

Scintigraphie planaire et imagerie hybride osseuses

(SPECT/CT & PET/CT)

Docteur Frédéric Paycha, MCU-PH

Service de Médecine Nucléaire

Hôpital Lariboisière

Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

75010 Paris

frederic.paycha@aphp.fr

Cours de Biophysique L2

UE 11 Appareil locomoteur

Responsable pédagogique: Docteur Patrick Boyer

Faculté de Médecine

Université Diderot-Paris 7

10 mars 2017

Cours mis en ligne le 13 mars 2017

Groupe Hospitalier Universitaire




SAINT-LOUIS

LARIBOISIÈRE

FERNAND-WIDAL

Préambule

- Ce cours recoupe et complète celui, plus technique, consacré l'imagerie (hybride) couplant 2 modalités d'imagerie, l'une métabolique, l'autre morphologique
- L'application clinique particulière de l'imagerie hybride développée ici est la pathologie ostéo-articulaire, en insistant sur les métastases osseuses
- Un dizaine d'exemples d'images de SPECT/CT et PET/CT de diverses pathologies ostéo-articulaires jalonnent ce cours dans le but d'illustrer les propriétés de l'imagerie hybride osseuse
- Les *notions indispensables à connaître pour l'examen* sont signalées par l'icône 

Plan

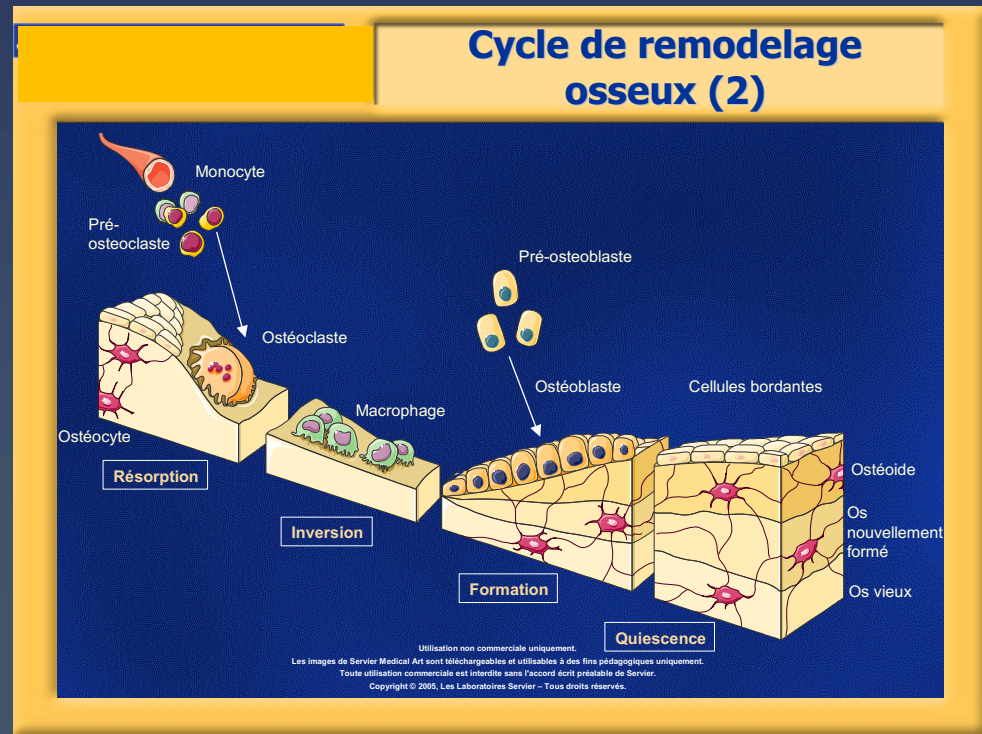
- Scintigraphie osseuse planaire
 - Pharmacocinétique et biodistribution des bisphosphonates
 - Propriétés de la scintigraphie osseuse planaire
 - Indications cliniques
 - Limites de la scintigraphie osseuse planaire
- SPECT/TDM
 - Gain de spécificité
 - Aspects techniques
 - Exemples cliniques
 - Concordances et discordance SPECT-TDM
 - Avantages et inconvénients du *low dose*
- TEP/TDM FNa-(18F)
 - Biodistribution
 - Comparaison de sensibilité TEP/TDM FNa vs scintigraphie osseuse
 - Exemples cliniques
 - Questions en suspens
- Métastases osseuses: arbres de décision diagnostiques
- Interprétation intégrée en imagerie hybride osseuse
- Conclusions

Scintigraphie osseuse planaire

L'os et le remodelage osseux (rappels)

- Le tissu osseux compact est composé:
 - o Matrice organique ou substance ostéoïde non minéralisée (collagène de type I, fibronectine, ostéocalcine, eau [50% du poids total de l'os frais])
 - o Matrice minérale (cristaux d'hydroxyapatite)
 - o Populations cellulaires (ostéocytes, ostéoclastes, ostéoblastes)

- Organisation de l'os en unités fonctionnelles (BMU) en constant renouvellement



Biodistribution et pharmacocinétique des bisphosphonates-(^{99m}Tc)

- Fixation osseuse = 40 %
- Délai de fixation osseuse = 3 heures après injection
- Liaison aux protéines plasmatiques = 25 %
- Elimination urinaire : 50 % de l'activité injectée en 2 h
- Mécanisme de fixation osseuse des ^{99m}Tc -BP longtemps controversé: phase minérale \pm phase organique ?

Biodistribution des bisphosphonates-(^{99m}Tc)

1) Modèle fracturaire

Méthodologie

- Blessure ostéo-médullaire expérimentale du tibia chez le rat
- Injection double-isotope à J₃₋₆₋₁₄ :
spectrométries γ et $^{99m}\text{TcO}_4$, $^{99m}\text{Tc-MDP}$, $\text{Tc-MDP-}^{32}\text{P}$, $^{99m}\text{Tc-MD-}^{32}\text{P}$, MD^{32}P
- Comptages phases organique et inorganique de l'os par spectrométrie β



1) Modèle fracturaire (suite)

■ Résultats

- Accumulation du ^{99m}Tc dans la phase organique et du ^{32}P dans la phase minérale de l'os
- Hypothèse vraisemblable: fixation des bisphosphonates-(^{99m}Tc) dans la phase organique de l'os
- Le ^{99m}Tc -MDP serait hydrolysé dans le tissu osseux



2) Modèle tumoral

- Méthodologie
 - Patients (n=7) atteints de MO de la mandibule de carcinome ORL
 - Injection de MDP-(^{99m}Tc) puis résection osseuse
 - Autoradiographie et macroradiographie de contact
- Résultats
 - Accumulation péri-tumorale (= os immature) et périostée de la radioactivité liée au ^{99m}Tc (*Tsuchimochi 1999*)

Propriétés de la scintigraphie osseuse (1/2)



- Sensibilité élevée ($\approx 80-90\%$) dans la détection des lésions osseuses
- Spécificité $\approx 70\%$
- Imagerie panoramique du squelette (**intérêt détection des métastases osseuses+++**)
- Information vasculaire et tissulaire de l'os

[*Erlemann 1990, Sundkvist 1990, Edeline 1993*]

- Absence d'artefact généré par la présence de matériel orthopédique [*Van Laere 1998*]

- Quantification de l'infiltration osseuse tumorale

[*Soloway 1988, Larson 1998*]

Propriétés de la scintigraphie osseuse (2/2)



➤ Evaluation de la réponse au traitement

Radiothérapie métabolique [Recommandations SNM 1996]

➤ Facilité de réalisation

$t\{CE\} = 15 \text{ min}$ $t\{TEMP/TDM\} = 20 \text{ min/FOV}$

➤ Absence de toxicité significative:

8 effets indésirables/800 000 injections [SNM 1996]

➤ Faible dose d'irradiation

$E = 5 \text{ mSv}$ [CIPR 1991] + 2 mSv/champ de vue TDM *low dose*
(SPECT/CT)

➤ Coût relativement modéré

Tarifification CCAM [PAQL 003] $\approx 193,19 \text{ €}$

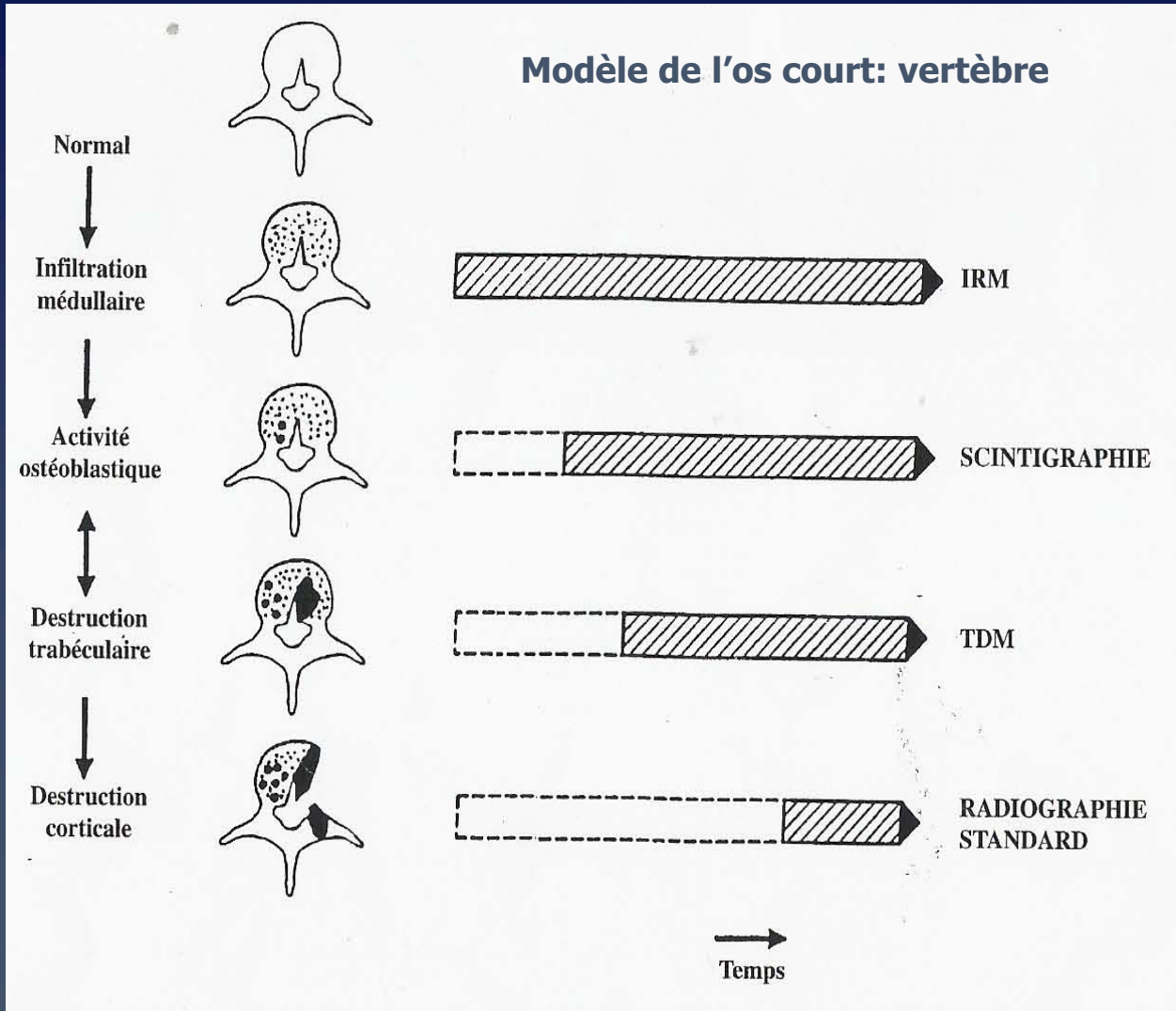
Dans quelles circonstances fait-on appel à une scintigraphie osseuse ?

