est donc nécessaire d'administrer une molécule biologique, le vecteur (ou traceur), dont le métabolisme est spécifique de l'organe, de la fonction ou de la pathologie cible. Sur cette molécule, sera greffé un radio-isotope, le marqueur.

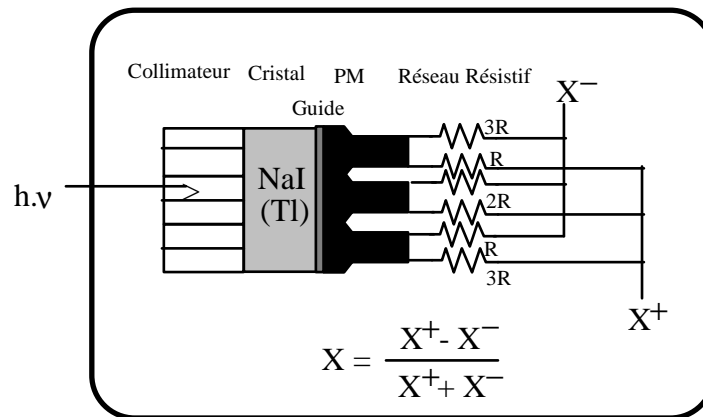
Exemple : molécule de diphosphonate (vecteur) marquée par un atome de technétium.

Dans certains cas, l'organe cible est capable de métaboliser directement un atome radioactif : vecteur et marqueur sont alors confondus (^{123}I ou ^{131}I pour la thyroïde, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ pour l'estomac). Le marquage du vecteur se fait dans un laboratoire adapté intégré aux services de médecine nucléaire. Le couple (vecteur+marqueur) peut en suite être administré par voie orale, intraveineuse ou inhalé. Les autres formes d'administration sont exceptionnelles en routine clinique.

1.3. Détection

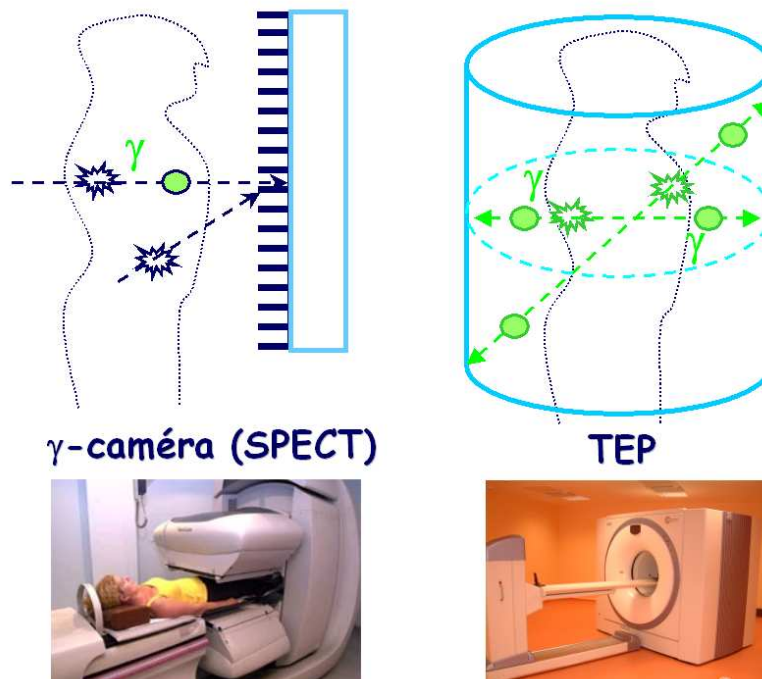
1.3.1. La γ -caméra

La γ -caméra est le dispositif d'acquisition des images scintigraphiques d'émission, c'est-à-dire des images issues d'une radioactivité de type γ (cf. cours de radioactivité). Ce dispositif consiste en un cristal d'iodure de sodium activé au thallium, de grand diamètre, vu à travers un guide de lumière par une batterie de photomultiplicateurs. Les sorties de ces derniers sont reliées à un circuit analogique qui réalise la spectrométrie et localise l'interaction des photons à l'intérieur du cristal. Un tel dispositif peut-être schématisé comme suit :



1.3.2. La détection en coïncidence

Les images scintigraphiques en coïncidence sont produites à partir d'un marqueur émetteur β^+ (cf. cours de radioactivité). La détection de couples de photons de 511 keV émis en coïncidence après une réaction d'annihilation positon/électron se fait au moyen d'une gamma-caméra équipée d'un système de détection en coïncidence appelée tomographe par émission de positon, généralement couplée à un tomodensitomètre X (TEP-TDM).



