

PLACE DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE EN PNEUMOLOGIE :

PRINCIPE, TECHNOLOGIE ET ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Table des matières

| | |
|---|----------|
| I PRINCIPE | 2 |
| II RAYONNEMENT Y : | 2 |
| SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE | 2 |
| <i>Ventilation: technique</i> | 3 |
| <i>Perfusion: technique</i> | 3 |
| <i>Réalisation des images</i> | 4 |
| SCINTIGRAPHIE OSSEUSE..... | 4 |
| III IMAGERIE TOMOGRAPHIE D'EMISSION DE POSITONS: TEP | 6 |
| TEP EN PNEUMOLOGIE | 7 |
| IMAGERIE TEP | 8 |
| APPORT POUR LE DIAGNOSTIC DE MALIGNITÉ DU NODULE SOLITAIRE..... | 9 |
| TEP EN PNEUMOLOGIE ET PERSPECTIVES | 9 |
| CONCLUSION : IMAGERIE TEP | 9 |

I Principe

En scintigraphie on utilise la radioactivité : une petite quantité de substance radioactive émet des rayonnements issus de sa désintégration.

On utilise des traceurs radioactifs le plus souvent **par injection IV** (mais aussi voie orale ou ventilation avec un masque) avec **une faible quantité de radioactivité** et le plus souvent avec une **demi-vie courte**.

L'enregistrement d'images est réalisé à différents temps après injection selon le traceur et le type d'organe à explorer.

Les traceurs sont soit des **radioéléments seuls** (iode) ou sont **une molécule marquée par un radioélément** (sélection en fonction de l'organe que l'on veut explorer) : selon la molécule qui est marquée par le radio-élément, le traceur va se distribuer dans des organes spécifiques et permettre d'étudier le métabolisme du traceur: c'est une imagerie fonctionnelle.

Les Gamma caméras à simple photon permettent la détection des rayonnements gamma.

II Rayonnement γ :

Le rayonnement gamma est une **onde électromagnétique** qui provient du changement d'état énergétique d'un noyau. Le noyau passé d'un état excité vers un état stable en émettant le rayonnement.

On utilise le plus souvent l'émission **γ technétium** (^{99m}Tc) qui résulte de la désintégration β^- du noyau ^{99}Mo (molybdène)

Le technétium (^{99m}Tc) est le radioélément le plus utilisé en médecine nucléaire sur les gamma caméra conventionnelles (d'émission simple photon) ayant **une demi-vie de 6 heures**.

Scintigraphie pulmonaire

Utilisation de substance à émission de rayonnement gamma en scintigraphie conventionnelle d'émission à simple photon. La scintigraphie pulmonaire est un examen de ventilation et de perfusion pulmonaire. Ils sont réalisés en même temps si l'examen de ventilation est réalisé avec du Krypton (^{81}Kr).

L'indication la plus fréquente est **l'embolie pulmonaire** pour son diagnostic ou un suivi afin de mesurer les séquelles de la maladie. On utilise aussi la scintigraphie pulmonaire avant de retirer un lobe pulmonaire afin de vérifier que l'autre lobe est suffisamment opérationnel pour assurer la fonction de ventilation et de perfusion.

Ventilation: technique

Pour étudier la ventilation pulmonaire on se servira

- ❖ -soit d'**aérosols marqués au ^{99m}Tc** (demi vie de 6h), qui sera inhalé grace à un masque par le patient. Ces petites nano-particules de carbone se distribuent à l'équilibre selon les volumes alvéolaires. On fait ensuite des acquisitions séquentielles de ventilation grace à la gamma camera après inhalation des aérosols, et ensuite on étudiera la perfusion décrite ci-dessous. On combine ensuite l'analyse de la perfusion et de la ventilation afin de savoir si l'examen est normal ou pathologique.
- ❖ -soit du **$^{81m}\text{Krypton}$** qui est un gaz, qui est produit à partir d'un générateur, il a une demi-vie très brève (13 s). On a cette fois-ci une acquisition simultanée ventilation / perfusion car on utilise des isotopes différents. On fait des images des débits de ventilation.