- Les cliniciens mettent à profit les « bonnes » propriétés de la SO (vision panoramique, $85\% < Se < 95\%$)
- Deux types d'indications *a priori* distinctes :
 - Famille de pathologies affectant le squelette
 - Intervention « hors contexte » dans la résolution d'une énigme = Le patient « cancérrhumatologique » : douleurs musculo-squelettiques inexplicables, bilan d'une anomalie radiologique ou biologique
 - ➔ Souvent les images fusionnent les 2 catégories
- Le Médecin Nucléaire se retrouve potentiellement face à plusieurs centaines de pathologies en cause :
 - ➔ **SO = PROBLEM-SOLVER !**

Application clinique

Métastases osseuses

Apport des modalités d'imagerie en fonction du temps et du stade évolutif des métastases osseuses

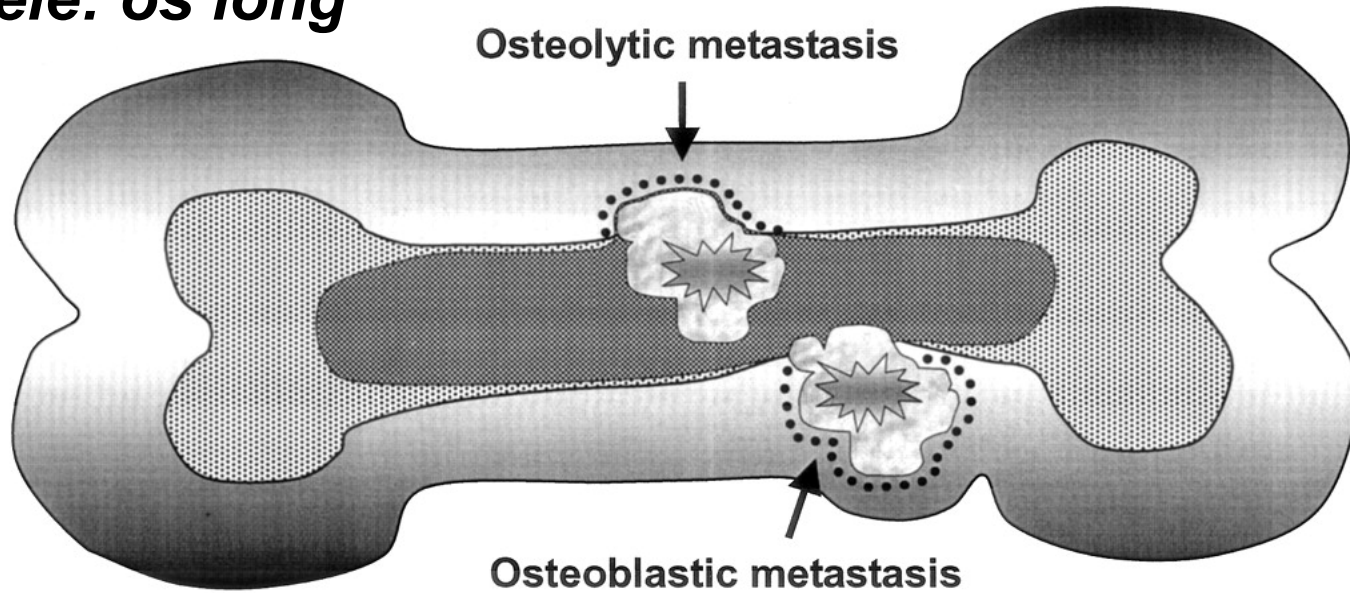








La SO image les métastases corticales












[Hamaoka, JCO 2004]



Modèle: os long



-  Cortical bone
-  Trabecular bone
-  Bone marrow
-  Tumors
-  Bone metabolism
-  Tumor glucose metabolism

	Sites the modality can describe	Modality reflects...
XR	 	Bone appearance
CT	   	
MRI	 	Bone metabolism
SS		
SPECT		
FDG PET		

Caractéristiques des métastases osseuses conditionnant la sensibilité de la SO aux BP-(^{99m}Tc)



Facteurs favorables :

- Condensante
- Corticale
- Hypervascularisée
- Croissance lente
- Taille > 1-2 cm
- Loc. multifocales
- Loc. os longs
- Squel. indemne d'arthrose

Facteurs défavorables :

- Lytique pure
- Intra-médullaire
- Peu vascularisée
- Agressivité
- Taille < 1-2 cm
- Loc. solitaire/oligofocale
- Loc. rachis, juxta-art.,...
- Arthrose rachidienne

Contexte clinique:

Patient de 72 ans

Asymptomatique

Adénocarcinome prostatique T4

Bilan biochimique:

PSA total = 443 ng/mL

Scintigraphie osseuse:

Multiples foyers d'hyperfixation hétérogène du squelette axial et périphérique correspondant à des métastases osseuses exposant au risque de fracture pathologique et/ou de compression radiculo-médullaire



Limites diagnostiques de la scintigraphie osseuse planaire

Sensibilité $\approx 80\%$


Spécificité $\approx 70\%$



Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Scintigraphie osseuse planaire

Défaut de sensibilité

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Femme, 81 ans, BEG

ATCD:

ADK colique

Problème posé:

Douleur de l'aîne G

Radiographies Nles

Scintigraphie osseuse:

Hyperfixation en halo

du petit trochanter G

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

18F-FDG TEP/TDM :

Foyer
hypermétabolique

sur ostéolyse avec
envahissement par
une masse tissulaire
du petit trochanter G

+

2^{ème} MO lytique de T5

(invisible en SO CE
planaire)

=> Changement de
tactique
thérapeutique. :

Chimio-radiothérapie

+

Corticoïdes & BP

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

18F-FDG TEP/TDM:

(suite)

Processus tissulaire
hypermétabolique

détruisant la partie
postérieure du
corps de T5 et
l'hémi-arc
postérieur droit,
infiltrant le canal
médullaire,
refoulant la moelle,
s'étendant dans les
tissus para-
vertébraux jusqu'à
la plèvre

Scintigraphie osseuse planaire

Défaut de spécificité

Défaut de spécificité


- Patient de 38 ans
- ATCD :
 - Cancer du testicule 5 ans auparavant traité par chirurgie et chimiothérapie
 - Hémophilie
 - PTH bilatérale (indication opératoire: ONATF)
- Douleurs de la hanche D évoluant depuis plusieurs semaines

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.




Scintigraphie osseuse planaire
Balayage corps entier

Hyperfixations focalisées
de l'extrémité épiméaphysaire
du tibia droit
de signification indéterminée


 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

SPECT/CT

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

SPECT/CT


 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.


 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

SPECT/CT

Diagnostic: Infarctus osseux

- **Etiologies: Corticoïdes, Chimiothérapie, Infection, vascularite, Hémophilie, pheochromocytome maladies vasculaires, Maladie de Gaucher, pancréatite, idiopathique.**
- **RX/TDM: lésion métaphysaire, medullaire à contours finement calcifiés, serpigineux , en volute de fumée avec matrice centrale en verre dépoli.**
- **La corticale osseuse en regard de la zone atteinte peut être amincie (nécrose des 2/3 internes de la corticale). Le 1/3 externe est classiquement respecté**
- **(vascularisation par vaisseaux provenant du périoste)**

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Foyers d'hyperfixation scintigraphique correspondant aux zones de condensation en TDM

D'où l'avènement de l'imagerie de coupe...
...au secours de l'imagerie planaire !

Imagerie de coupe, imagerie hybride : Quézaco ?

- SPECT (TEMP) aux bisphosphonates-(99mTc)
- SPECT/CT (TEMP/TDM) aux bisphosphonates-(99mTc)
- TEP/TDM au FNa-(18F)

SPECT/CT

Caméra hybride SPECT/TDM

Combinaison gamma-caméra et TDM spiralée ***low dose***

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

←TDM→ ←SPECT→



Comparison directe de la fusion obtenue par assemblage caméra-TDM et examen côte-à-côte

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Reproductibilité interlecteur:

$K\{\text{SPECT/TDM}\}$

> $K\{\text{SPECT+TDM}\}$

> $K\{\text{SPECT}\}$

(0,762; 0,678; 0,343)

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Analyse des courbes ROC:

$\text{AUC}\{\text{SPECT/TDM}\}$

> $\text{AUC}\{\text{SPECT+TDM}\}$

> $\text{AUC}\{\text{SPECT}\}$

(0,947; 0,831; 0,589)

Utsunomiya et al. Radiology 2006

Réduction de lésions indéterminées en SPECT/CT par rapport à SOCE

Auteur	Année	Indication	Nb patients	Nb total lésions (indéterminées)	Gold standard	Réduction de lésions équivoques
Horger _{rp}	2004	Onco	47	104 (67)	Suivi radio-clinique et/ou biopsie	76%
Römer _{rp}	2006	Onco	57	125 (52)	Abscent	92%
Strobel _p	2007	Onco, Rhumato	37	49 (9)	Suivi radio-bio-clinique et/ou biopsie	100%
Even-Sapir _p	2007	Rhumato	76	85 (85)	Suivi-radio-clinique	42%
Zhao _{rp}	2009	Onco	125	141	Suivi radio/ Biopsie	96%
Helyar _{rp}	2009	Onco	40	50 (30)	Suivi SPECT/CT	86%
Sharma _{rp}	2011	Onco	50	(65)	Biopsie, IRM, PET-CT	97%
Sharma _{rp}	2012	Onco	99	108(49)	Biopsie, IRM, PET-CT	96%
Palmedo _p	2013	Onco	308	839 (240)	IRM, SPECT/CT	99%
Présent _{rp}	2014	Onco et non onco	39	409 (126)	Biopsie, IRM, SPECT/CT, TEP-CT	87%

R: rétrospectif

P: prospectif

M Abulizi & F Paycha, Méd Nucl 2014

Intérêt clinique de la SPECT/TDM

- La TEMP/TDM contribue à diminuer la proportion de résultats indéterminés de la scintigraphie osseuse (de 60 à 70 %)
- La TEMP/TDM réduit la nécessité de recourir à des explorations radiologiques complémentaires
- L'exactitude de la scintigraphie osseuse est augmentée avant tout par **l'identification fiable des arthropathies dégénératives du rachis**

De quelle TDM a besoin la SPECT/TDM ?