1.4. Formation de l'image

L'objectif est de représenter sous la forme d'un image numérique la distribution de radioactivité présente au sein d'un organe.

1.4.1 Spectrométrie

L'analyse des intensités des courants issus des photo-multiplicateurs permet de sélectionner les événements provoqués par un photon γ d'énergie donnée (pic photo-électrique) et donc de ne pas (trop) tenir compte des photons diffusés par effet Compton.

1.4.2. Artefacts d'acquisition

Réponse impulsionnelle de la γ -caméra : déconvolution logicielle.

Auto-atténuation : correction à l'aide d'une image d'atténuation.

Diffusion : Collimateur, spectrométrie et acquisition en fenêtres multiples.

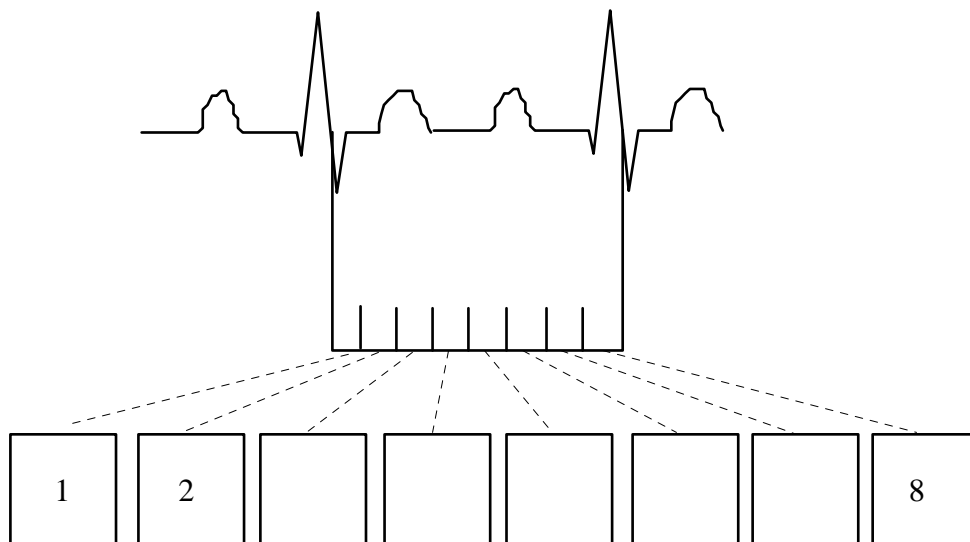
1.4.3. Modes d'acquisition

Statique

Balayage corps-entier

Tomographie

1.4.4. Synchronisation à l'électrocardiogramme



1.4.5. Le traitement d'image

Analyse de régions d'intérêt : comparaison.

Courbes d'évolution temporelle, quantification de cinétiques.

Reconstruction tomographique, rendu de surfaces.

Visualisation 3D et 4D.

1.5. Eléments de dosimétrie

Le tableau suivant donne l'équivalent de dose efficace en millisievert pour les plus courants des examens de diagnostic fonctionnel réalisés en médecine nucléaire. Ces données sont calculées pour un adulte de 70 kg et de 5 litres de capacité vitale.

Rappelons que la dose efficace est une valeur synthétique qui permet de comparer les risques encourus par un patient lorsqu'il est susceptible de subir diverses explorations (isotopique ou radiologique). Cette grandeur est cumulative (elle s'ajoute lorsqu'un patient subit deux examens différents).

