



**UE / ENSEIGNANT** : UE 19 Appareil locomoteur - Querellou

**DATE** : 02/12/2024

**GROUPE** : ABALEA Enzo, GEFFROY Léo

**REMARQUES** : Quelques modifications par rapport à l'année dernière  
solene.querellou@chu-brest.fr

---

## Médecine nucléaire et pathologies osseuses

---

### Table des matières

#### I) Introduction

- A) Principe technique de la médecine nucléaire
- B) Les isotopes utilisés
- C) Les vecteurs utilisés

#### II) Médecine nucléaire et pathologies osseuses

- A) la scintigraphie osseuse classique
  - 1) Protocole
  - 2) L'intérêt de l'examen
  - 3) Aspect normal
- B) TEP au  $^{18}\text{FNa}$  9

#### III) Revue des indications et images typiques de scintigraphie

- A) Pathologie traumatique
  - 1) Fractures
  - 2) Algoneurodystrophie (Algodystrophie = SDRC1)
  - 3) Périostite / aponévrite / fractures
  - 4) Descellement prothétique (mobilisation de la prothèse) : septique ou non
- B) Pathologie non traumatique bénigne
  - 1) Lésions dégénératives
  - 2) Ostéonécrose
  - 3) Ostéochondrite chez l'enfant
  - 4) Synovite aiguë transitoire = rhume de hanche
  - 5) Ostéomyélite
  - 6) Ostéome ostéoïde

- 7) Dysplasie fibreuse (maladie que l'on rencontre en rhumato)
- 8) Maladie de Paget (rhumato)

**IV) Bilan de lésions primitives ou secondaires malignes**

- A) Lésions primitives
- B) lésions secondaires

**V) Principe physique de l'ostéodensitométrie**

- A) Définition
- B) Tissu osseux
- C) Ostéoporose
- D) Principe physique de l'ostéodensitométrie (ODM)
  - 1) Formules
  - 2) Résultats
  - 3) Remarques

**VI) QCMs**

## I) Introduction

En imagerie nucléaire, il y a deux grands types d'exploration :

- Émission de photons gamma (gamma caméras) → scintigraphie. Isotope radioactif (**technétium 99**, à connaître) + vecteur se fixant sur l'os. **Ionisant**. Émetteur monophotonique + émetteur de positons.
- TEP. Isotope (émetteur de positons) + vecteur, souvent sucre associé à du **Fluor 18** (utilisation en cancéro surtout). (maintenant associé à un TDM, on parle de TEP scanner)

Principe de l'imagerie nucléaire : explorer la partie fonctionnelle d'un organe ou autre en utilisant un vecteur couplé à un isotope radioactif (on le fait ingérer au patient). C'est la molécule radioactive qui est détectée.

Modalités d'imagerie :

- Rayons x : radiologie + angiographie + TDM (tomodensitométrie) → mesure du coefficient d'atténuation selon les tissus (os très **dense, arrête de manière importante le rayonnement**, et poumons peu denses (air)). Le fenêtrage permet de voir différents organes. Coronarographie (pour rechercher la sténose). Coefficient d'atténuation de chaque organe.
- Ultrasons : échographie → ondes mécaniques acoustiques (US, **non irradiant**)
- IRM → via les protons (non irradiant)

Les différentes imageries sont complémentaires. On fait d'abord la + simple (radio car + simple d'accès, moins cher etc) avant de faire une IRM ou un scan...

Intérêt de l'imagerie médicale :

- Dépistage/diagnostic (= positif, différentiel ou étiologique) → mammographie par ex
- Pronostic (selon activité tumorale, extension)
- Évaluation de la réponse au traitement (au stade précoce, intermédiaire, final)
- Suivi d'une pathologie, détection de récurrence (cancer mais pas que)... On adaptera la modalité d'imagerie en fonction du patient (femme enceinte, personne insuffisante rénale etc...)

## A) Principe technique de la médecine nucléaire :

En médecine nucléaire, on s'intéresse plutôt au côté fonctionnelle à la différence de l'imagerie morphologique (scanner, radio...). Il s'agit d'une imagerie d'émission (c'est le patient qui émet la radioactivité et non la machine) ≠ de l'imagerie de transmission.

Imagerie fonctionnelle/morphologique : multimodalité. En combinant imagerie morphologique et fonctionnelle, ça permet de mieux mettre en évidence la localisation et la structure pathologique. (ex : TEP-TDM)

On administre dans le corps (par différentes voies, dans 90% des cas on injecte en IV, mais aussi per os, SC, inhalé) un vecteur contenant un radiopharmaceutique de type isotope radioactif (ex : Tc99m → émetteur gamma) qui se fixe sur un organe grâce à ± son vecteur (examen +/- irradiant avec émission de photons gamma).

L'irradiation est +/- longue en fonction du produit injecté. On choisit le radiopharmaceutique en fonction de son tropisme et du type de tissus que l'on veut observer.

Il faut distinguer l'imagerie anatomique (morphologique) et fonctionnelle :

- imagerie anatomique : scanner → repérer une lésion
- imagerie fonctionnelle + anatomique : TEP-TDM ou spectCT (= scintigraphie + scanner) → savoir si la lésion est active ou pas.

Association des imageries fonctionnelle et anatomique (TEP - IRM par ex) : meilleure visualisation de l'anomalie.

**Scintigraphie osseuse** : vecteur (**biphosphonate** pour l'os) associé à un émetteur gamma (technetium 99 métastable (Tc99m), monophotonique).

**TEP** : patient radioactif qui émet des positons B+, donne 2 photons gamma émis à 180°. Couronne de détecteur pour récupérer les 2 photons.

But imagerie en médecine nucléaire : détecter la distribution spatio-temporelle d'un radiopharmaceutique (n'ayant pas d'effet sur les organes car on injecte à dose très faible) dans l'organisme grâce au rayonnement émis par ce dernier. On choisit le vecteur en fonction de son affinité vis-à-vis d'un organe ou d'une fonction. Dose traceuse en quantité infinitésimale !

**Radiopharmaceutique = radio traceur = émetteur +/- vecteur**

Diversité des sites de fixations des traceurs

En TEP, on utilise souvent le **<sup>18</sup>F sous forme de FDG** (éliminé par voie urinaire → voies urinaires très brillantes en TEP) et de plus en plus le <sup>68</sup>Ga. On utilise aussi l'iode pour le diagnostic/le traitement de pathologies thyroïdiennes.

On peut donc utiliser différents radiopharmaceutiques avec différents tropismes pour un organe, on adapte le radiopharmaceutique à la situation et à l'organe.

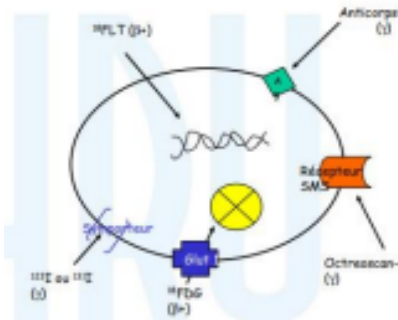
En Scintigraphie, c'est surtout du **<sup>99m</sup>Tc**

*Exemples :*

- GLUT1 utilisé pour TEP au FDG.
- Récepteurs à la somatostatine : tumeurs neuro-endocrines. Radium 111

Les émetteurs sont utilisés seuls dans de rares cas, ils sont la plupart du temps associés à un vecteur (ex : Iode 131 pour la thyroïde).