	Temps d'acquisition	Localisation	TDM diagnostique OS	TDM Diagnostique Injection PDC	Coro-scan
TDM Low-dose	10'	++	0	0	0
TDM hélicoïdale 1-coupe	1'	+++	+	+	0
TDM hélicoïdale 2-coupes	30''	+++	++	++	0
TDM hélicoïdale 6 – 16 coupes	20''	+++	+++	+++	+
TDM hélicoïdale 64 coupes	10''	+++	+++	+++	+++


SPECT/CT osseuse

Exemples cliniques

Contexte clinique


- Patiente de 63 ans
- Douleurs fémorales G évoluant depuis 2 mois
- Pas d'ATCD notables par ailleurs
- Rx standard : lésion lytique du 1/3 sup de la diaphyse fémorale G

Scout view

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.


Radiographies standard du fémur gauche

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Bilan initial


- ✓ Biopsie de la lésion diaphysaire fémorale G lytique: carcinome à cellules claires
- ✓ TDM TAP : masse rénale G de 8 cm localement avancée sans invasion régionale ou viscérale à distance
- ✓ SO dans le cadre du bilan d'extension initial


 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Hypothèses diagnostiques lésion de la tête fémorale G ?

1. Coxarthrose G évoluée
2. 2^{ème} métastase
3. Ostéonécrose
4. Fracture
5. Autre


MIP+Coupes SPECT, CT, fusion SPECT/CT

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.


 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.



Lésion ostéolytique
de la tête fémorale G

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Coupes coronales réorientées

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Impact thérapeutique de la SPECT/CT

→ Risque élevé de fracture pathologique !

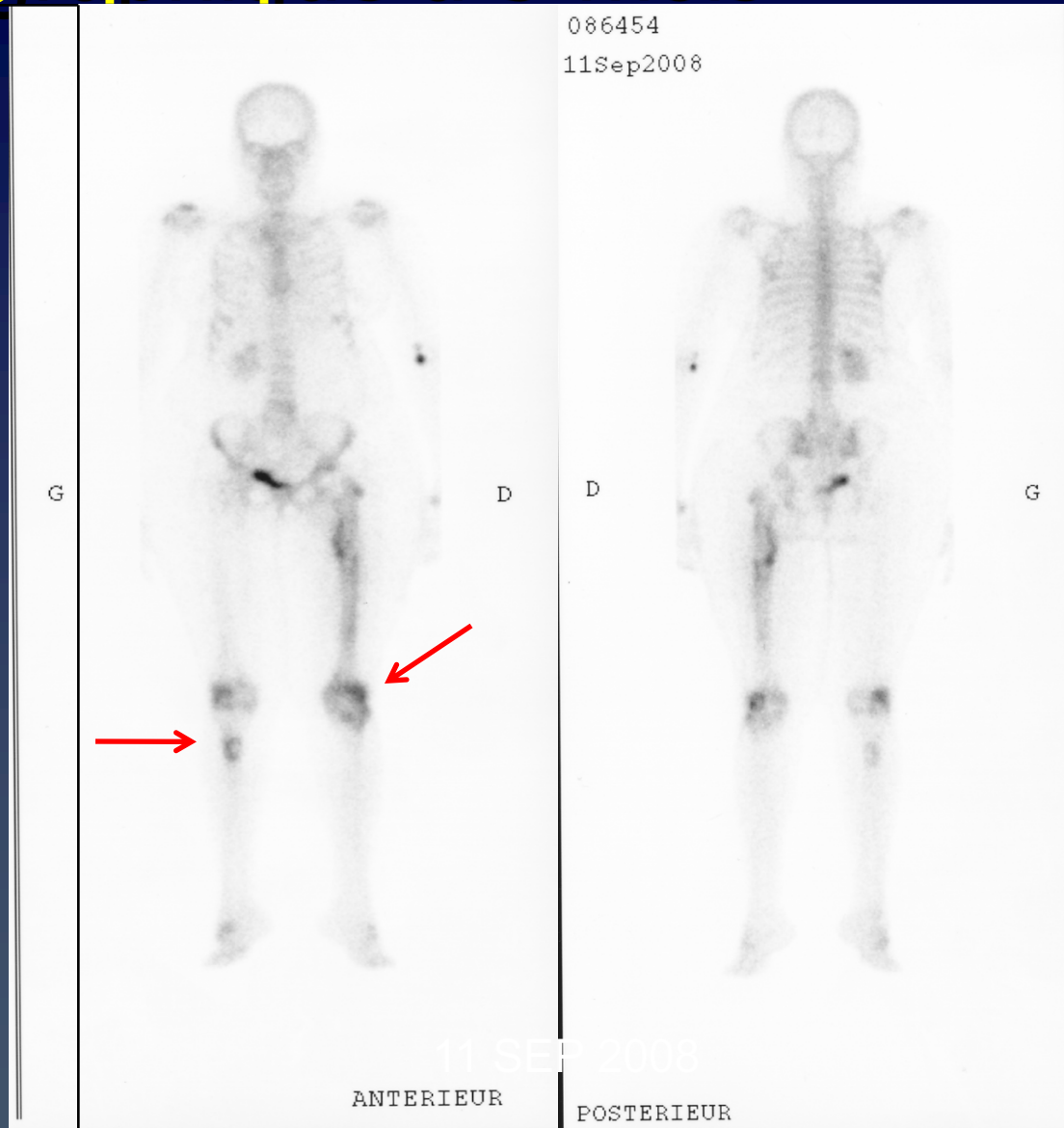
- Destruction de la tête fémorale G avoisinant 50% de son volume
- Présence d' une 2ème zone de vulnérabilité du 1/3 moy -1/3 sup diaphyse fémur G

→ PTH G avec remplacement diaphysaire distal + radiothérapie adjuvante

Suivi scintigraphique à 5 mois

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

2 MAI 2008



Apparition d'une lésion latérale externe du condyle fémoral latéral G et d'une lésion lytique tibiale supérieure D

Intérêts de l'observation

- ✓ Piège de l'aspect scintigraphique (planaire) de fixation en halo (signe de la cocarde ou *cold-in-hot*) évoquant une ostéonécrose
- ✓ Diagnostic redressé par l'aspect TDM
- ✓ Evaluation du risque fracturaire d'une lésion osseuse



Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Métastases osseuses d'un cancer du sein ? (1)

Contexte clinique:


F 60 ans

CCI du sein G 6 cm de \varnothing


9 N+/9

Lombalgies

Métastases osseuses d'un cancer du sein ? (2)

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Métastases osseuses d'un cancer du sein ? (3)

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Métastases osseuses d'un cancer du sein ? (4)

- Traitement:
 - RTE de L3
 - Chimiothérapie: TAXOL-AVASTIN
 - Hormothérapie: FEMARA
- Consultation 2 ans après le diagnostic des métastases rachidiennes:
 - Examen clinique: RAS
 - TDM TAP: Lésion de L3 remaniée par la RTE
 - Bilan biologique: Normal

« Une lésion condensante à part... »

Contexte clinique


- **Pollakiurie révélant un cancer de la prostate en octobre 2008**
- **PSA total initial = 23 ng/mL**
- **Prostatectomie en février 2009 suivie d'une hormonothérapie**
- **Dernier PSA total (il y a 3 mois) contrôlé à 7,94 ng/mL**
- **ATCD: Fractures traumatiques de l'épaule droite, de l'extrémité supérieure du fémur droit, de la mâchoire, entorses à répétition de la cheville gauche**