Type de scintigraphie		Dose équivalente /Acti μSv / MBq	Dose administrée MBq	Dose administrée mCi	Dose équivalente C.E. MSv
Osseuse	au Tc-HDP	5,8	666	18	3,7
Thyroïde	au Tc	12	148	4	1,8
Rénale	au DMSA	8,7	55,5	1,5	0,5
	au MAG 3	7,2	555	15	4
Pulmonaire	au Xe (5')	0,73	370	10	0,3
	au phytate	14	84	2,3	1,2
	au Tc-MAA	11	185	5	2
Myocardique	au Tl	230	129,5	3,5	30
	au MIBI	8	370	10	3
Ventriculographie		6,6	740	20	5
Cerveau	au Tc-HMPAO	9,2	703	19	6,4

A titre de comparaison, les doses équivalentes moyennes observées en Europe pour quelques examens radiologiques courants sont les suivantes :

Région explorée	Dose équivalente Corps-Entier (mSv)	
	Examen planaire	Examen tomodensitométrie
Tête	1,0	2,2
Thorax	0,2	9,1
Abdomen (ASP)	2,1	9,6
Pelvis	1,4	9,6
Artériographie pulmonaire	3,35	
Urographie Intra-veineuse	10,7	

Nous rapellons que la dose efficace corps-entier délivrée en moyenne par irradiation naturelle s'élève en France à 2,4 mSv / an.

En résumé, un examen de médecine nucléaire entraîne l'administration d'une dose équivalente de **0,3 à 6 mSv** (à l'exception du thallium : 30 mSv), soit l'équivalent d'un mois à 2 ans d'irradiation naturelle.

Référence : www.drs.dk/guidelines/ct/quality/Page032.htm

2. DIAGNOSTIC FONCTIONNEL ISOTOPIQUE

2.1. RHUMATOLOGIE NUCLEAIRE

Vecteur : Diphosphonate.

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Les diphosphonates ont une très forte affinité pour le cristal osseux. Il s'en suit une hyperfixation *non spécifique* (hyperhémie, stase, hyper-activité ostéoblastique), *précoce*, secondaire à toute agression osseuse (traumatique, tumorale, vasculaire ou infectieuse). La connaissance du contexte radio-clinique est donc indispensable à l'interprétation.

Indications principales :

Pathologie néoplasique (métastases de cancer ostéophile, cancer primitif osseux)
Infection et inflammation (arthrites)
ostéonécrose
Fissure osseuse et traumatismes (Tassement vertébraux, Silverman, algies diffuses...)
Descellement de prothèse
Algodystrophie (scintigraphie osseuse en trois temps)
Maladies métaboliques osseuses, Paget, Sarcoïdose

Chez l'enfant (ces indications sont souvent des urgences diagnostiques) :

Ostéomyélite aiguë
Arthrites infectieuses
Ostéochondrite primitive de hanche
Tumeurs bénignes (ostéome ostéoïde) et malignes (sarcomes, métastases...).

2.2. ENDOCRINOLOGIE NUCLEAIRE

2.2.1. Pathologie thyroïdienne

Vecteur : Pertechnétate Tc O_4^- (ou ^{123}I , surtout pour les goitres médiastinaux).

Marqueur : Identique au vecteur.

Principe : Le technétium est capté par la thyroïde suivant le même mécanisme actif que l'iode, mais il n'est pas métabolisé. L'iode 123 permet en plus de visualiser l'organification des iodures.

Préparation du patient :

- Arrêt des hormones thyroïdiennes (J-15), sinon : freinage hypophysaire.
- Arrêt des antithyroïdiens de synthèse (J-6) pour ré-autonomiser un nodule chaud.
- Eviter tous les médicaments donneurs d'iodures (cordarone, produits de contraste...).

Indications principales :

① indication opératoire de nodules thyroïdiens (très fréquents après 50 ans) : cette indication régresse au profit de l'échographie avec cytoponction du nodule, plus performante. En scintigraphie, 10% environ des nodules solitaires froids sont cancéreux. Les indications de la scintigraphie (au technétium le plus souvent) sont limitées à la recherche de nodules froids devant une évolution multi-nodulaire d'un goitre ou aux cytologies douteuses.