**Sans isotope → pas de détection, on peut enlever le vecteur mais pas l'inverse.**



En médecine nucléaire, on n'utilise pas un rayonnement extérieur mais **c'est le patient qui émet le rayonnement** (il est radioactif, par respiration, IV ou absorption). Savoir qu'il y a énormément de molécules disponibles qui permettent de faire des examens de quasi tous les organes du corps (en les fixant à un émetteur).

2 techniques sont possibles :

- **TEMP (= scintigraphie conventionnelle)** = Tomographie par Émission MonoPhotonique avec 2 g-caméras (une au-dessus et une au-dessous du patient) qui détectent le rayonnement isotrope des photons. Cette technique nécessite cependant une étape de collimation (avec un collimateur) pour localiser le lieu d'émission des photons. Il y a une perte d'information quand les photons ne sont pas captés.
- **TEP** = Tomographie par Emission de Positons avec 1 anneau de détection qui permet de détecter les photons  $\gamma$  émis en coïncidence (= émis en même temps avec angle de  $180^\circ$  suite à l'annihilation des positons avec les électrons). Couronne de détecteurs +++. Une couronne pour le scan et un pour la TEP.

Couplage TEP/TEMP avec TDM-scanner : le **scanner permet de corriger l'atténuation** (d'où rehaussement des structures profondes) et permet une bonne localisation de l'anomalie au niveau anatomique.

Echelle de couleur utilisée pour l'imagerie de TEP (le cerveau fixe beaucoup car il est gluco-dépendant, les voies urinaires fixent beaucoup car c'est la que se fait l'élimination du PDC → physiologique).

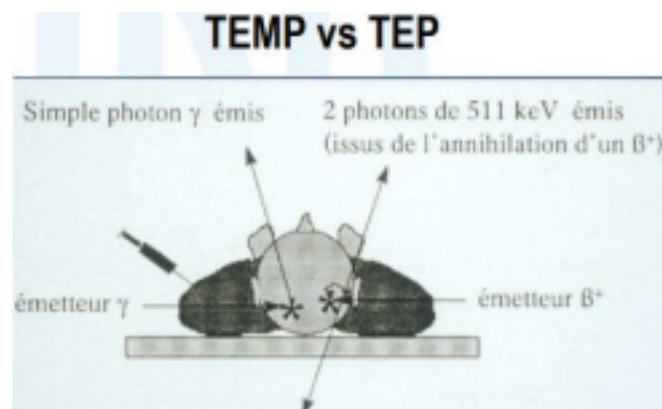
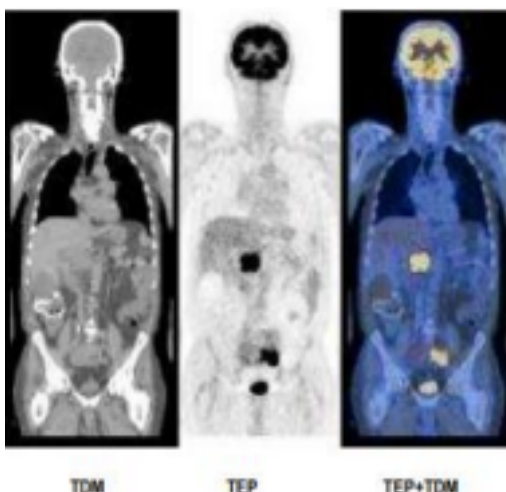


Image G : TDM (scanner), visualisation topographique

- Image centrale : TEP, visualisation lésion → imagerie fonctionnelle

- Image D : combinaison des 2 → meilleure visualisation spatio-temporelle

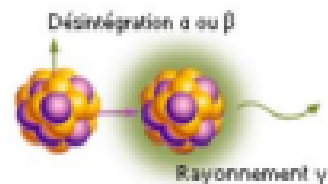
## B) Les isotopes utilisés

On peut coupler ces isotopes à toutes sortes de vecteurs selon le processus que l'on cherche à mettre en évidence :

- **Scintigraphie** : Tc99m (demi-vie = 6h), I123 (thyroïde), Tl201 (cœur), In111 (tumeur neuroendocrine), Kr81m (gaz radioactif, permet de faire une ventilation pulmonaire par inhalation respiration), I131

Ces isotopes permettent une **émission monophotonique isotrope**

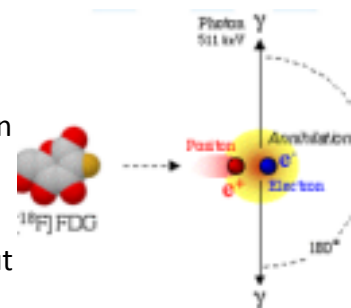
**(à retenir : Tc99m pour la scintigraphie osseuse).**



- **TEP** : F18\*\*, Rb82, Ga68, I124.

Ces isotopes permettent l'émission d'un positon suivie d'une annihilation

**(à retenir : F18)**



On utilise surtout le 18FDG pour le métabolisme des glucides et on peut également utiliser le 18Fna pour le métabolisme osseux.

## C) Les vecteurs utilisés

On choisit le vecteur en fonction de son **affinité** vis-à-vis d'un organe ou d'une fonction. Intérêt notamment pour l'os en scintigraphie de faire une exploration corps entier.

### Radiopharmaceutiques Fluorés : (pour la TEP)

- Métabolisme des glucides : FDG marqué au fluor 18
- Métabolisme osseux : **18FNa\*\*** (pour TEP), exploration des anomalies osseuses
- Métabolisme des protéines : 18F-méthionine + 18F-DOPA
- Métabolisme de l'ADN : 18F-L-Thymidine
- Métabolisme des lipides : 18F-Choline

Tous ces vecteurs sont marqués au **fluor 18**, cet isotope Fluor 18 a une demi vie radioactive assez longue pour pouvoir être détecté (demi vie de 120 min).

### Radiopharmaceutiques Technétiés :

- Métabolisme osseux : **Tc99m+ Diphosphonate** (pour TEMP car tropisme osseux donc fabrication pas d'exploration de la fonction ostéolytique \*\*)
- Infectieux : Tc99m+ (HMPAO) + polynucléaires
- Perfusion pulmonaire : Tc99m+ micro agrégats d'albumine (si mal perfusé : noir),

normalement homogène (si trou noir, typique embolie pulmonaire)

- Perfusion myocardique : Tc99m (marqueur)+ tetrofosmin. Tropicité particulière pour ventricule G (myocarde). Si problème : hypofixation.

Tous ces vecteurs sont marqués au Tc99m (vecteur principal\*\*)

## II) Médecine nucléaire et pathologies osseuses

### A) Scintigraphie osseuse classique : Tc99m + Biphosphonates

Ce n'est pas un traitement de première intention (on fera des radios/±echos avant mais ce n'est pas parce que la radio ne voit rien qu'il n'y a rien donc ne pas hésiter à demander IRM/TDM/TEP).

= Tc99m (émetteur) + bisphosphonates (vecteur) (*m de Tc99m = métastable*)

Elle reflète l'activité **ostéoblastique \*\***, présente suite à un traumatisme ou en cas de néoplasie par exemple. **Fixation au niveau du front de minéralisation de l'os reflet de l'activité** (imagerie non appropriée en cas de lyse osseuse donc pas pour un myélome par exemple car activité ostéoclastique +++).