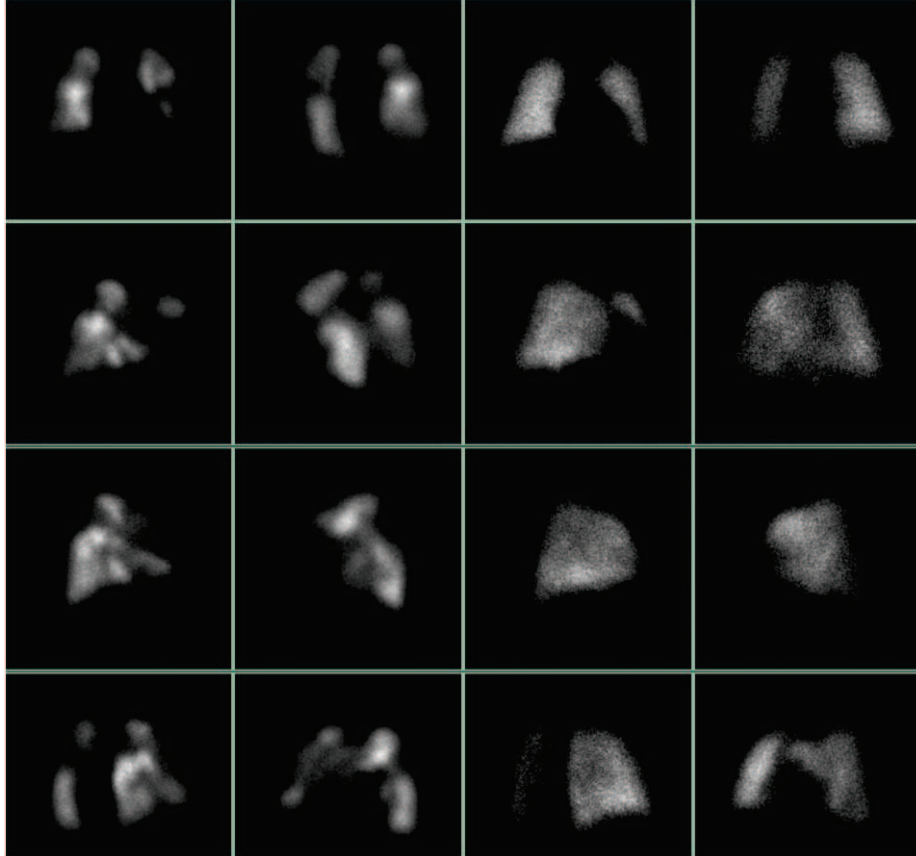
Perfusion: technique

Injection en intra-veineux chez un patient qui n'a pas besoin d'être à jeun de **macroagrégats de sérum albumine humaine marqués au ^{99m}Tc** (petites sphères avec un diamètre de 10 à 100 μm . Elles passent dans le sang et se distribuent dans les poumons selon les débits loco-régionaux de perfusion pulmonaire dans les capillaries. Pas de contre-indication à cet examen, c'est le seul examen de médecine nucléaire qui peut être réalisé chez la femme enceinte (on diminuera quand même la quantité de produit radioactif utilisé).

La scintigraphie pulmonaire comporte peu de risques pour, les femmes enceintes soumises à cet examen doivent cependant suspendre l'allaitement pendant 12h. Très peu de risques infectieux et l'hypersensibilité est rarissime. On combine souvent cet examen avec une radio thoracique qui doit être faite en même temps.

Réalisation des images

Donc comme il a été dit précédemment on mesure deux paramètres la ventilation (laire dans les poumons) et la perfusion (irrigation en sang du poumon).



Les deux colonnes de gauche représentent la perfusion et celles de droite la ventilation. Il s'agit ici d'une embolie pulmonaire bilatérale et on remarque une diminution de la perfusion avec des zones non perfusées alors que la ventilation est normale.

Scintigraphie osseuse

On utilise des **diphosphonates marqués au ^{99m}Tc** qui vont se fixer sur l'os en suivant la répartition du calcium osseux et permettre de réaliser des images du squelette (tropisme osseux). Cet examen est réalisé chez un patient qui n'est **pas à jeun** après une **injection en IV**. Il faut ensuite **attendre 2 à 3 heures** après IV pour que la captation osseuse soit optimale.

Cela permet d'avoir **une image Corps entier** (avec en plus des images tomographiques de fusion avec TDM)

L'Indication la plus fréquente est le **bilan d'extension de cancer à la recherche de métastases osseuses**.

Scintigraphie osseuse normale



Sur cette image la répartition des diphosphonates est **homogène** ; la scintigraphie est normale.