② Exploration d'une hyperthyroïdie (TSH indétectable) :

↳ pour repérer un nodule toxique (hyperfixation "extinctive")

↳ pour le diagnostic étiologique d'une surcharge iodée iatrogène (toxique ou métabolique).

② Ectopie, agénésie thyroïdienne; Dys hormonogénèse.

2.2.2. Pathologie parathyroïdienne

Vecteur : MIBI (méthoxy isobutyl isonitrile).

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe :: Le MIBI se fixe initialement sur le tissu thyroïdien et parathyroïdien, mais présente une clairance thyroïdienne plus rapide (le MIBI est séquestré dans les mitochondries des parathyroïdes). Une reprise scintigraphique 2 heures après l'injection de MIBI met en évidence le tissu parathyroïdien anormal.

La réalisation d'une image de soustraction avec du technétium libre (qui se fixe sur la thyroïde mais pas sur les parathyroïdes) est possible.

Indications : Recherche d'adénome, d'hyperplasie ou d'ectopie parathyroïdienne.

2.3. CARDIOLOGIE NUCLEAIRE

2.3.1. Scintigraphies myocardiques de perfusion :

Vecteur : MIBI (ou tétréfosmine), ou thallium (Tl). Dans ce dernier cas, marqueur et vecteur sont identiques.

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$ pour le MIBI (ou la tétréfosmine).

Principe : Le thallium est un marqueur du capital potassique intracellulaire, donc du myocarde sain ou viable. Dans les 20 minutes qui suivent son injection, sa distribution reflète la *perfusion* myocardique. On observe ensuite une redistribution du thallium des territoires sains vers les zones ischémiées. On dispose alors d'un marqueur de *viabilité* myocardique. Le MIBI est un marqueur de perfusion myocardique seulement (pas de redistribution). Il se fixe dans les mitochondries. Les recherches d'ischémies myocardiques sont sensibilisées par une épreuve de stress myocardique (injection de dipyridamole et/ou épreuve d'effort). Des images d'effort et de repos sont enregistrées.

Indications :

- ① dépistage et surveillance d'une insuffisance coronaire
- ② viabilité myocardique et pronostic (thallium)
- ③ Atteintes micro-circulatoires des maladies de système (sarcoïdose...).

2.3.2. *Scintigraphies myocardiques à la MIBG:*

Vecteur : MIBG, méta-iodo-benzyl-guanidine.

Marqueur : ^{123}I .

Principe : La MIBG est un analogue structural de la noradrénaline. Elle se fixe dans les tissus capables de recapter les catécholamines. L'analyse de sa captation et de son élimination par le myocarde donne une information pertinente sur le pronostic d'une insuffisance cardiaque (risques d'évènements cardiovasculaires graves - mort cardiaque ou troubles du rythme en particulier- à moyen terme).

Indication principale : Evaluation pronostique d'une insuffisance cardiaque

2.3.3. *Scintigraphie cavitaire*

Vecteur : Pyrophosphate d'étain (en fait, il s'agit plus exactement d'un agent réducteur du pertechnétate qui sert à préparer les hématies à fixer le technétium).

Marqueur : Technétium $^{99\text{m}}_{43}\text{Tc}$

Principe : Après réduction par l'étain préalablement fixé sur les hématies, le technétium se lie à la chaîne β de la globine. On obtient ainsi un marquage des hématies circulantes. L'acquisition scintigraphique est couplée à un enregistrement électrocardiographique qui permet d'échantillonner la systole cardiaque en 8 ou 16 intervalles temporels. Autant d'images scintigraphiques sont acquises, correspondant à chaque échantillon du cycle cardiaque (chaque fois qu'un photon γ est détecté, l'ECG est lu de manière à affecter ce signal à l'une des 8 ou 16 images scintigraphiques correspondants aux divers échantillons du cycle cardiaque). Des techniques de traitement d'image permettent alors de quantifier l'intensité régionale et le synchronisme de l'éjection systolique ventriculaire.

Indications: Evaluation et suivi de la fonction systolique gauche et droite à l'équilibre:

- Suivi de chimiothérapies cardiotoxiques.
- Bilan d'une insuffisance cardiaque gauche et/ou droite
- Bilan de cardiopathies
- Analyse de troubles du rythme ventriculaires droit ou gauche.