- Contre-indication : grossesse car c'est un examen irradiant (*à éviter sauf si non évitable ex : embolie pulmonaire, évaluer le rapport bénéfice/risque*), recommandations pour la lactation, présence connue de lyse osseuse
- Préparation du patient : aucune, **non à jeun**
- Dose (dosimétrie faible) : 5 mSv (dû au temps du Tc) +/- TDM low dose : 2mSv par champ d'exploration au scanner → couplage au scanner facultatif (scanner entre 10 et 15mSv)

#### 1) Protocole

Administration du radio-traceur par voie **IV** puis il faut attendre 2-3h (distribution en vasculaire puis passe au tissu puis os, donc qq heures pour que le produit se fixe au niveau de l'os) pour ne détecter QUE la fixation osseuse sur l'image.

Suite à cette injection le patient devient irradiant pour lui-même et son entourage (il émet encore des rayonnements après l'examen). Sachant que la période du Tc99m est de 6h.

#### **3 temps d'exploration :**

**Exploration précoce** facultative (pas pour la cancéro). Étude comparative, surtout utilisée pour les tissus mous.

- Phase 1 : temps angioscintigraphique = **temps vasculaire** → série dynamique 0-60s (on étudie la vascularisation); patient sous la machine avec injection du produit et

lancement simultané de l'acquisition, puis visualisation de la fixation du produit au niveau des tissus (on met les 2 g-caméras au niveau de la zone étudiée)

- **Phase 2 (= temps tissulaire) : clichés précoces tissulaires** → 5 à 10 mn après injection (on étudie la fixation au niveau des tissus). Ne nécessite pas une injection sous la machine, on peut faire la phase 2 sans la phase 1.

### **Exploration osseuse tardive (= phase 3) : « systématique »**

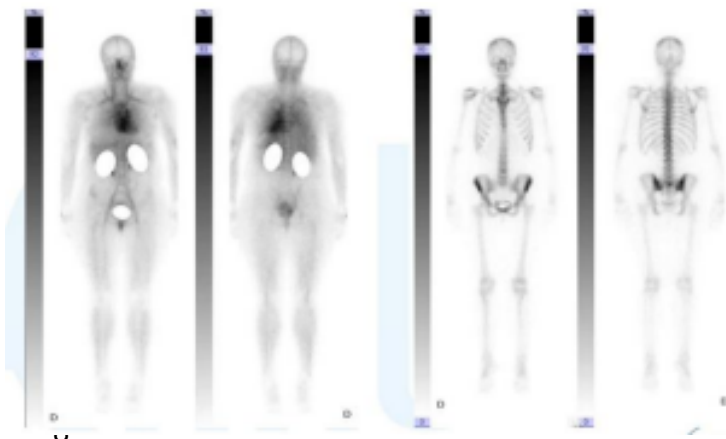
- 2-4h après injection (le temps que le produit se fixe sur os), activité purement osseuse
- **sur corps entier systématiquement** (même si on regarde l'orteil), on voit le traceur migrer vers la zone douloureuse, puis clichés **centrés sur la douleur ou sur zones anormales**.
- couplage TEP-scanner X (imagerie morphologique, maintenant quasiment systématique).

## **2) L'intérêt de l'examen**

- Sensibilité élevée (> 90% pour les métastases osseuses, donc s'il y a une fracture ou une infectio, en général on la détecte)
- Spécificité + faible mais augmentée par l'apport du scanner X
- Imagerie de la totalité du squelette
- Information vasculaire et tissulaire de l'os possible
- **Absence d'artefact** lié à la présence de matériel métallique orthopédique (par ex prothèses) contrairement au scanner X ++
- Possibilité de quantification de l'infiltration osseuse tumorale (de moins en moins)

## **3) Aspect normal**

Le produit est éliminé par voie urinaire d'où le fait que la vessie fixe le traceur au temps tardif. Il y a aussi une forte fixation du produit sur les métaphyses/épiphyses de l'enfant en lien avec la croissance osseuse (on rappelle qu'on regarde l'activité ostéoblastique, donc c'est complètement logique).



**Image adulte : Aspect normal** : L'image à gauche correspond à un temps précoce (tissulaire) et celle de droite à un temps osseux (tardif).

Les reins peuvent parfois être masqués artificiellement par les manipulateurs



On peut retrouver des fixations atypiques si le patient est un grand sportif (fixation musculaire, ici au niveau des pectoraux).

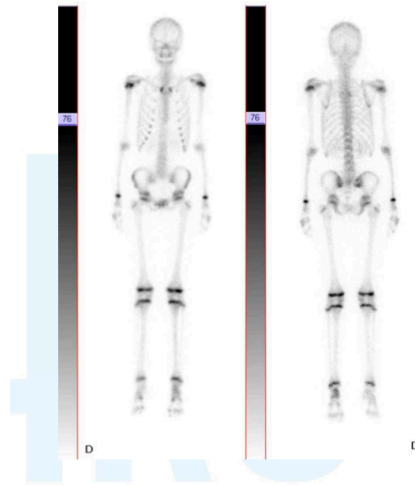


Image enfant : fixation importante (**physiologique**) au niveau des cartilages de conjugaison (noir) contrairement à l'adulte → croissance osseuse.

### B) TEP au 18 FNa

Assez peu utilisé à Brest car il y a déjà d'autres examens scintigraphiques très performants. Surtout utilisé pour le suivi de cancer.

Dosimétrie comparative : 18F-FNa vs 99mTc-BP

Radiopharmaceutiques	Equivalent de dose/activité injectée (mSv/MBq)	Activité injectée (MBq)	Dose efficace (mSv)
<sup>99m</sup> Tc-BP	0,0053	10 MBq/kg	5
<sup>18</sup> F-FNa	0,023	0,5 MBq/kg	9,25

De manière analogue aux 99mTc-BP (biphosphonate), l'accumulation osseuse du 18FNa reflète la vascularisation et le remodelage (turn over) osseux.

Cependant, le niveau de captation osseuse du 18FNa est **2 fois plus élevé** que celui du **Tc99m + bisphosphonates**.

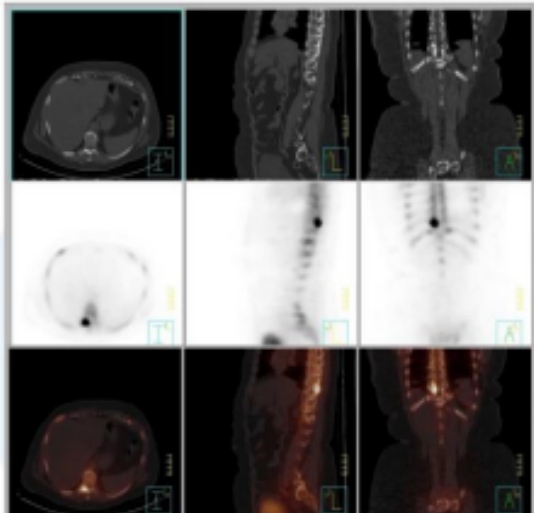
La TEP au 18FNa est donc beaucoup plus sensible mais moins disponible.

Avec une dose = 9,25 mSv l'examen simple est presque aussi irradiant (mais moins long) que la scintigraphie au Tc99m couplée à un champ d'exploration scanner (= 5mSv + 2 x 2 mSv).

L'imagerie TEP a une meilleure résolution que la scintigraphie (on verra plus de choses en TEP). D'ailleurs c'est presque trop : l'arthrose, par exemple, marque beaucoup donc en comparaison à la scintigraphie ça peut être perturbant.



Elimination du produit par voie urinaire  
 Métastases tout le long du rachis + pathologies au niveau des articulations (genou)  
 (quand fixation dans le squelette axial, c'est suspect, squelette appendiculaire, on pense plutôt à de l'arthrose)



Lésions mixtes osseuses d'adénocarcinome mammaire (scanner en haut, TEP au milieu et TEP-scanner en bas).