Scintigraphie avec métastases osseuses



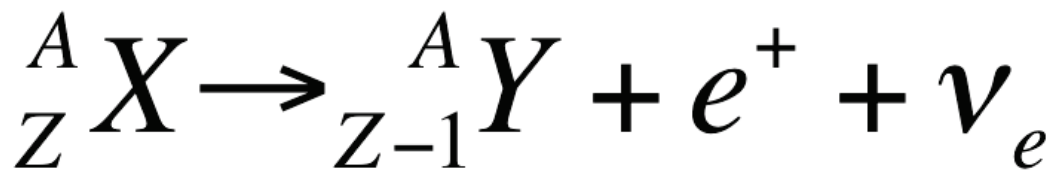
Ce patient (image précédente) a des anomalies de fixation des diphosphonates sur le **cotyle droit** (surface articulaire de l'os iliaque à la jonction entre ischion pubis iléon) et sur le **fémur droit**.

Ces anomalies de répartition des diphosphonates correspondent à des métastases osseuses.

III Imagerie Tomographie d'émission de positons: TEP

Avant toute chose petit rappel sur les rayonnements bêta+:

Résulte d'un excès de protons



Le **positon** va **s'annihiler** en rencontrant un e- de la matière et donner deux **rayonnements gamma de 511 Kev émis à 180 degrés**.

Les caméras de tomographie à émission de positons permettent de détecter les deux photons gamma de 511 Kev émis à 180° lors de l'annihilation du positon β^+ . Ces émetteurs de positons sont produits par un **cyclotron**. Le plus utilisé est le **FLUOR18** obtenu en bombardant l'oxygène 18 par des protons. On peut maintenant aussi synthétiser ces positons grâce à des générateurs qui peuvent être présents dans les différents services.

Les images TEP sont des **images fonctionnelles** (par exemple : métabolisme du glucose pour le TEP 18FDG)

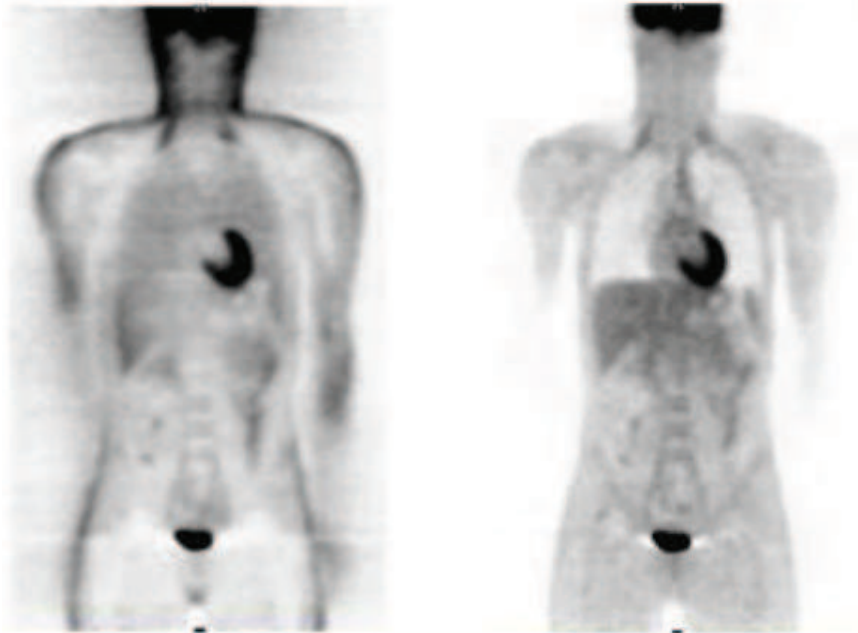
Elles sont **couplées (imagerie de fusion) à un scanner TDM** et permettent d'obtenir des images corrigées de l'atténuation de meilleure qualité et des images de superposition des images morphologiques (TDM) avec les images fonctionnelles (TEP). Depuis les années 2000 on voit apparaître le développement de l'activité Clinique hybride avec les machines qui couplent TEP/TDM, principalement pour la cancérologie.

Indication principale en oncologie dans les **bilans d'extension de cancers**.

Elles ont une meilleure sensibilité de détection et une meilleure résolution d'image que les caméras d'émission à simple photon.