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

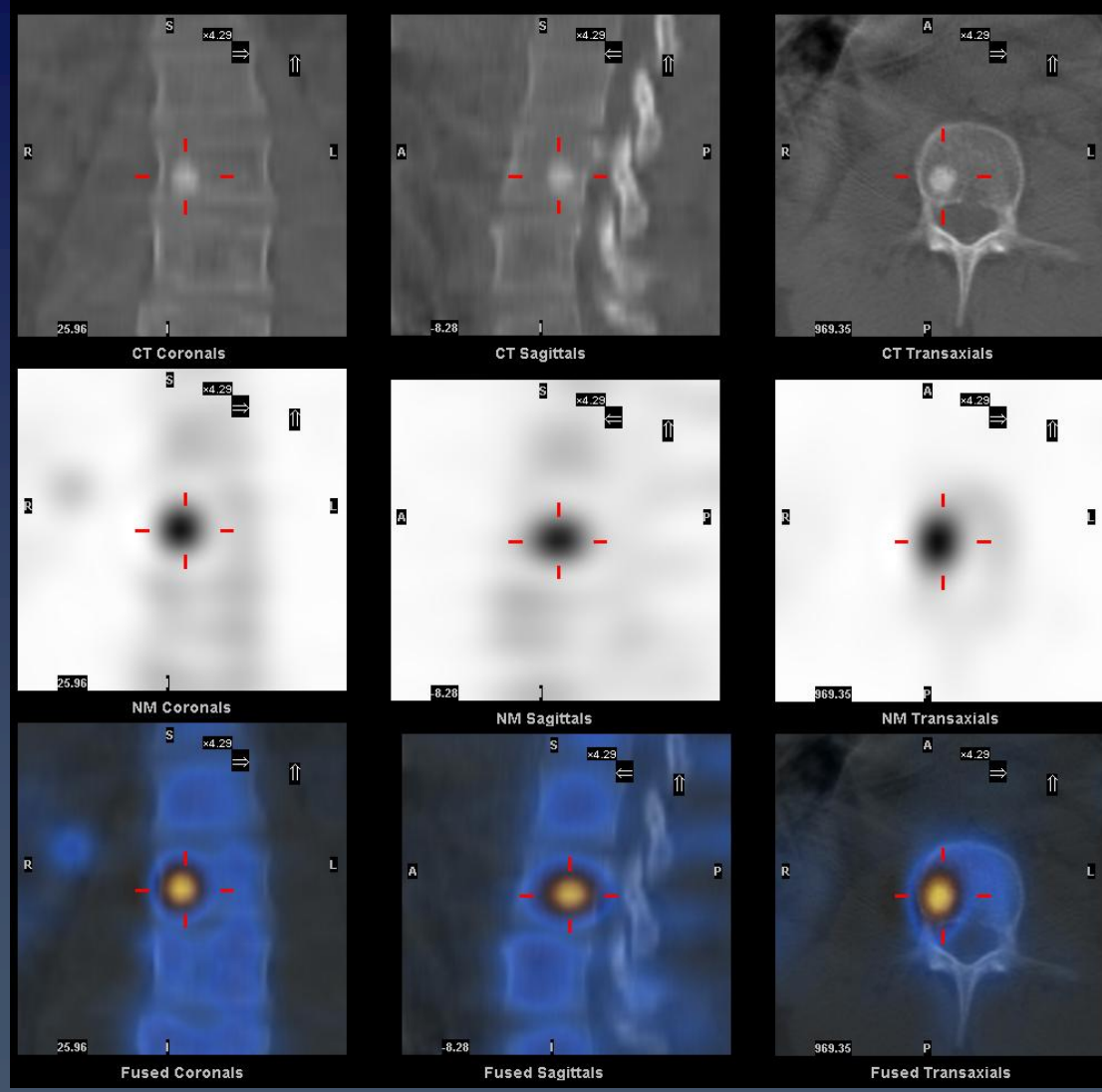
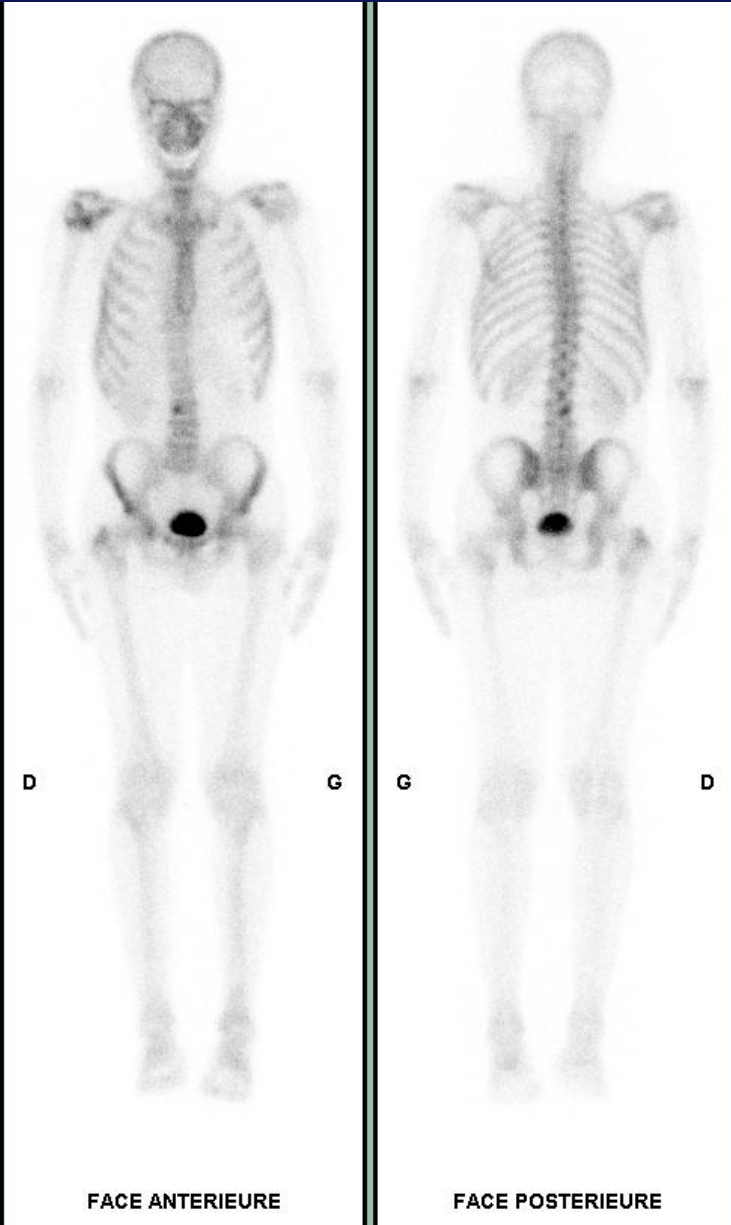
Hypothèses diagnostiques ?

1. Arthrose inter apophysaire postérieure droite de L3-L4
2. Métastase condensante de L3
3. Ostéome ostéoïde de L3
4. Ilot condensant bénin de L3
5. Autres

SPECT/CT rachis lombaire: Coupes CT & fusion SPECT/CT

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Scintigraphie initiale (6 mois auparavant)



Discussion

Ilot condensant bénin ou énostose Un exemple d'hamartome

Amas d'os compact au sein d'os spongieux

Ilôt condensant bénin

Imagerie en TEP/TDM au FDG-(18F)

Ilôt condensant bénin: Comparaison des mesures de densité (TDM) et de remodelage (TEMP)



Rapport d'activité
ICB/spongieux:
=
4,5

Densités:
ICB = 600 HU
Spongieux=100 HU

Diagnostic étiologique d'une lésion ostéocondensante/ostéoblastique solitaire

- **Lésions malignes**
 - **Métastase osseuse condensante (blastique) solitaire**
 - **Lymphome hodgkinien ou non hodgkinien**
- **Lésions bénignes**
 - **Tumorales**
 - Ostéome ostéoïde
 - Ostéoblastome
 - **Pseudo-tumorales**
 - Ostéite inflammatoire (SAPHO)
 - Ostéomyélite chronique
 - Hernie discale intraspongieuse
 - Mélorhéostose
 - Ilôt condensant bénin (énostose)
 - Hyperostose claviculaire de Köhler
 - Ostéose iliaque condensante
 - Hyperostose frontale interne

Epidémiologie de l'hyperfixation isolée chez le patient suivi pour cancer

Années de publication	Nombre de patients	Primitif	Siège anatomique	Foyer isolé	Métastase solitaire
1974-2007	12182	Divers	Squelette entier	1338 (11%)	471 (35%)
1993-2005	4348	Divers	Rachis	148 (3,5%)	51 (34%)


Diagnostic différentiel principal: Métastase condensante solitaire

- Primitifs en cause
 - Cancer de la prostate (Attention! 15% de MO ostéolytiques)
 - Cancer du sein (10% de MO ostéocondensantes)
 - Tumeurs carcinoïdes (grêliques ou bronchiques)
 - Lymphomes (Hodgkin: 45%/non hodgkiniens: 5%)
- Topographie:
 - Rachis: métastase plus probable qu'autres localisations
- Métastases osseuses réellement solitaires
 - Implantation ostéo-médullaire après dissémination par voie hématogène
 - Conséquence: la métastase solitaire vraie est exceptionnelle (exception = rares cas rapportés dans le cancer du rein)

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

**Métastases
osseuses
condensantes
(ostéoblastiques)
(1/3)**

Métastases ostéocondensantes (2/3)

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.



Rapport
d'activité
MO/spongieux:
=
3,7

Densités:
MO = 500 HU
Spongieux=100
HU

Métastases ostéocondensantes (3/3)

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Echelle de densité Hounsfield: une aide d'appoint au tri des lésions osseuses

+ 1000 HU

800 ± 200

Dysplasies osseuses condensantes (type ICB)

Métastases ostéocondensantes traitées

Os compact (cortical)