À gauche : tissus

À droite : os

(produit filtré par rein et éliminé par voies urinaires d'où le fait qu'on détecte les reins, uretères..).

#### Remarques de Querellou:

- Dès qu'on observe des points noirs en imagerie, c'est potentiellement des métastases (regarder intensité et localisation pour diagnostiquer).
- Parfois la fixation n'a aucune traduction morphologique, d'où l'utilité des autres imageries (complémentarité).

### **III) Revue des indications et images typiques de scintigraphie**

Retenir : pathologie osseuse → imagerie de 1ère intention = radiologie (facilement accessible et pas trop irradiant). Si on ne trouve rien, la scintigraphie peut être demandée en imagerie de 2e intention.

#### 3 indications majeures :

##### **A) Pathologie traumatique bénigne**

- Fracture (infra-radiologique parce qu'en général la radio a été faite avant la scintigraphie)
- Algodystrophie
- Périostite, aponévrite
- Descellement prothétique

##### **B) Pathologie non-traumatique bénigne**

- Lésions dégénératives (arthrose par ex, très fréquent)
- Ostéonécrose
- Ostéome ostéoïde
- Dysplasie fibreuse
- Paget

### C) Pathologie non-traumatique maligne

- Lésions primitives (sarcomes osseux visibles en TEP au FDG)
- Lésions secondaires, métastatiques (cancers du sein et de la prostate principalement)

### A) Pathologie traumatique bénigne

#### 1) Fractures

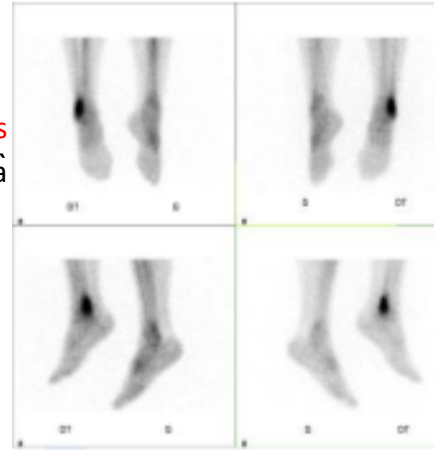
La scintigraphie est indiquée notamment dans le cadre de **fractures infra-radiologiques** qui surviennent suite à un micro traumatisme ou à l'ostéoporose (non visibles au scanner).

Foyer intense sur la malléole fibulaire sur le cliché.

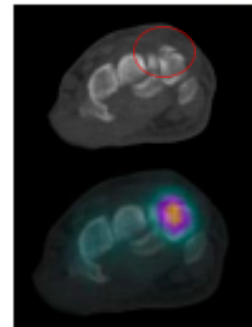
Zone + sombre = zone de fracture (car il y a de l'**activité ostéoblastique**).

Toujours faire les 2 pieds en plus du corps entier pour comparer.

Coupler scanner et scinti permet de mieux distinguer la fracture (sans scanner, + compliqué, on peut passer à côté d'une fracture). Si on recherche des métastases osseuses, on ne va observer que le temps tardif.



Fracture du poignet



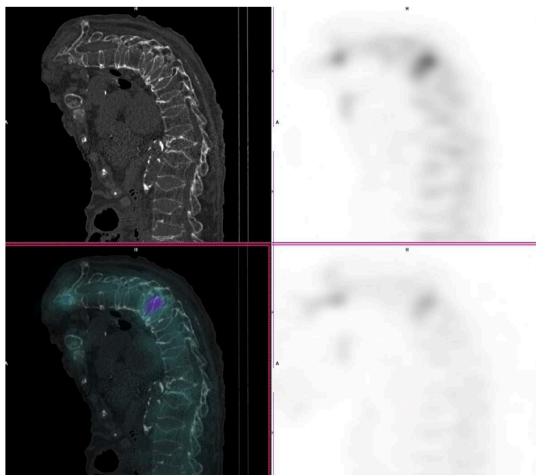
Fractures des métatarsiens notamment chez les coureurs (par sollicitation excessive surtout chez le jeune) ("surtout avec la course à pieds aujourd'hui et tous ces trails" 😞).

Ici, pour rechercher une fracture, on étudie les 3 temps.



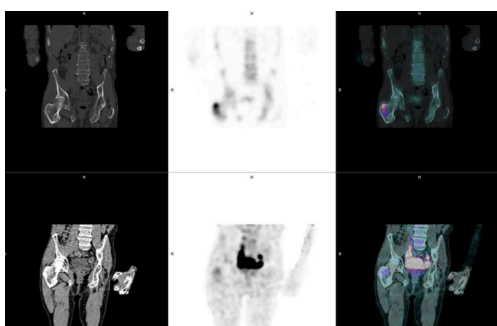
Fracture en forme de « H » au niveau du bassin souvent caractéristique d'une fracture du sacrum (sur cliché corps entier) avec ailes sacrées cassées.

Souvent, passe inaperçu au scanner mais très bonne sensibilité de la scintigraphie.



Tassements vertébraux : la scintigraphie permet de dater les tassements (si foyer hyperfixant → fixations récentes : tassements responsables des douleurs).

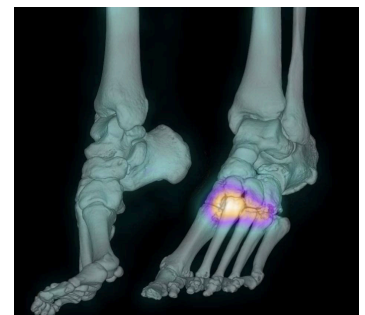
Tassement étagé avec aspect en galette des vertèbres. Fixation pathologique sur certaines vertèbres et d'autres qui ne fixent pas donc qui sont anciennes.



fracture infra-radiologique post traumatique du grand trochanter avec également des fractures costales. En cas de douleur traumatique ou non traumatique, on peut faire des images tissulaires qui peuvent montrer des calcifications...

Entorse du Lisfranc avec fracture de la base de M2

Anomalie visible au temps tissulaires (foyer très marqué au niveau de la base de M2 visible au temps tardif, évoque une fracture)



Remarques :

On peut passer à côté de la fracture si on fait la scintigraphie trop tôt (car il n'y a pas encore d'activité ostéoblastique). Il faut toujours tenir compte du délai.

La scintigraphie peut être l'examen de 2e intention après une radiographie en cas de fracture \*\*

## **2) Algoneurodystrophie (Algodystrophie = SDRC1)**

Maladie pas bien comprise sur le plan physiopathologique mais qui présente des caractéristiques en imagerie.

Elle est caractérisée par des troubles vasomoteurs.

2 formes :

- forme chaude : membre gonflé, chaud, rouge avec hypersudation → hyperfixation aux 3 temps (asymétrie de fixation repérée sur cliché en 3 temps, précoce tardif)

- forme froide : membre violacé, froid avec troubles trophiques, hypofixation tardive (plutôt chez l'enfant et jeune adulte)

Différentes phases dans la maladie, évoluant d'une phase très active à une forme moins active voire à la disparition des symptômes.

C'est un syndrome douloureux qui dure de quelques mois à quelques années (entre 2 mois et 2 ans) mais pour lequel il n'y a pas de traitement.

Le plus souvent, elle est secondaire à un traumatisme, chirurgie, infarctus ou AVC, médicaments, diabète mais peut être spontanée. Délai d'apparition après le trauma (qq semaines à qq mois). Pas de lésions nerveuses à la différence des SDRC2.