2.4. PNEUMOLOGIE NUCLEAIRE

2.4.1. Scintigraphies de ventilation

① Marqueurs gazeux: Kr

Vecteurs et marqueurs : ils sont confondus et correspondent au gaz radioactif inhalé.

Principe : La demi-vie très courte du krypton (T=13 sec.) en fait un marqueur de choix de la ventilation alvéolaire (images de "*débit bronchique*").

② Aérosols technétiés : phytates et technegas

Vecteurs : Aérosols contenant des particules ultra-fines de carbone ou des phytates.

Marqueurs : Technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Les aérosols se déposent sur les parois bronchiques, reflétant les débits aériens bronchiolo-alvéolaires. Ils nécessitent une ventilation calme de la part du patient.

2.4.2. Scintigraphie de perfusion

Vecteur : Macro-aggrégats d'albumine

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Le diamètre des macro-aggrégats d'albumine est compris entre 10 et 50 μm . Après injection IV, ceux-ci s'embolisent dans les précapillaires, réalisant des micro-embolies infra-cliniques (ceci concerne environ 1 pré-capillaire sur 10 000). Cette déposition est une image de la *perfusion* pulmonaire.

2.4.3. Principales indications :

Précisons que, dans toutes les indications, une radiologie standard de face et de profil ainsi que la connaissance des antécédents cardio-pulmonaire du patient sont indispensables à l'interprétation des scintigraphies pulmonaires.

① Diagnostic initial d'une embolie pulmonaire.

L'association d'une scintigraphie de ventilation et d'une de perfusion présente dans cette indication une sensibilité de 100 % et une spécificité de 75 %. En cas de suspicion clinique d'embolie pulmonaire chez une femme enceinte, une scintigraphie de ventilation (au xénon) et de perfusion n'est pas contre-indiquée.

② Suivi d'une embolie pulmonaire.

③ Drépanocytose

④ Broncho-pneumopathies chroniques obstructives, corps étranger, mucoviscidose...

⑤ Bilan fonctionnel avant chirurgie de réduction pulmonaire.

⑥ Recherche de shunts artério-veineux intra-pulmonaires.

2.5. URO-NEPHROLOGIE NUCLEAIRE

Vecteurs : 3 sont classiquement utilisés à ce jour :

- Le DMSA : acide dimercapto-succinique.
- Le DTPA : acide diéthylène-triamino-penta-acétique.
- Le MAG 3 : mercapto-acetyl-triglycine.

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43} \text{Tc}$

Principe :

- DMSA : Captation tubulaire proximale sans excrétion significative. L'intensité de la captation est un reflet de la masse fonctionnelle corticale droite et gauche.
- DTPA : Filtration glomérulaire puis excrétion
- MAG 3 : Extraction tubulaire puis sécrétion vers la lumière urinaire.

Ces deux derniers vecteurs permettent d'analyser une phase angiographique (cinétique de l'arrivée de l'embolo radioactive au niveau des reins) et une phase d'excrétion. Le MAG3 permet en plus l'analyse d'une phase de captation tubulaire, donc l'estimation relative de la masse fonctionnelle.

Principales indications :

- ① Diagnostic de pyélonéphrite aiguë (DMSA)
- ② Evaluation des fonctions rénales séparées (DMSA ou MAG3)
- ③ Syndrome de jonction pyélo-urétérale et méga-uretère (MAG3)
- ④ Etiologie d'une insuffisance rénale (MAG3)
- ⑤ Suivi précoce d'une greffe rénale (MAG3)
- ⑥ Recherche d'une origine rénovasculaire d'une HTA (MAG3 ou DTPA).

2.5.2. Scintigraphie vésicale

Vecteur et marqueur : Pertechnétate Tc O_4^-

Principe : Recherche d'activité urétérale après instillation du pertechnétate au moyen d'une sonde vésicale. L'irradiation est environ 50 fois moindre que lors d'une cystographie radiographique.

Indications : Reflux vésico-urétéral, pyélique ou intrarénal : diagnostic et contrôle.