Métastases ostéocondensantes

Métastases ostéolytiques traitées

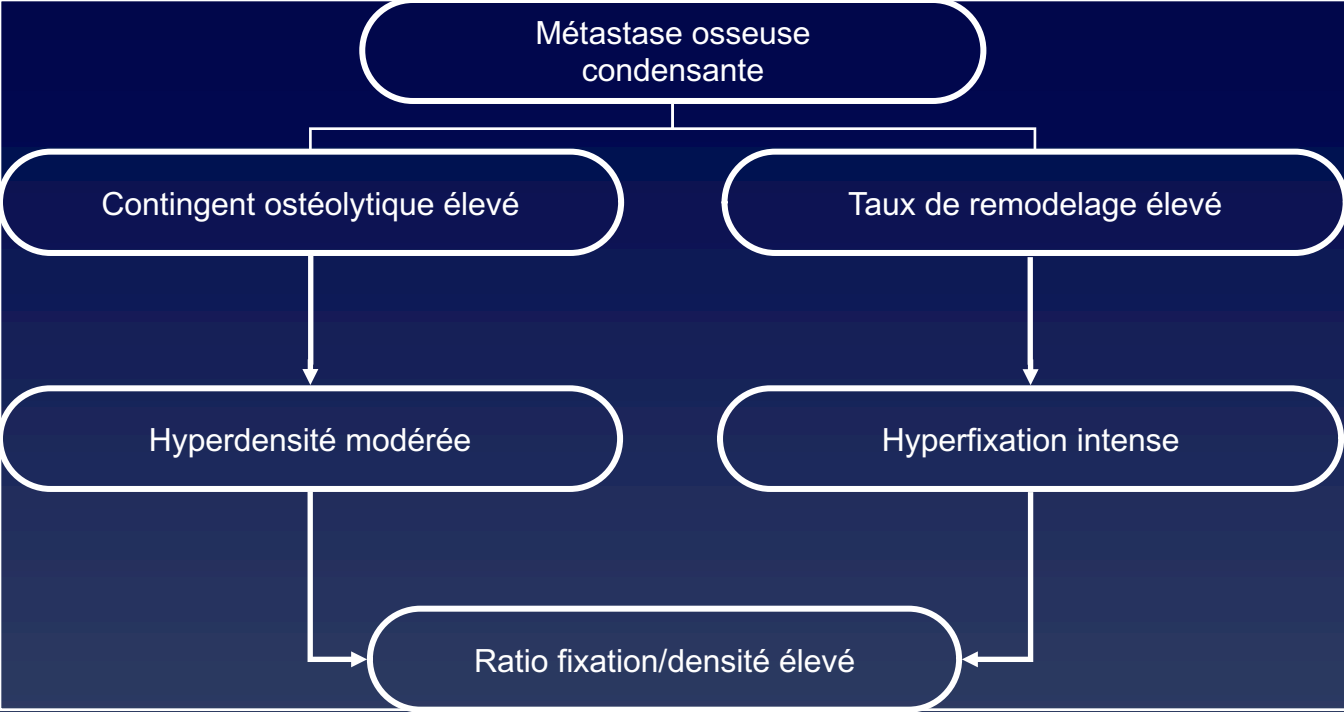
Métastases ostéolytiques

0 HU

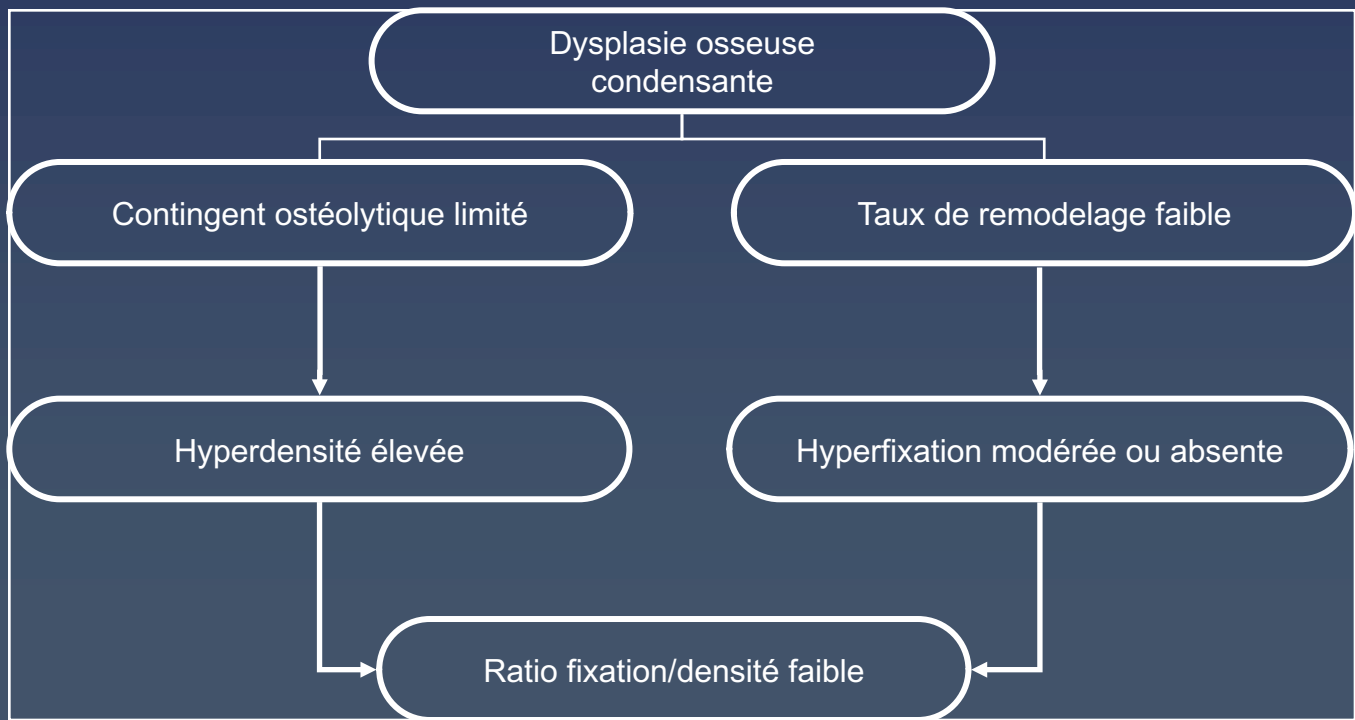
50 - 200

Os spongieux

- 1000 HU



Métastases et dysplasies ostéocondensantes: Ratios comparatifs des mesures scintigraphiques (fixation) et TDM (densité)



Points-clés


- De nombreuses lésions osseuses bénignes sont découvertes incidemment chez les patients cancéreux (prostate ++) et entraînent des diagnostics différentiels
- La grande majorité de ces diagnostics est établie correctement grâce à la sémiologie pour la plupart typique des lésions bénignes sur les radiographies, la scintigraphie et la TDM
- Si ce n'est pas le cas, lorsque le traitement en cours ne peut être changé, quelque soit le diagnostic, un suivi régulier de la lésion permet très souvent d'exclure ou de confirmer un diagnostic.
- L'ilôt condensant bénin: groupe des pseudo-tumeurs
- C'est un incidentalome
- C'est une *Don't touch lesion*
- 1/3 de formes cliniques atypiques = hyperfixants en scintigraphie osseuse mais parfois visibles sur la seule TEMP/TDM

SPECT/CT

Anomalies concordantes

Analyse TDM des lésions osseuses orientée par l'anomalie de fixation: vers un diagnostic plus spécifique


Enchondrome fémoral

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.



Bilan d'extension initial d'un cancer bronchique chez un patient asymptomatique

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

F 75 Cancer du sein

Lombalgies inflammatoire évoluant depuis 1 mois non calmée par antalgiques de classe I, II et AINS

ATCD de néoplasie mammaire

Marqueurs ACE, CA 15-3 et CA 19-9 sont négatifs

SPECT/CT segment lombo-sacré

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Discopathie érosive L4-L5 + hernie intra-spongieuse

SPECT/CT

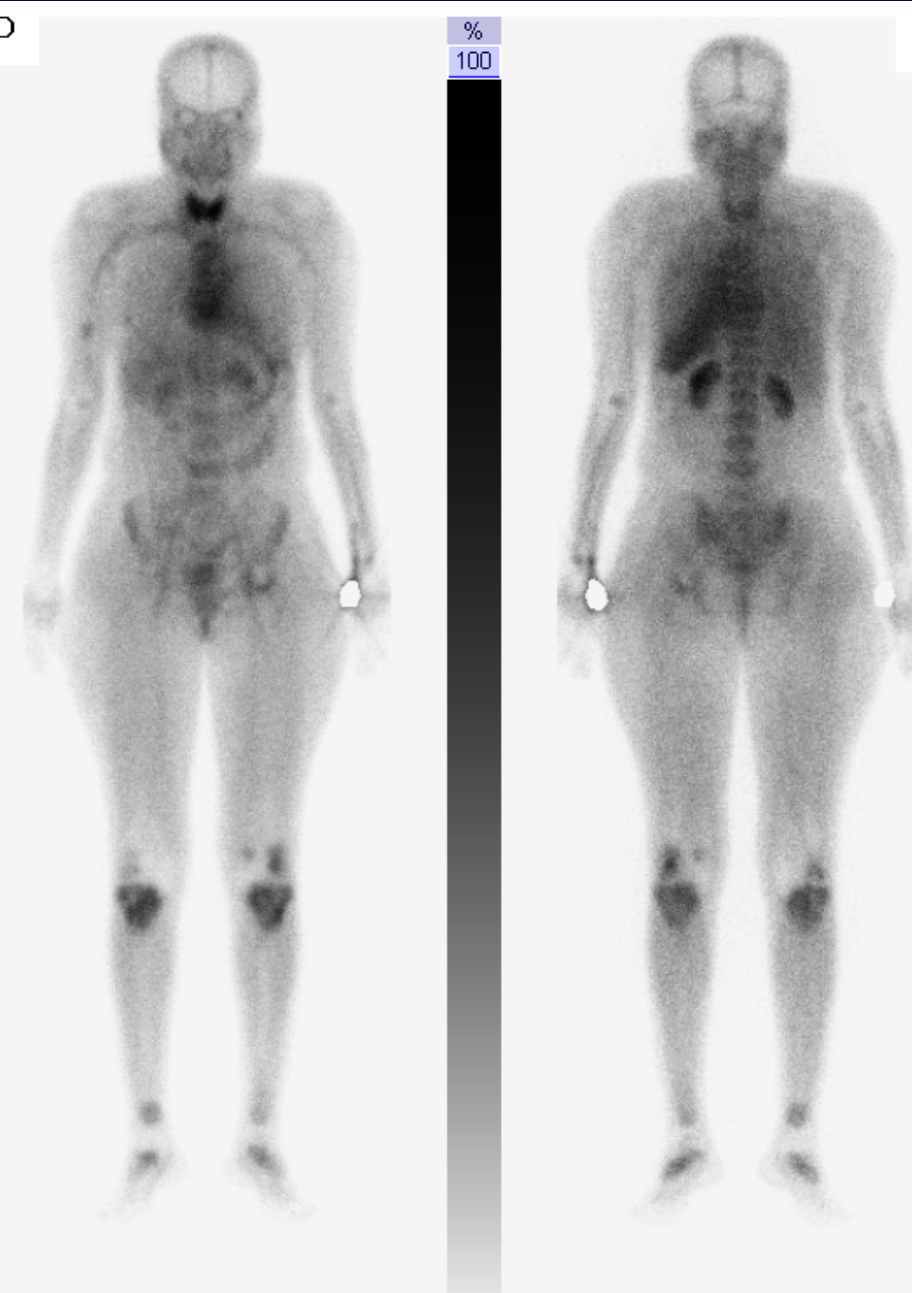
Anomalies disconcordantes

Contexte clinique

- **Patiente de 36 ans**
- **Douleurs polyarticulaires aiguës prédominant à la hanche gauche, aux genoux et à l'épaule gauche**
- **ATCD: Tumeur myofibroblastique de la face traitée par CS**
- **Insuffisance rénale chronique d'étiologie indéterminée**

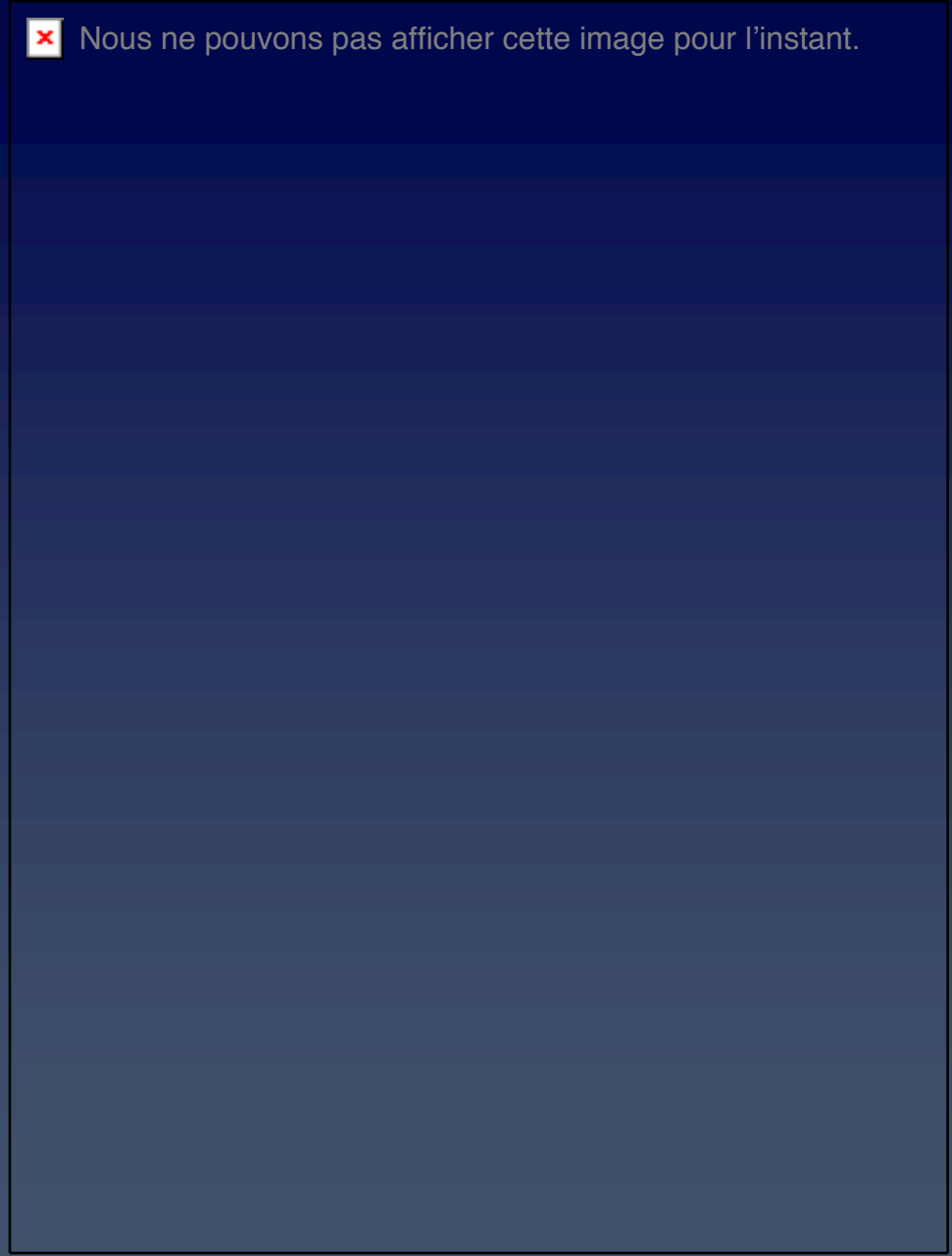
D

%
100



CE PRECOCE

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.