On recherche des anomalies sus et sous-jacentes → sd coude-épaule-main (grâce à l'imagerie corps entier).

Aucune corrélation entre sévérité du trauma et les symptômes (dont la douleur).

Atteinte principale : pied adulte avec douleur spontanée ou provoquée, des troubles sensitifs, vasomoteurs, sudoraux et trophiques.

Touche plutôt l'adulte. Chez l'enfant, on a plutôt des formes froides avec hypofixation.

La scintigraphie permet de diagnostiquer l'algodystrophie, de quantifier l'étendue de l'atteinte et pour savoir si on est au début ou proche de la fin de la maladie.

Au niveau clinique, cela se manifeste par une articulation douloureuse, enflée et rouge. La scintigraphie révèle souvent une atteinte des articulations adjacentes (sans qu'elles soient douloureuses). En revanche, il y a une asymétrie des lésions (jambe G atteinte mais jambe D non atteinte). Atteint surtout les pieds (le plus fréquent), les hanches (un peu moins), les articulations adjacentes, préférentiellement chez le jeune adulte (forme froide), avec une douleur spontanée, qui peut-être provoquée, on peut avoir des troubles sensitifs et vasculaires.

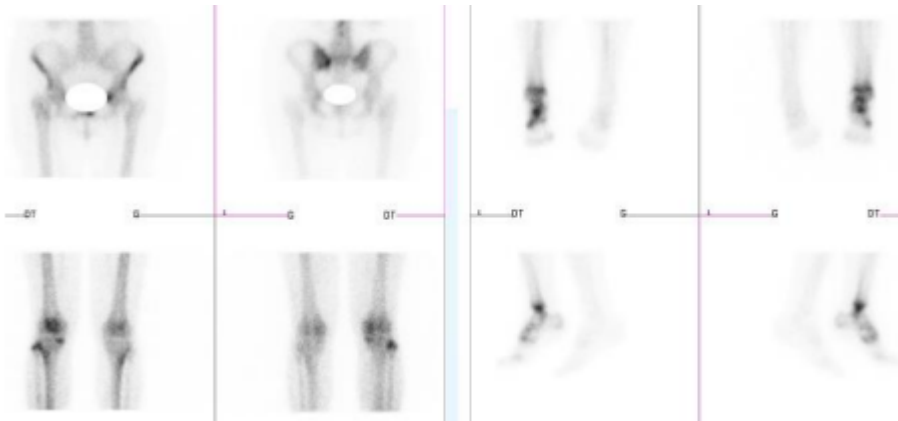
Douleur spontanée ou provoquée avec des troubles vasomoteurs.

Installation progressive en 3 phases :

- **Aiguë** avec inflammation locale et impotence fonctionnelle, dure 3 à 6 semaines
- **Dystrophique** avec disparition de l'inflammation et apparition de troubles trophiques → raideur +++
- **Séquellaire** avec douleur, raideur, rétraction articulaire (en qq mois à plusieurs années)



C'est une pathologie bénigne qui évolue favorablement mais compliquée à vivre pour le patient.

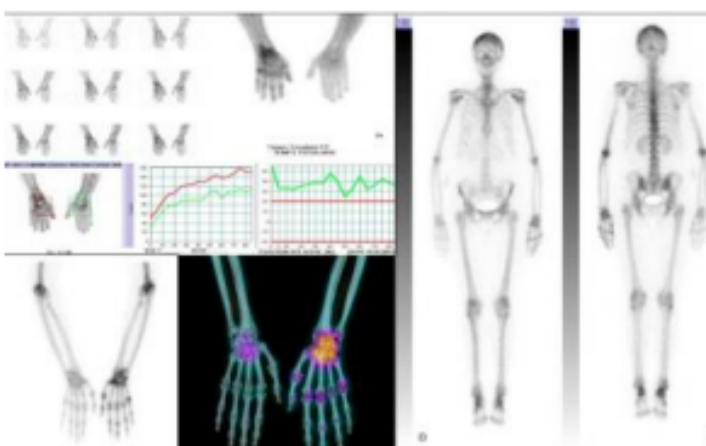


Evolution de la maladie :

- début de maladie : les 3 temps de la scintigraphie sont anormaux
- milieu de maladie : seuls les 2 derniers temps de la scintigraphie sont anormaux
- fin de maladie : seul le dernier temps de la scintigraphie est anormal

Rappel : 3 temps : vasculaire précoce, tissulaire et osseux

Aspect au scanner : déminéralisation osseuse mouchetée assez caractéristique (pas de foyer très intense comme pour la fracture)



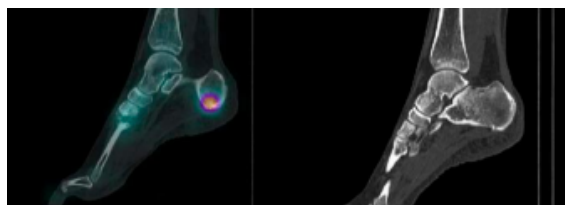
Fixation diffuse du poignet et déminéralisation mouchetée osseuse du poignet (= un des signes non spé de l'algodystrophie mais signe supplémentaire pour affirmer le diagnostic).

### 3) Périostite / aponévrite / fractures

La périostite, c'est un peu l'étape avant la fracture → fracture de contrainte.

Chez les sportifs (coureurs) qui sollicitent trop leurs articulations et comme la plupart du temps ils ne s'arrêtent pas assez longtemps, ça repart de plus belle dès qu'ils reprennent. Foyers jambiers, plutôt plurifocaux. Pour différencier fracture et périostite : fracture visible au temps précoce et tardif alors que la périostite (inflammation) ne sera visible seulement au temps tardif.

- Périostite : un micro-traumatisme du périoste peut provoquer une microfracture infra-radio (assez fréquent chez les sportifs), (étape avant la fracture de fatigue, notamment chez le sportif) (anomalie visible sur le temps tardif = fixation sur les tibias)



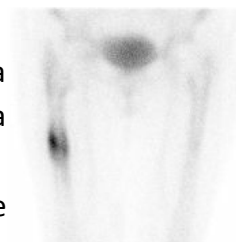
- Aponévrose ou aponévrite plantaire : souvent au niveau de l'épine calcanéenne (petite excroissance sur le calcaneum) avec foyer très intense de fixation sur le calcaneum. On peut avoir une épine calcanéenne sans avoir de fixation, si c'est le cas il faut chercher ailleurs.

### 4) Descellement prothétique (mobilisation de la prothèse)

Les prothèses parasitent la radio et le scanner.

Absence d'artefact sur la scintigraphie → on voit bien une hyperfixation en périphérie de la prothèse suite au descellement mécanique ou septique (à droite chez le patient). La scintigraphie est meilleure que le scanner pour détecter un descellement.

Important pour le chirurgien de savoir si le cotyle est concerné ou pas car la prise en charge sera ensuite différente (il peut ne changer qu'un versant de la prothèse) !