2.6. NEUROLOGIE NUCLEAIRE

Vecteur : HMPAO (hexaméthyl propylène amine oxime) ou ECD (Bicisate)

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43} \text{Tc}$

Principe : La distribution du vecteur est sensiblement proportionnelle au débit sanguin cérébral.

Indications :

- ① Diagnostic différentiel des démences :
 - Alzheimer (hypofixations du cortex temporal et pariétal associatif)
 - Corps de Lewy diffus (hypofixation du cortex visuel associatif)
 - Démence fronto-temporale et aphasia primitive progressive.
 - Atrophie corticale postérieure.
- ② Bilan pré-opératoire des épilepsies pharmaco-résistantes.
- ③ Anévrismes :
 - Recherche d'un vasospasme après rupture d'anévrisme.
 - Recherche d'un réseau de suppléance avant mise en place d'un ballonnet.
- ④ AVC ischémique :
 - Recherche d'une perfusion de luxe (phase aiguë, information pronostique)
 - Evaluation de l'efficacité d'un traitement thrombolytique.

2.7. HEMATOLOGIE NUCLEAIRE

- *Volumes globulaires (VG) et plasmatiques (VP)*

Vecteur : Globules rouges autologues (VG) ou albumine (VP)

Marqueur : chrome 51 (VG) ou iode 125 (VP)

Principe : Après injection, le culot globulaire et l'albumine marqués se diluent dans le volume sanguin total. La mesure *in-vitro* de la radioactivité de prélèvements sanguins ultérieurs permettent de déterminer les volumes globulaires et plasmatiques.

Indications principales: Polyglobulie vraie, dysprotéïnémies (↗ VP ?), réanimation...

- *Durée de vie des hématies et des plaquettes*

Vecteur : Globules rouges ou plaquettes autologues.

Marqueur : chrome 51 (hématies) ou oxinate d'indium 111 (plaquettes)

Principe : Après injection des cellules marquées, la vitesse de disparition de la radioactivité circulante permet de déterminer la durée de vie de ces éléments figurés du sang. La localisation d'un lieu de destruction anormal peut être faite.

Indications principales:

- ① Anémie hémolytique
- ② purpura thrombopénique idiopathique (splénectomie ?) et autres thrombopénies.

- *Autres scintigraphies :*

- Mesure de l'érythropoïèse par le Fer 59.
- Scintigraphie splénique aux GR-Tec fragilisés (asplénie fonctionnelle ; après splénectomie).
- Scintigraphie médullaire au colloïdes technétiés (tissu de soutien) et au Fer, Indium ou Globules blancs marqués (tissu myélopoïétique).

2.8. INFECTIOLOGIE NUCLEAIRE

Vecteur : 4 sont utilisés :

- Gallium 67 : fixation non spécifique dans tout site inflammatoire ou infecté.
- HMPAO lié *in-vitro* aux polynucléaires autologues.
- Segments Fab' d'anticorps anti-NCA (fixation peu spécifique sur l'inflammation).
- glucose dont la captation est augmentée en cas d'infection..

Marqueur : Technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$ pour l'HMPAO et les segments Fab'. Le gallium 67 est à la fois vecteur et marqueur, le fluor 18 pour le glucose.

Principe : le gallium 67 est un marqueur de l'inflammation au sens le plus large (inflammation, infection, tumeur...). Les fragments Fab' semblent eux aussi être relativement peu spécifiques de l'infection. Les polynucléaires marqués s'accumulent au fil du temps dans les foyers infectieux et sont considérés actuellement comme le marqueur le plus spécifique de l'infection.

Indications principales :

- Gallium : Infection rachidienne, poumon, tuberculose, fièvre prolongée.
- Polynucléaires marqués: infection sur prothèse, post-chirurgicales, ostéite diabétique...
- Leukoscan (Fab') : moins spécifique et moins sensible que les polynucléaires marqués.
- Glucose : spondylites, ostéomyélites, infections de prothèses etc...

2.9. ONCOLOGIE NUCLEAIRE

2.9.1. Oncologie générale :

Vecteur : Fluoro-désoxy-glucose (FDG).