CE TARDIF

Hypothèses diagnostiques

1. Hyperactivité ostéoméduillaire


2. Lésions métastatiques périphériques

3. Maladie d'Erdheim Chester

4. Syndrome de Schnitzler

5. Autre

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Hypothèses diagnostiques: Diagnostic exact

1. Hyperactivité ostéo-médullaire

2. Lésions métastatiques périphériques

3. Maladie d'Erdheim Chester

4. Syndrome de Schnitzler

5. **Autre: Ostéonécroses multifocales**

Diagnostic de l'ONATF: SPECT/CT ou IRM ?

	Sensibilité	Spécificité
SPECT/TDM	90%-100%	80%
IRM	95%-100%	85%

JS Ryu. J Nucl Med 2002; 43:1006–1011

SM Jackson. Orthop Clin N Am 35 (2004); 315– 320

KM Malizos. Eur J Radiol 63 (2007): 16–28

P Granier. Médecine Nucléaire 31 (2007); 670–678

TEP/TDM au FNa-⁽¹⁸F)

Biodistribution : ^{99m}Tc -BP vs ^{18}F -FNa

Ce qu'il faut retenir



- De manière analogue aux ^{99m}Tc -BP, l'accumulation osseuse du ^{18}F -FNa reflète la vascularisation et le remodelage (*turn over*) osseux
- Le niveau de la captation osseuse du ^{18}F -FNa est 2 fois plus élevé que celui des ^{99m}Tc -BP
- Le rapport S/B [os sain/tissus mous, os lésionnel/os sain] reste sensiblement stable de 45 min à 03h30 après injection



Dosimétrie comparative : ^{18}F -FNa vs $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -BP

Radiopharmaceutique	Equivalent de dose/activité injectée (mSv/MBq)	Dose absorbée organes critiques (mGy/MBq)	Activité injectée (MBq)	Dose efficace E (mSv)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -BP	0,0054	Vessie 0,22	8-10 MBq/kg	4-6
^{18}F -FNa	0,024	Surfaces Osseuses 0,063	1,5-4 MBq/kg	5-8

+TDM *low dose* ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -BP SPECT) = 2-3 mSv/FOV*

+ TDM *low dose* (^{18}F -FNa TEP/TDM) : 10-15 mSv

*FOV : champ de vue (segment osseux exploré)

Taux de détection des MO : ^{99m}Tc -BP (planaire++) vs ^{18}F -FNa

Auteur (année)	Schéma	Primitif	Pts/MO	$^{99m}\text{TcBP} +$ $^{18}\text{F-Na} -$	$^{99m}\text{TcBP} -$ $^{18}\text{F-Na} +$	$^{99m}\text{TcBP} +$ $^{18}\text{F-Na} +$
Schirrmeister (1999)	Prospectif	divers*	44 / 96	0	44	45
Schirrmeister (1999)	prospectif	sein	34 / 64	0	35	29
Schirrmeister (2001)	prospectif	thyroïde	35 / 43	0	15	27
Hetzel (2001)	prospectif	poumon	103 / ?**	0**	23**	10**
Even-Sapir (2006)	prospectif	prostate	44 / 57	0	34	12

* primitifs étudiés : prostate, thyroïde, poumon

** nombre de MO total et détectées indisponibles : seul nombre de patients rapporté

TEP/TDM au FNa-(18F) vs scintigraphie osseuse planaire aux BP-(99mTc)

Méta-analyse

TEP/TDM



Sensibilité : 97,8% [IC: 96,4–99,1%] (lésion), 97,7% [IC: 93,8%–100%]
(patient)

Spécificité : 97,8% [IC: 96.6%–99%] (lésion), 95,9% [IC: 90.5%-100%]
(patient)

Exactitude: 97,5% [IC: 96,5%-98,5%] (lésion), 96,3% [IC: 92,7%-100%],
(patient)

Scintigraphie osseuse planaire

Sensibilité: 57,9% [IC: 52,6%–63,2%] (lésion), 46,8% [IC: 39,8%–53,7%]
(patient)

Spécificité: 95,4% [IC: 92,4%–98,4%] (lésion), 88,3% [IC: 82,9%–93,6%]
(patient)

Exactitude: 71% [IC: 67%-75,2%] (lésion), 64,3% [IC: 58,9%-69,6%]

(patient)

Tateishi U, Ann Nucl Med 2010

TEP/TDM osseuse

Exemples cliniques

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Scintigraphie osseuse
Balayage corps entier

Récidive d'adénocarcinome
rénal:
Métastase lytique
de la diaphyse tibiale G connue
Apparition de dorsalgie

Récidive d'adénocarcinome rénal: Métastase lytique de la diaphyse tibiale G

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

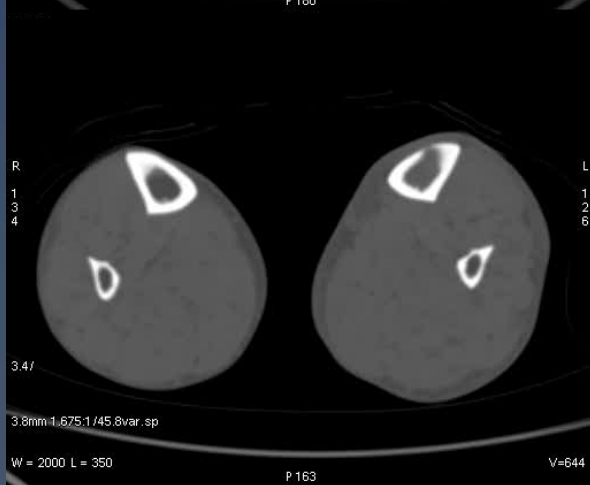
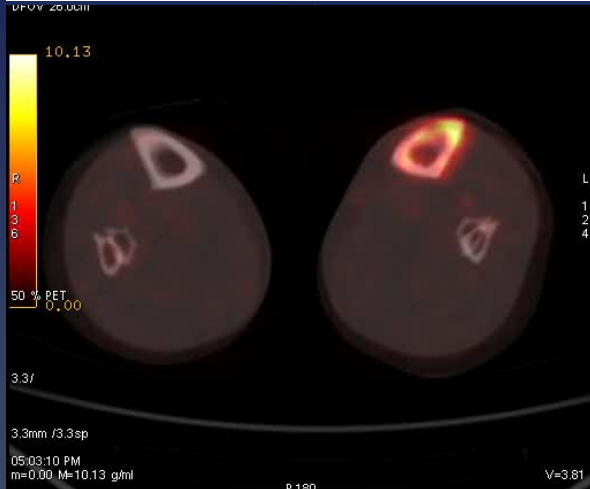
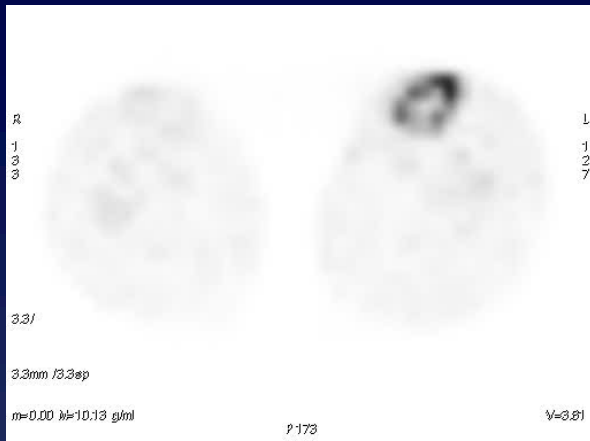
✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

TEP/TDM
FNa-(18F)

Métastase ostéolytique de la diaphyse tibiale G

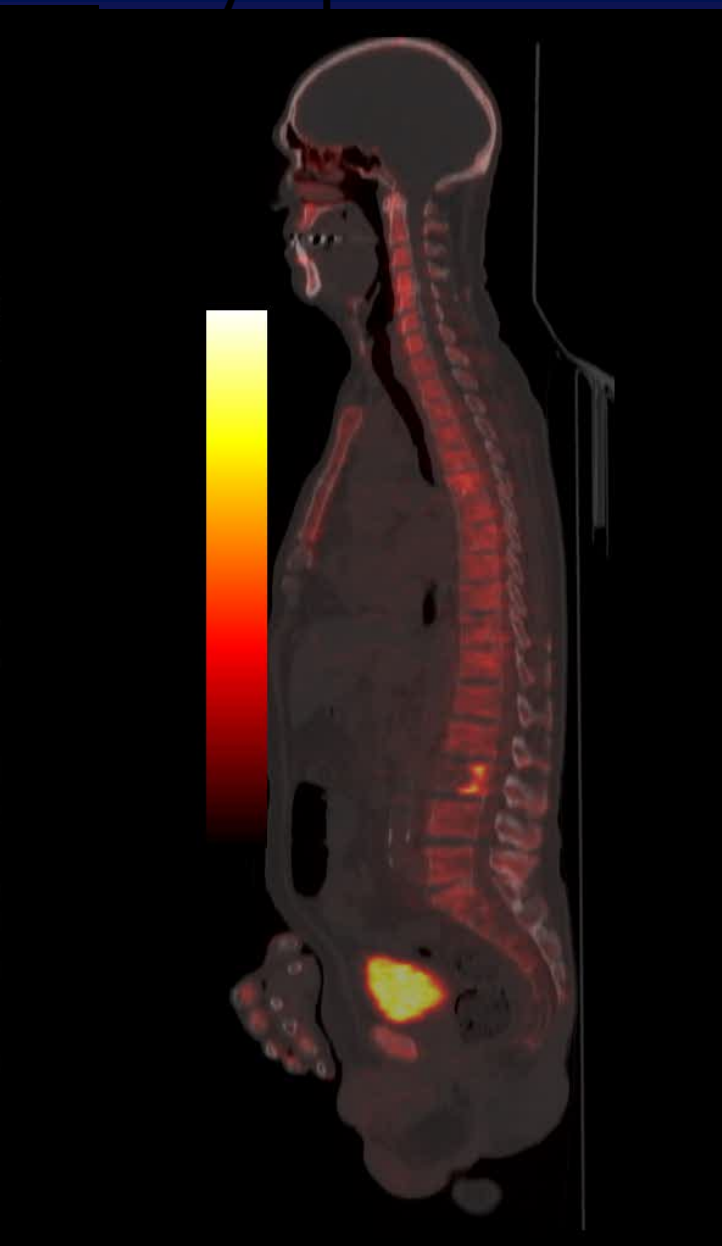
TEP/TDM FNa-(18F)