## B) Pathologie non traumatique bénigne

### 1) Lésions dégénératives, arthrose ++

Important avant la pose de prothèse, permet d'orienter vers une PTG (prothèse totale de genou) vs une PUC (prothèse uni-compartmentale)

- Localisation
- Caractère évolutif
- Étendue

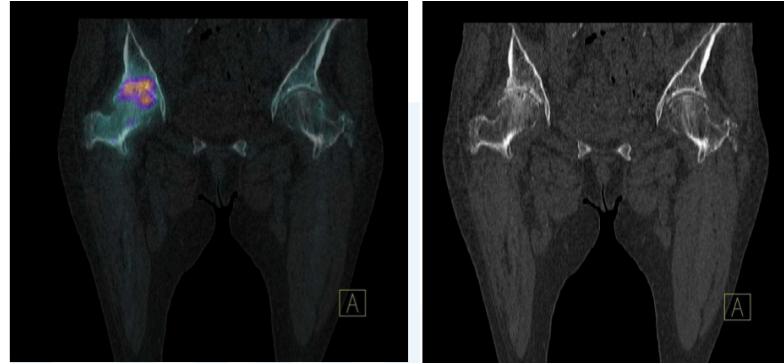
-> Coxarthrose bilatérale ++ à droite

Arthrose par exemple : la scintigraphie permet de les **localiser**, suivre leur **évolution** et **évaluer leur étendue**. Plutôt un examen de deuxième intention.

Sur l'image ci-contre on peut observer une

coxarthrose avec une **ostéocondensation**, un **pincement** articulaire, **des ostéophytes** et des **géodes** sur le scanner (Géodes = Remaniement dégénératif dans l'articulation). **RAPPEL : POGO**

Sur le scanner la coxarthrose semble bilatérale tandis que la scintigraphie couplée au scanner ne révèle qu'une lésion unilatérale.



### 2) Ostéonécrose (ex : os fémoral)

- Chez adulte (Ostéonécrose aseptique) : hyperfixation en cocarde/ coquille d'oeuf avec un liseré périphérique et dense (ostéonécrose de la tête fémorale car absence de vascularisation au niveau de la tête, reconstruction osseuse en périphérie de la tête)

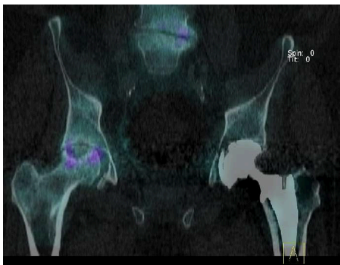
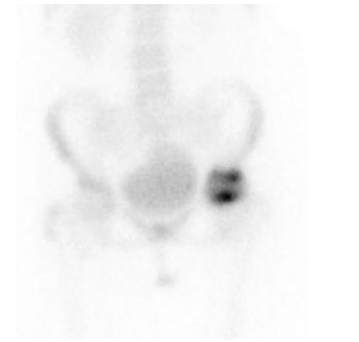


Image en coquilles d'oeuf sur la tête du fémur droit signe de nécrose, on voit également des lésions d'arthrose sur le rachis.

L'ostéonécrose est souvent rencontrée chez les patients ayant pris des corticoïdes à long terme et chez les alcooliques chroniques.

**Ostéochondrite chez l'enfant** : Collimateur pine-all (permet d'agrandir l'image) utilisé pour les petites lésions comme chez l'enfant. Aspect hypofixant au niveau de la tête fémorale ++

On fait rarement des scintigraphies chez l'enfant, on préfère l'échographie.



#### 4) Synovite aiguë transitoire = rhume de hanche

Inflammation modérée de la hanche (Rhume de hanche). Concerne plutôt l'enfant avec une hyperfixation relative au niveau de la hanche douloureuse. Possibilité de faire une écho pour observer un épanchement synovial.



#### 5) Ostéomyélite

Infection métaphysaire migrant à la diaphyse (ici à droite).

Lésion à départ métaphysaire qui s'étend vers la diaphyse. (image ci-contre au niveau de la jambe à droite) Concerne plutôt l'enfant, survient souvent suite à une **infection** (fébrile ou pas) qui part des cartilages de conjugaison et migre vers la diaphyse.

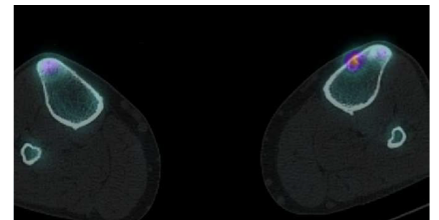
Recherche notamment les asymétries de fixation, permet de localiser les différents foyers car l'infection peut être hématogène.

Avantage scintigraphie : Explore l'ensemble des structures osseuses et permet la comparaison des articulations (pas en radio).

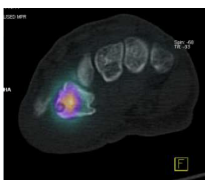


#### 6) Ostéome ostéoïde

Tumeur osseuse bénigne qui provoque une douleur inflammatoire bien traitée par l'aspirine (critère d'orientation = test à l'aspirine). Si on enlève le foyer, on ne la détectera plus sur scintigraphie.



Donne une hyperfixation très localisée, on distingue notamment un « nidus central » au centre de l'ostéome : zone centrale plus dense entourée d'une zone moins dense (nidus = lésion bien circonscrite), qu'il faudra retirer chirurgicalement (assez simple).



-> Nidus ostéoïde

#### 7) Dysplasie fibreuse (maladie que l'on rencontre en rhumato)



C'est une modification architecturale de l'os, qui n'est pas forcément douloureuse, la découverte est souvent fortuite. Le risque de fracture est plus important que chez le patient sain. Il y a un remodelage de manière importante la structure osseuse, anarchique avec des parties hypo et des parties hyperdenses.

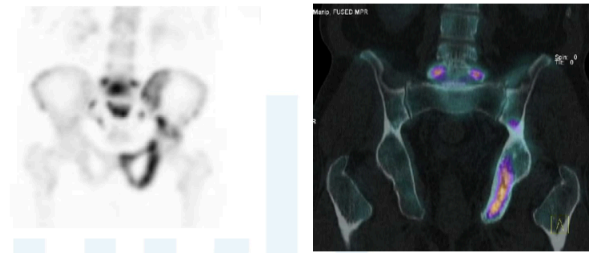
Le but de la scintigraphie est d'évaluer l'étendue des lésions. C'est une maladie bénigne mais sujette à provoquer des fractures qui peut toucher l'ensemble du squelette.

### 8) Maladie de Paget (rhumato)

C'est une maladie métabolique qui provoque une hypertrophie de l'os. Donne une image caractéristique en « Mickey Mouse » au niveau des vertèbres sur la scintigraphie (fixation sur le bas du rachis lombaire = atteinte diffuse du corps vertébral).

Ostéocondensation du bassin, souvent unilatérale (bilan phosphocalcique). On cherche aussi à évaluer l'étendue des lésions, hétérogénéité du squelette.

(dépisté par la mesure des phosphatase alcalines)



C) Bilan de lésions primitives ou secondaires malignes Souvent explorées par d'autres imageries.

### 1) Lésions primitives

**L'ostéosarcome** est une lésion primitive (pas le plus fréquent).

La scintigraphie permet de faire un bilan d'extension du cancer, donc on fait une scintigraphie du corps entier. IRM utile pour voir l'étendu des lésions au niveau des tissus mous.

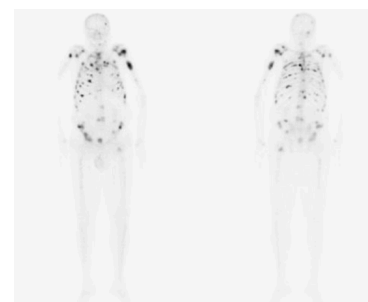
Plutôt du TEP et IRM



### 2) Lésions secondaires

**Métastases** : les 5 cancers qui donnent le plus souvent des métastases osseuses sont le cancer du sein, de la prostate, du poumon, de la thyroïde, du rein (5 **cancers ostéophiles**). On fera des scintigraphies surtout pour prostate et sein car les autres cancers donneront des lésions ostéolytiques (donc non visibles en scintigraphie). On fait donc plus souvent des bilans de lésions secondaires ostéocondensantes.