Image atténuée

Image corrigée grâce au scanner



La TEP permet **d'avoir une quantification de la fixation normalisée (du glucose pour le FDG)** malgré l'atténuation la diffusion les émissions fortuites. On obtient le SUV (Standard Uptake Value), c'est la valeur de la fixation du traceur. Le SUV permet d'analyser l'évolution des tumeurs pendant traitement. On peut ensuite calculer

- ❖ **soit le SUV_{max}** : C'est celui qui est le plus utilisé
- ❖ **Soit le SUV_{moy}** La moyenne dépend de la façon dont la région d'intérêt est tracée

Pour comparer des SUV de deux examens différents il faut que la méthode de calcul identique.

TEP en pneumologie

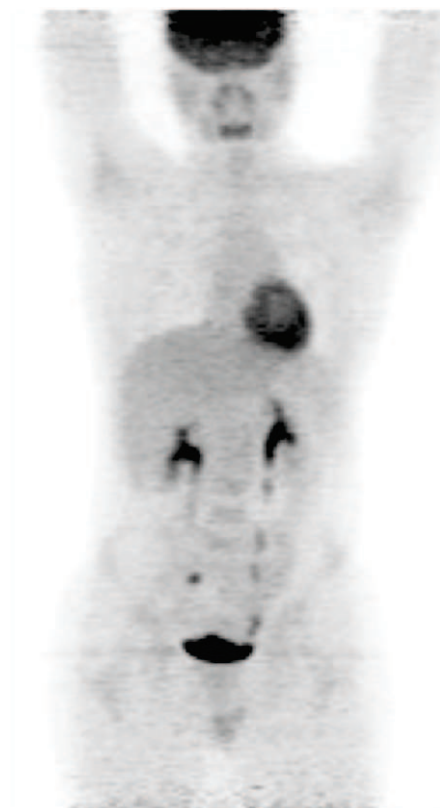
On l'utilise pour savoir si un **nodule pulmonaire** de plus de 1cm est **malin ou non**, il peut aussi servir au bilan d'extension d'un cancer broncho-pulmonaire avéré, à la détection des récurrences et au suivi de l'évolution d'un patient sous traitement.

Imagerie TEP

L'imagerie TEP nécessite:

- ❖ Un **radioélément émetteur de positons : ^{18}F** .
- ❖ Une **molécule qui est choisie pour son tropisme vis à vis de certains organes** ici c'est le FDG qui est un Analogue du glucose qui pénètre dans la cellule mais ne peut pas ressortir il s'y accumule et va être **stocké** dans celle-ci. Il va être particulièrement stocké dans la **cellule tumorale**, en effet celle-ci a une forte consommation de glucose par captation et augmentation des transporteurs du glucose.
- ❖ Un détecteur spécifique; **la caméra TEP**.

Le patient doit être **à jeun**, l'injection se fait en **IV**, on doit attendre **45 à 60 minutes pour la fixation tissulaire** (au repos). **L'acquisition dure 20 à 45 minutes** selon les cas et le nombre de séquences. Tout ceci permet d'avoir une image du corps entier.



Le FDG est ici distribué de façon physiologique et on remarque qu'il est particulièrement présent au niveau du Cœur et des reins ainsi qu'au niveau de la vessie et du cerveau.

Apport pour le diagnostic de malignité du nodule solitaire

Le seuil de SUV classique est de **2,5**.

Le risque de faux négatifs dépend de **la taille des lésions** (moins de 1cm) et **nature histologique** (carcinoïde et bronchiolo-alvéolaire ou les tumeurs ne fixent pas le glucose)

Risque de faux positifs car le glucose peut être fixé par les cellules de manière importante dans le cas de **maladies inflammatoires ou infectieuses**.

TEP en pneumologie et perspectives

- ❖ Mise en place de la TEP dans la **sarcoïdose**: grande Sensibilité et meilleure détection des localisations extra-thoraciques que la scintigraphie au Gallium.
- ❖ Mise en place de la TEP pour le traitement en **radiothérapie conventionnelle des cancers** car elle permettra de centrer les champs d'irradiation des cancers selon les zones tumorales où la fixation du traceur est élevée.

Conclusion : Imagerie TEP

Extension de l'AMM européenne pour la détection **de processus infectieux ou inflammatoires rencontrés en médecine interne**.

Nouveaux traceurs de la prolifération et de l'hypoxie tumorale pour le suivi thérapeutique des patients cancéreux.