Coupes axiales centrées sur la lésion



TEP/TDM au FNa-(18F)

Coupes sagittales rachis: Métastase lytique de L3



Présentation clinique

- Patiente âgée de 60 ans
- Névralgie cervico-brachiale D atypique
- IRM rachis cervical (images indisponibles): petites lésions lytiques ostéo-médullaires de C5-C6 suspectes
- Examen clinique: ganglion de Troisier
- TDM thoraco-abdomino-pelviennne: Métastases hépatiques (squelette: RAS)
- Marqueurs tumoraux: Ascension ACE & CA 19-9=> Découverte ADK rectum



D

FACE ANTERIEURE



D

FACE POSTERIEURE

Hypofixation isolée

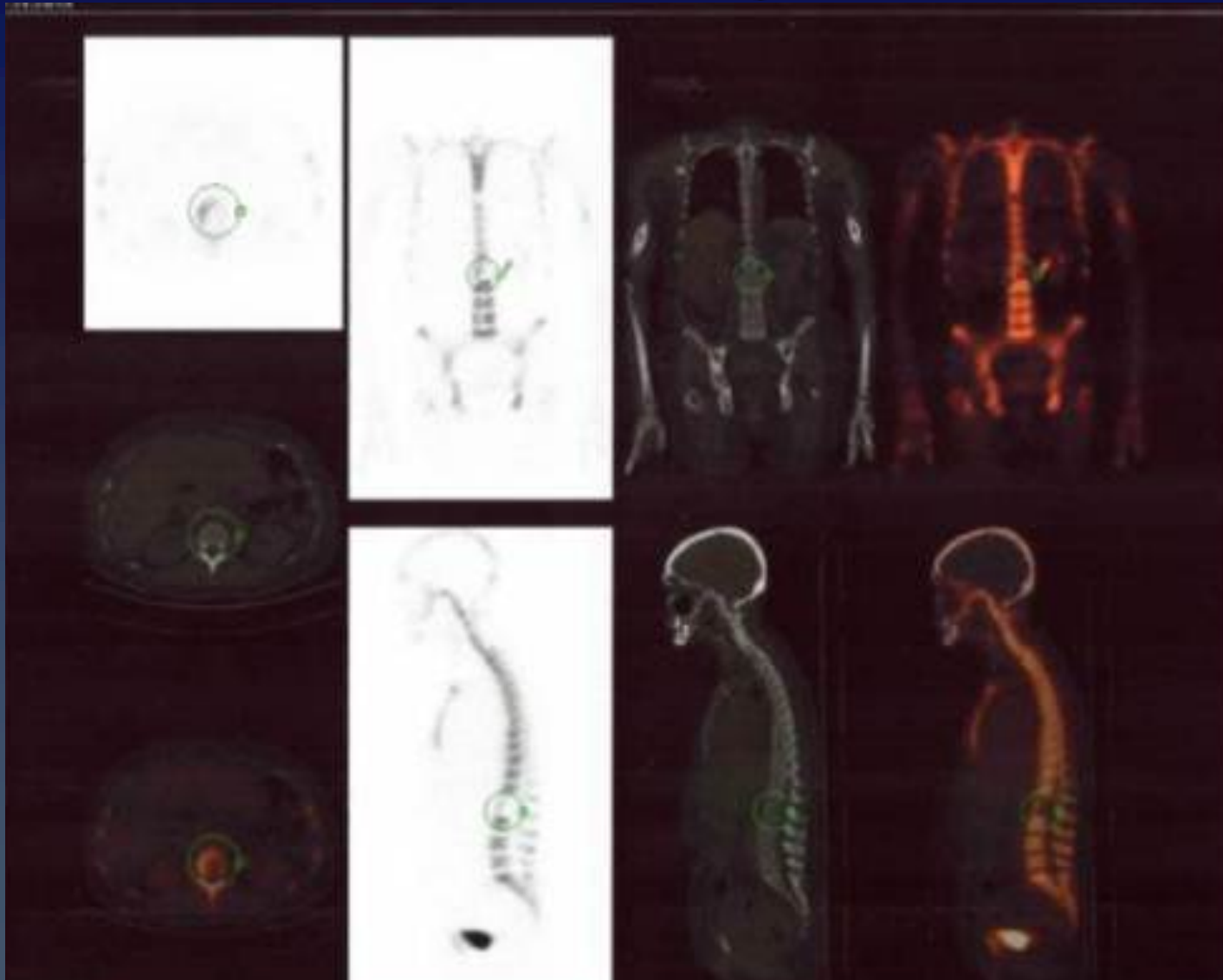
=


"Vertèbre froide"

Scintigraphie osseuse planaire
aux bisphosphonates-(99mTc)

SPECT/CT aux bisphosphonates-(99mTc)

Rachis: Coupes axiales, sagittales, coronales

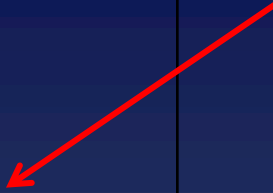


 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Hypofixation isolée

=

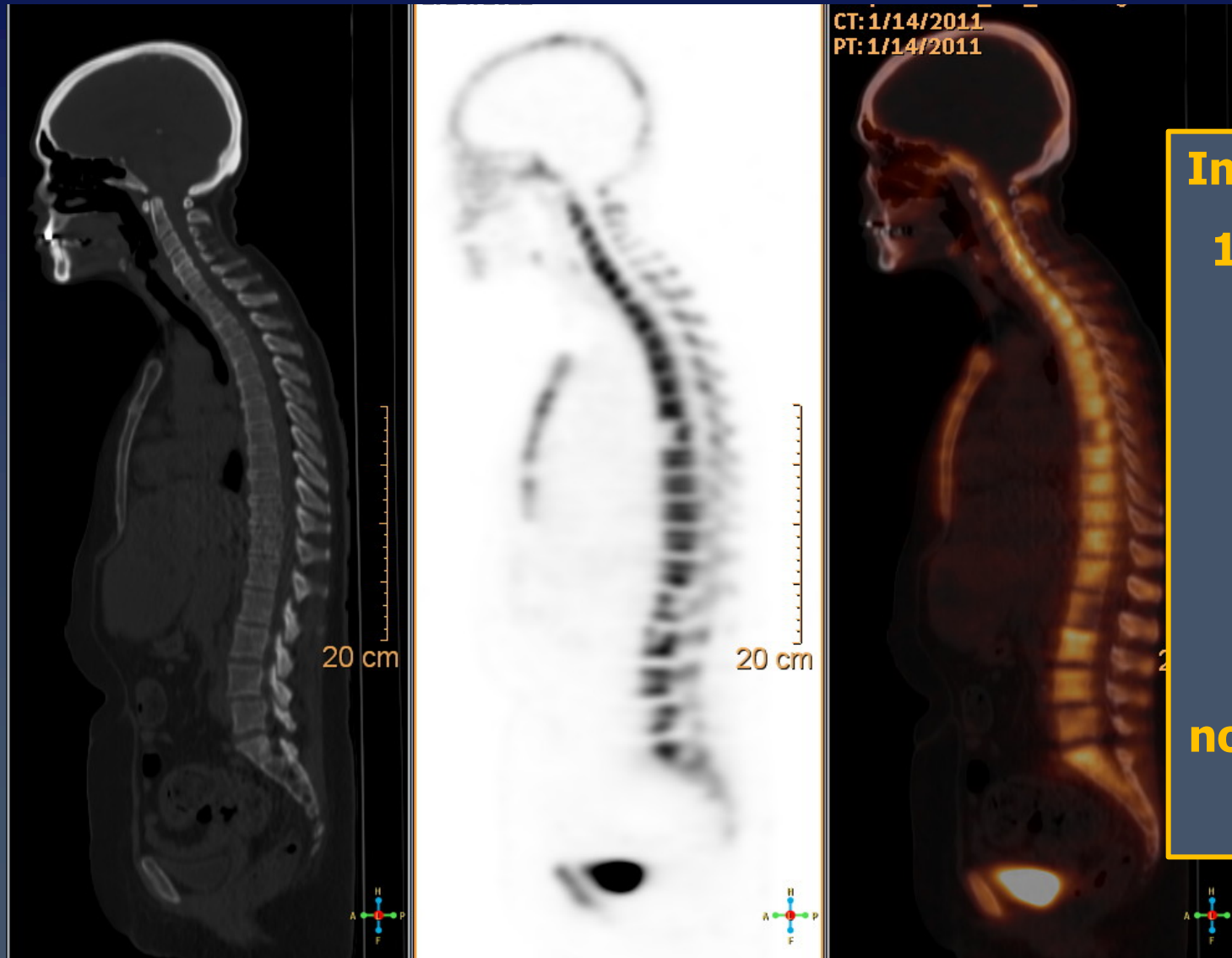
"Vertèbre froide"



**SPECT/CT aux bisphosphonates-
(99mTc)
Fused VRT**

TEP/TDM au FNa-(18F)

Rachis total: Coupes sagittales



Imagerie détaillée:

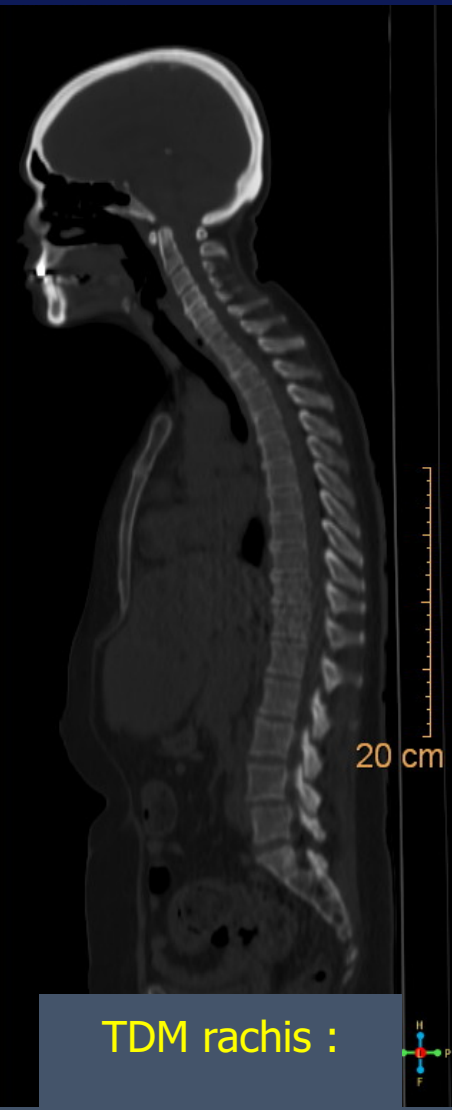
1. Squelette sain

**2. Lésions
os spongieux**

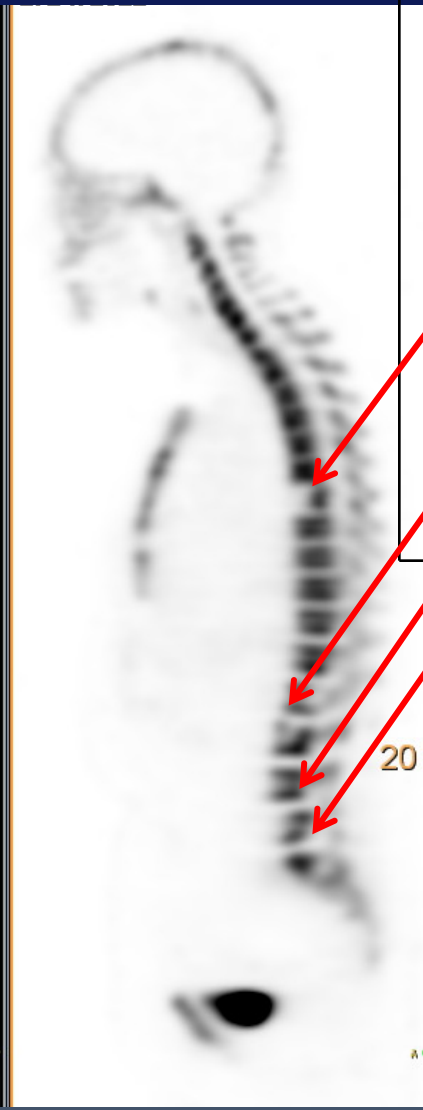
**1. Lésions
lytiques**

**3. Lésions
non-métastatiques
(iatrogènes,...)**

TEP/TDM au FNa-(18F) vs IRM rachis



RAS !



✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

✘ Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

T1

STIR

Concordance TEP FNa – IRM

MO ostéolytiques/ostéoclastiques

corps vertébraux (spongieux)

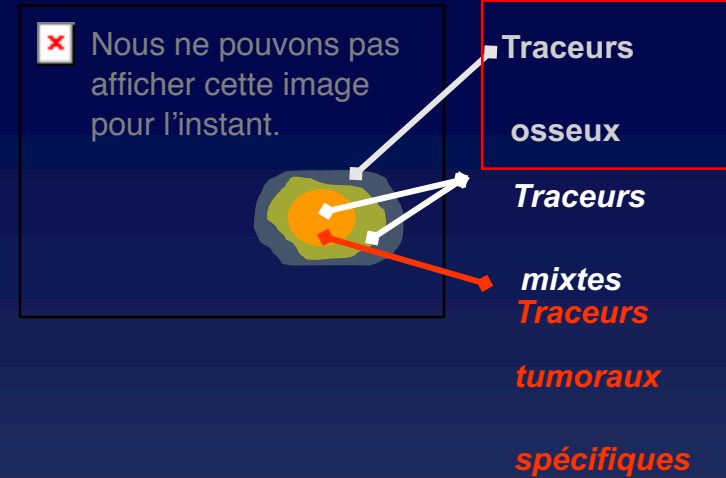
T1 Gado



Questions stratégiques en imagerie TEP des métastases osseuses



Questions stratégiques en imagerie TEP/TDM des métastases osseuses



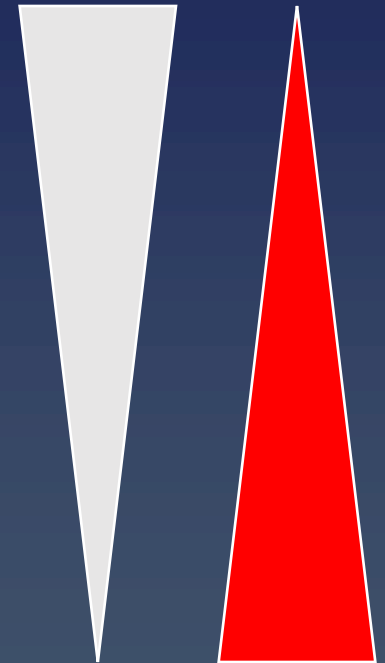
- Imagerie TEP osseuse réactionnelle (FNa-(18F), mixte (tumorale+inflammatoire) (FDG-(18F), ou tumorale directe (FCH-(18F), DOPA-(18F)),...?
- Sensibilité du FDG-(18F) tributaire du phénotype des métastases, de la nature et du degré de différenciation du primitif en cause
- Distribution dominante des métastases (os/viscères/système lymphatique/séreuses) fixant le pronostic ?
- Détection des complications des métastases osseuses
- Solution: Cocktail de radiopharmaceutiques PET ?

TEP au FDG-(18F) vs SO aux BP-(99mTc)

Comparaison de la sensibilité de détection des MO en fonction du phénotype condensant et/ou lytique


Primitif	Condensante vs lytique	TEP	SO
Prostate	85/15	50 %	95 %
Sein	15/85	80 %	70 %
Poumon	5/95	85 %	65 %

% MO CONDENSANTES




% MO LYTIQUES



 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Imagerie des métastases du rachis

Intercomparaison TEP: FNa vs FCh vs FDG

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Cancer prostatique

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

- FNa: Imagerie de référence du squelette
- FCh: Recherche de lésions viscérales + adénopathies
- FDG: Evaluation différenciation/agressivité tumorale



Synthèse:

Plus-value de l'imagerie hybride
(SPECT/CT et TEP/TDM)
sur l'imagerie de coupe
monomodale

Gains du mode tomographique (SPECT) non couplé à la TDM sur le mode planaire:

- Amélioration du rapport signal/bruit (niveau de fixation du squelette/niveau de fixation des tissus mous)
- Amélioration du contraste lésionnel (niveau de fixation d'une lésion osseuse/niveau de fixation du squelette normal)
- Possibilité de quantification des lésions (exemple en TEP: SUV)
- Amélioration de la localisation anatomique (exemple : distinction des éléments osseux constitutifs de l'arche postérieure d'une vertèbre : pédicule, lame, articulation inter-apophysaire postérieure, isthme)

Gains du couplage d'images

SPECT ou TEP et TDM (1/2)



- Amélioration de la localisation anatomique du foyer hypermétabolique (plus généralement de l'anomalie métabolique) par les coupes TDM de repérage
- Correction d'atténuation des photons γ des images SPECT ou des photons de coïncidence de 511 keV des images TEP en utilisant la carte d'atténuation des rayons X du scanner
- Evaluation quantitative de l'évolutivité (ou activité) métabolique par les coupes SPECT ou TEP des atteintes osseuses visibles en coupes TDM dont l'information est morphologique (ou anatomique)

Gains du couplage d'images



SPECT ou TEP et TDM (2/2)

- Amélioration de la sensibilité diagnostique par l'interprétation des foyers hypermétaboliques à TDM normale (précocité de l'imagerie métabolique de coupe)
- Amélioration de la spécificité diagnostique par l'interprétation des foyers hypermétaboliques osseux en prenant en compte l'aspect des structures anatomiques et des lésions en TDM correspondants en topographie à ces foyers
- Facilitation d'une lecture de synthèse par la fusion des images orientées selon les 3 plans de l'espace (coupes axiales, coronales, sagittales) issues des 2 modalités d'imagerie de coupe
- Optimisation de la lecture de la fusion des images issues des 2 modalités d'imagerie de coupe avec réduction des données à l'aide d'algorithmes standardisés de rendu volumique (exemples : MIP+triangulation, fused VRT)



Evaluation et comparabilité de l'imagerie hybride osseuse ? (Presque) tout reste à faire !

- Il n'existe pas d'étude prospective publiée examinant de manière comparative chez les mêmes patients la **sensibilité de la SPECT/CT et de la scintigraphie planaire** aux BP-(99mTc)
- Il n'existe pas d'étude prospective publiée étudiant de manière comparative chez les mêmes patients la **sensibilité et la spécificité de la TEP/TDM au FNa-(18F) et la SPECT/CT** aux BP-(99mTc)

TEP/TDM ou TEMP/TDM ?



Facteurs intervenant dans l'analyse comparative

Génération des caméras
TEP/TDM et TEMP/TDM

Paramétrage des caméras
TEP/TDM et TEMP/TDM

Propriétés des images de coupe
obtenues par émission de
simple photon vs par émission
de positon

Biodistribution des
bisphosphonates et du fluorure
de sodium

Phénotype des métastases
osseuses

Effet des thérapies systémiques
sur les métastases osseuses

S Maia, F Paycha, Ann Pharm Fr 2011

TEP: Imagerie de coupe du squelette total

SPECT: Imagerie de coupe d'1 ou 2 segments

du squelette +++

pour l'instant.

 Nous ne pouvons pas afficher cette image pour l'instant.

Conclusions

Intérêts cliniques de la SPECT/CT



- ❖ La SPECT/CT osseuse contribue à diminuer la proportion de résultats indéterminés de la scintigraphie osseuse planaire (**de 60 à 70 %**)
- ❖ La SPECT/CT osseuse **réduit** la nécessité de recourir à des **explorations radiologiques complémentaires**
- ❖ L'exactitude de la SPECT/CT osseuse est augmentée avant tout par l'identification fiable des **arthropathies dégénératives du rachis**

Interprétation intégrée en imagerie hybride

Configuration SPECT (ou TEP)



Configuration scano- SPECT (ou TEP)

4 combinaisons possibles:



Paires concordantes:

- SPECT (ou TEP) +/TDM+
- SPECT (ou TEP)-/TDM-

⇒ Sûreté maximale d'affirmation ou d'élimination diagnostique ?

Paires discordantes:

- SPECT (ou TEP)+/TDM-
- SPECT (ou TEP)-/TDM+

⇒ Faux-positif de l'une ou faux-négatif de l'autre ?

⇒ Localisation de la lésion symptomatique ?