On réalise la scintigraphie osseuse pour un bilan initial mais aussi pour une évaluation du traitement. Les atteintes métastatiques sont très souvent axiales. Souvent on peut voir des métastases en TEP qu'on ne voit pas encore au scanner.



Points importants :

- Il y a un vecteur (biphosphonate\*\*) et un isotope (technétium\*\*)
- On marque les ostéoblastes et non les ostéoclastes.
- Si la radiographie ne met rien en évidence, la scintigraphie peut parfaitement être l'examen de deuxième intention.
- Il n'y a pas beaucoup de contre indications, à part la grossesse.

## V) Principe physique de l'ostéodensitométrie

### A) Définition

- Examen médical permettant de mesurer la **densité minérale osseuse (DMO)** → **solidité du squelette** (sites de mesure : col fémorale, rachis lombaire et ...) (les sites à mesurer sont les rachis lombaire de L1 à L4 jamais L5 et les cols fémoraux sauf s'il y a du matériel, comme une prothèse ou un arthrode).)
- Evaluation de la solidité du squelette et des risques de fractures d'origine ostéoporotique
- Ostéodensitométrie : absorptiométrie biphotonique = DEXA (Dual Energy Xray Absorptiometry) → mesure du rayonnement gamma avec une énergie double (bi-photonique).
- 2 photons, donc 2 énergies différentes
- Examen simple, précis, fiable (très peu opérateur et patient dépendant) et précoce de l'ostéoporose/l'ostéopénie

### B) Tissu osseux

Tissu vivant en perpétuel renouvellement : ostéoblastes (construction osseuse) et ostéoclastes (destruction osseuse).

Éléments indispensables à la matrice osseuse : **Ca<sup>2+</sup>**, protéines, **vit D** (absorption digestive et fixation osseuse).

Facteurs influençant la minéralisation osseuse (MO) :

- Augmentent la MO : l'activité physique, aliments (produits laitiers), hormones
- Diminue la MO : maladies endocriniennes (hyperthyroïdie, hypercorticisme), traitement (corticoïdes, anti-aromatase)

### C) Ostéoporose

Altération quantitatives et qualitatives de l'os qui aboutissent à une perte de sa solidité, de densité et qui aboutit à des fractures pour des traumatismes qui n'auraient pas dû en donner initialement (os moins dense).

Ostéopénie → diminution DMO modérée

Ostéoporose → diminution DMO plus marquée

Facteurs favorisants :

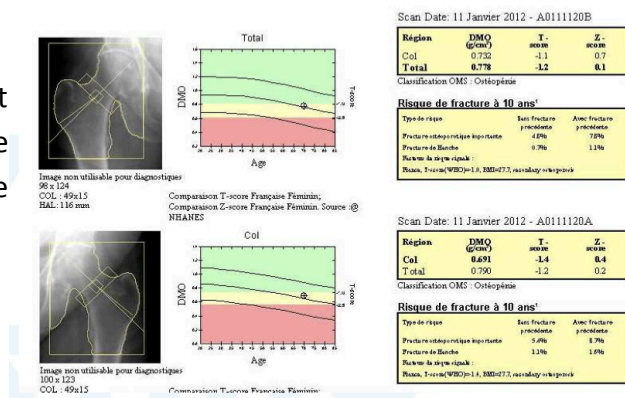
- ATCD familiaux (à recueillir)
- Âge (plus on vieillit, plus on a de risque)
- Ménopause
- Carence vitamino-calcique
- Sédentarité
- Faible IMC (indice de masse corporel) → anorexie
- Tabac
- Défaut d'ensoleillement (vit D)
- Facteurs modifiables sauf âge et ménopause et ATCD.

Ostéoporose fracturaire : touche surtout les poignets (fracture de Pouteau Colles) vers 50-60 ans, les vertèbres vers 65-80 ans, le col fémoral vers 70-90 ans. Si les fractures ne fixent pas sur scintigraphie, c'est qu'elles sont anciennes.

Ostéoporose densitométrique : la Densité Minérale Osseuse est fortement corrélée au risque fracturaire : une diminution de 10% de la DMO multiplie par 2 le risque de fracture, une diminution de 20% le multiplie par 5 !

+ on diminue notre DMO + on augmente le risque de fracture.

Les sites à mesurer : Cols des fémurs et le rachis lombaire!



Rappel : dans l'ostéoporose, le bilan phosphocalcique est non-contributif car c'est une anomalie de la trame protéique : on utilise donc la DMO et non la biologie pour le diagnostic.

## D) Principe physique de l'ostéodensitométrie (ODM)

L'absorptiométrie biphotonique (ou DEXA = Dual Energy Xray Absorptiometry) repose sur l'étude de l'atténuation d'un rayonnement gamma ou X (souvent X) lors de sa traversée d'une zone d'intérêt. L'atténuation sera d'autant plus grande que la densité du corps est élevée. Dans le cas de l'ODM, on utilise 2 rayonnements d'énergies différentes (d'où biphotonique) afin de mesurer la densité de l'os en éliminant la part d'atténuation des tissus mous.

On mesure la DMO à partir de la projection surfacique de la pièce osseuse explorée :

- vertèbres lombaires et col fémoral (utilisés +++)
- poignet (utilisé -), souvent de cadre d'hyperparathyroïdie.
- corps entier (utilisé +), Pour les pathologies nutritionnelles (anorexies/ obésité) on isole les tissus osseux et graisseux et aussi pour des maladies comme la mucoviscidose.
- extrémité supérieure du fémur.

Le patient se trouve sur une table, le faisceau de rayon est en dessous et le détecteur au dessus. L'examen dure 5 minutes et le patient n'est pas radioactif. C'est un examen simple, peu irradiant, fiable et qui permet d'avoir un diagnostic précoce de l'ostéoporose. Le patient n'a pas besoin d'être à jeun.

La DMO est exprimée en  $\text{g/cm}^2$ . La valeur obtenue est comparée à la valeur moyenne normale pour l'âge et le sexe (on compare le patient avec une personne de **même sexe mais qui est jeune et sain**, même sexe et soit même âge soit âge un peu inférieur).

La différence étant exprimée en nombre d'écart-types de la distribution :

- de la population normale du même âge et du même sexe = Z score
- de la **population adulte jeune normale de même sexe = T score** (c'est celui qui nous intéresse et qui est toujours utilisé, il permet de savoir si on est en ostéopénie, etc...)

Les valeurs changent légèrement en fonction de l'origine ethnique.

Pour les enfants il n'y a pas de référence (pas de patient sain). Il est son propre témoin.

## 1) Formules

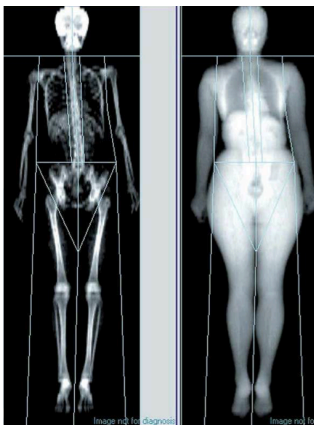
*(Les formules ne sont pas à apprendre. Pour les curieux, elles sont dans le diapo)*

Atténuation linéique et massique => très faible pour l'air, très fort pour l'os et intermédiaire pour les tissus mous (autour de 1).