Marqueur : Fluor 18, émetteur β^+ .

Principe : Il existe une sur-consommation de glucose par la cellule cancéreuse. Le 18-FDG est un marqueur de la *prolifération cellulaire*. Sa détection nécessite une gamma-caméra tomographique par émission de positons.

Indications principales :

Elles font encore l'objet de recherches intensives. Celles qui sont reconnues ce jour de façon indiscutable sont les suivantes :

- Nodule pulmonaire isolé
- Cancer colo-rectal
- Cancers ORL
- Cancers du pancréas
- Cancer de l'oesophage
- Récidive d'un cancer de l'ovaire.
- lymphomes
- mélanome

2.9.2. Oncologie spécifique

❶ Tumeurs à récepteur à la somatostatine :

Vecteur : Pentétréotide.

Marqueur : Indium 111.

Principe : Le pentétréotide est un analogue de la somatostatine, neuropeptide endogène inhibiteur (en particulier sur la prolifération tumorale gastro-entéro-pancréatique, carcinoïde, des vipomes et des tumeurs endocrines à récepteur à la somatostatine).

Indications principales :

- ① Gastrinome (syndrome de Zollinger-Ellison)
- ② Tumeurs carcinoïdes (les plus fréquentes des tumeurs endocrines digestives).
- ③ Sarcoïdose.
- ④ Méningiomes.

❷ Tumeurs recaptant les catécholamines :

Vecteur : MIBG, méta-iodo-benzyl-guanidine.

Marqueur : ^{131}I (adulte) ou ^{123}I (enfant).

Principe : La MIBG est un analogue structural de la noradrénaline. Elle se fixe dans les tissus capables de recapter les catécholamines (vésicules de stockage intra-cellulaires de la médullosurrénale, ganglions et terminaisons sympathiques).

Indications principales :

- ① Phéochromocytome (sensibilité = 92 % ; spécificité = 100 %).
- ② Paragangliome, neuroblastome.

❸ Corticosurrénale :

Vecteur : 6- β -iodométhyl-19-norcholestérol

Marqueur : ^{131}I .

Principe : Le iodocholestérol est un précurseur des hormones minérale et gluco-corticoïdes. Il se fixe donc sur le tissu cortico-surrénalien.

Indications principales :

- ① Hyperaldostéronisme I: Adénome de Conn ou hyperplasie bilatérale des surrénales?
- ② Hypercortisolisme : Syndrome de Cushing (hyperplasie) ou tumeur ?

④ Le thallium ou le MIBI sont utilisés dans l'évaluation et le diagnostic différentiel (radionécrose ou récurrence) des oligodendrogliomes et des astrocytomes.

2.10 GASTO-HEPATOLOGIE NUCLEAIRE

2.10.1. Transit oesophagien (Tc) et vidange gastrique (Tc+In)

Vecteur : Repas standardisé.

Marqueur : $^{99m}_{43}\text{Tc}$ (sauf pour la vidange gastrique des liquides : ^{111}In)

Principe : Des acquisitions scintigraphiques dynamiques permettent de calculer des temps de transit oesophagien, de broyage et de vidange effective.

Indications principales: Troubles moteurs oesophagiens, dyspepsie, Reflux gastro-oesophagien.

2.10.2. Scintigraphie hépato-biliaire

Vecteur : tBIDA : tri-méthyl-homo-imino-diacétique.

Marqueur : $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Le tBIDA est capté par le foie puis éliminé par les voies biliaires sans subir de biotransformation. Après analyse de l'invasion vasculaire, ce vecteur permet donc d'apprécier le volume fonctionnel hépatique (captation) puis la fonction de vidange vésiculaire.

Indications principales:

- Evaluation fonctionnelle après hépatectomie partielle ou auxiliaire.
- Diagnostic positif de l'hémangiome hépatique (fixation \searrow à l'angiographie puis \rightarrow et \nearrow).
- Hyperplasie nodulaire focale (fixation \nearrow à l'angiographie puis \rightarrow et \nearrow).
- Cholecystite aiguë/lithiase (Vésicule biliaire non vue après 1 heure \Rightarrow obstruction cystique).
- Anastomose bilio-digestive post-opératoire.
- Pathologie des voies biliaires (Oddi, fuite, atrésies)

2.10.3. Saignements digestifs.

Vecteur : Pyrophosphate (voir le paragraphe sur la ventriculographie isotopique).