Possibilité de mesurer masse maigre, masse grasse, masse adipeuse.

Ces équations permettent de créer une image.

Retenir qu'il faut 2 photons de 2 énergies différentes pour avoir 2 énergies et résoudre les 2 équations, une pour les tissus mous et une pour l'os.



-> Corps entier

*On segmente et on estime la masse osseuse, maigre et adipeuse.*

## 2) Résultats

**Normal** : DMO inférieure de moins d'1 écart type à celle de l'adulte jeune (**T-score >-1**)

**Ostéopénie** (notion désuète) : DMO comprise entre -1 et -2,5 écarts type par rapport à l'adulte jeune (**-2,5 < T-score <= -1**).

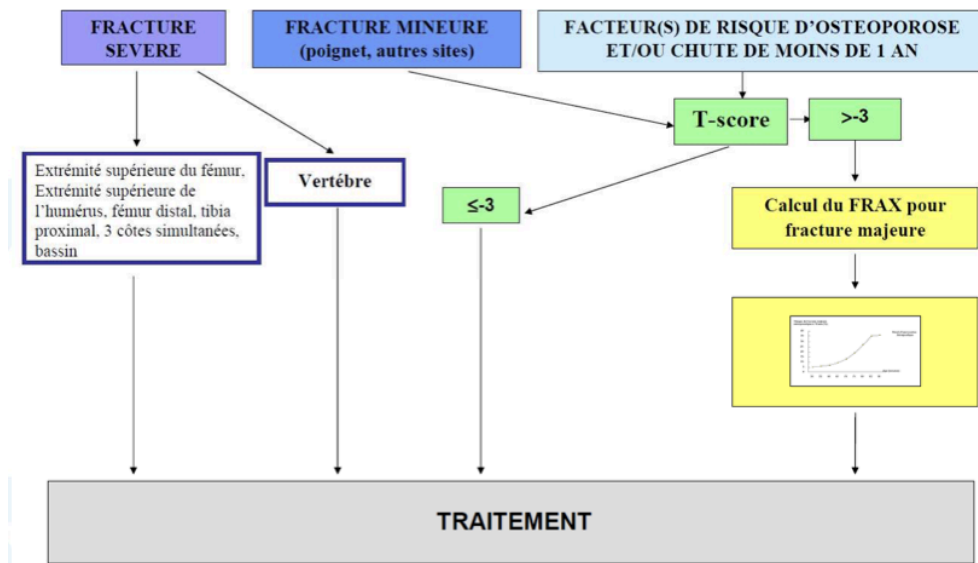
**Ostéoporose** : DMO inférieure à -2,5 écarts type par rapport à l'adulte jeune (**T-score <= -2,5**).

Ostéoporose sévère : densité osseuse inférieure à -2,5 écarts type par rapport à l'adulte jeune **en présence d'une ou plusieurs fractures par fragilité (T-score < -2,5 + plusieurs fractures)**.

L'instauration d'un traitement ne dépend donc pas que de la DMO (**qui est un seuil diagnostique et non thérapeutique**), il faut prendre en compte les antécédents de fractures et les traitements pris (corticothérapie).

On peut avoir différentes valeurs pour chaque os (1 vertèbre anormale et 3 normales) → Facteurs de risque de fracture.

FDR de fractures ostéoporotiques: âge, IMC, alimentation, alcoolisme, tabac, défaut d'ensoleillement, ATCD personnels de fractures, ATCD familiaux de fractures du col du fémur ou de hanche, le diabète, aménorrhée, alitement, DMO basse, corticothérapie, + de 3 maladies chroniques, maladies associées (PR, cancers du sein...), FDR de chutes (baisse de vision, hypotension artériel, troubles neuromusculaires...).



FRAX → outil de calcul du risque des fractures (score de FRAX utile pour savoir si mise en place ou non du traitement, FRAX → risque ostéoporose).

Indication à utiliser le FRAX :

Inutile si :

- ATCD de fractures sévères
- Fracture non sévère et T score <2
- T score inf à -3 sur l'1 des 2 sites

Utile si :

- Fractures non sévères et T score entre -1 et -2
- T score entre -2 et -3 sans fracture

### 3) Remarques

- **Causes de surestimation (>20%) de la DMO au niveau du rachis** : scoliose, arthrose, calcifications aortiques et tassements vertébraux (densité minérale osseuse + élevée)
- La DEXA ne doit pas être réalisée après lavement baryté (car on fait avaler au patient un élément très opaque, capable de modifier l'atténuation des rayonnements X ou gamma) ou une scintigraphie osseuse.
- Le suivi du patient doit être réalisé sur le même appareil car il peut y avoir des petites différences inter-appareils.
- Les diverses firmes commercialisant les DXA donnent des résultats différents, c'est pour cela que la mesure doit être exprimée en % ou Déviation Standard (DS) par rapport à un sujet de même sexe et âge (Z-score) ou par rapport à un sujet ayant la masse osseuse maximale (T-score).
- T-score est la valeur la plus sûre.

#### **Irradiation:**

Secondaire à l'utilisation des rayons X, elle est obligatoire mais très faible : 1,5  $\mu\text{Sv}$  (Radio pulmo 50 $\mu\text{Sv}$ , irradiation naturelle 5-7  $\mu\text{Sv/j}$ ).

En Bretagne il y a du radon (irradiation supplémentaire )

#### **Précautions avant réalisation :**

- Pas d'injection de PDC (produit de contraste), pas de prélèvement, non à jeun
- Contre-indication : femme enceinte (souvent pas d'urgence donc attendre)
- L'ingestion de baryte 2/3 jours avant l'ostéodensitométrie (produit opaque permet de voir système digestif, modifie atténuation rayons X, modification propagation rayons X, donc image très dense en radiographie, image pas dense parce que os est très dense mais car produit opaque est intervenu).

*Cas clinique sur le diapo si vous voulez*

## VI) QCMs

1- A propos de la scintigraphie osseuse :

- A) La scintigraphie est une modalité d'imagerie irradiante qui se base sur l'atténuation des rayons X émis par une gamma caméra.
- B) Le  $^{18}\text{FNa}$  est un marqueur de choix pour les pathologies osseuses en scintigraphie.
- C) On réalise systématiquement, en scintigraphie osseuse, une acquisition au temps tardif.
- D) Dans le cas d'une fracture, l'hyperfixation en scintigraphie est uniquement reflet de l'activité des ostéoblastes.
- E) Toutes les propositions sont fausses

2- A propos de l'imagerie nucléaire en pathologie osseuse :

- A) La scintigraphie est un examen de première intention.
- B) La scintigraphie permet d'évaluer l'évolution de l'algodystrophie et de déterminer le statut débutant ou proche de la fin de la maladie.
- C) L'intérêt de la scintigraphie osseuse peut-être la mise en évidence de fractures infra-radiologiques
- D) La Densité Minérale Osseuse se mesure préférentiellement au niveau des cols huméraux et des hanches
- E) Toutes les propositions sont fausses

Réponses :

1- CD

**A** : La scintigraphie est une imagerie d'émission, elle détecte le lieu d'émission d'un photon gamma.

**B** : En scintigraphie, on préférera le  $\text{Tc}^{99\text{m}}$  lié au bisphosphonate (le  $^{18}\text{FNa}$  plutôt en TEP)

2- BC

**A** : C'est la radiographie qui est un examen de première intention.

**D** : La DMO se mesure plutôt au niveau des cols FÉMORAUX et des hanches