Marqueur : $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Visualisation de l'accumulation d'hématies marquées au niveau du saignement.

Indications : Surtout utile pour les saignements survenant après l'estomac.

2.10.4. Diverticule de Meckel

Vecteur et marqueur : pertechnétate.

Principe: Physiologiquement, le pertechnétate injecté par voie IV est sécrété par les muqueuses gastriques, donc par l'estomac et les diverticules de Meckel à muqueuse gastrique (même s'ils ne saignent pas).

Préparation du patient : Cimétidine

2.11 AUTRES SCINTIGRAPHIES :

2.11.1. Glandes salivaires et lacrymales au pertechnétate.

Vecteur et marqueur : Pertechnétate.

Principe : Déposé sur la cornée, le pertechnétate permet d'étudier la perméabilité des conduits lacrymaux, du sac lacrymal et du canal lacrymo-nasal. Injecté par voie IV, il est sécrété et éliminé comme la salive par les canaux de Sténon et de Wharton.

Indications : larmoiement, obstruction, hyposialie, lithiase salivaire, parotidite, tuméfaction...

2.11.2. lymphoscintigraphie aux macrocolloïdes technétiés.

Vecteur : Macro-colloïdes

Marqueur : $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Injectés par voie sous-cutanée, les macro-colloïdes sont épurés par les lymphatiques du réseau superficiel et/ou profond.

Indications : Recherche étiologique d'un œdème.

2.11.3. Test de Landis isotopique.

Vecteur : Sérumalbumine

Marqueur : $^{99m}_{43}\text{Tc}$

Principe : Une perméabilité excessive de la paroi des petits capillaires entraîne un œdème sous-cutané par fuite de protéines et d'eau. On apprécie cette extravasation après injection de sérumalbumine technétiée, à l'état basal, après sensibilisation par pose d'un garrot, puis de nouveau à l'état basal après levée du garrot.

Indications : Mise en évidence de l'étiologie capillaire d'un œdème.

3. THERAPIE

3.1. CANCER THYROÏDIEN DIFFERENCIE OPERE

Vecteur et marqueur : ^{131}I (émission β^- de 610 keV).

Préparation du patient :

- Arrêt des hormones thyroïdiennes.
- Chambres plombées.

Indication : Un mois après thyroïdectomie, puis suivi diagnostique x 3 ans.

3.2. HYPERTHYROÏDIES (Basedow, nodule ou goitre nodulaire toxique...).

Vecteur et marqueur : ^{131}I (émission β^- de 610 keV).

Indications : En particulier en cas de contre-indication des ATS et de la chirurgie.

Contre-indication : Age < 20 ans.

3.2. POLYGLOBULIES PRIMITIVES

Vecteur et marqueur : ^{32}P

Principe : Le phosphore 32, émetteur β^- , s'incorpore à l'ADN et constitue un agent myélosuppressif, électif, global et temporaire des cellules souches hématopoïétiques.

Indication : Maladie de Vaquez chez un patient de plus de 70 ans en bon état général par ailleurs (risque leucémogène secondaire : 15 % à 15 ans). Cette technique est désormais peu utilisée.

3.3. SYNOVIORTHESE ISOTOPIQUE

Vecteur : Colloïde

Marqueur : Erbium 69, Rhénium 186 ou Yttrium 90 en fonction de l'articulation traitée.

Principe : L'injection intra-articulaire de ces émetteurs β^- permet une irradiation sélective de la synoviale, respectant les surfaces articulaires. Ceci permet un contrôle de la synovite.

Indication : Stade précoce d'un rhumatisme inflammatoire

3.4. ANTALGIE DES METASTASES OSSEUSES

Vecteur et marqueur : Strontium 89, Rhénium 186 ou Samarium 153

Indication : Antalgie des métastases de cancers ostéophiles (prostate, sein, +/- poumon, rein, thyroïde).