FACULTÉ DE MÉDECINE MONTPELLIER-NÎMES DEPUIS 1220

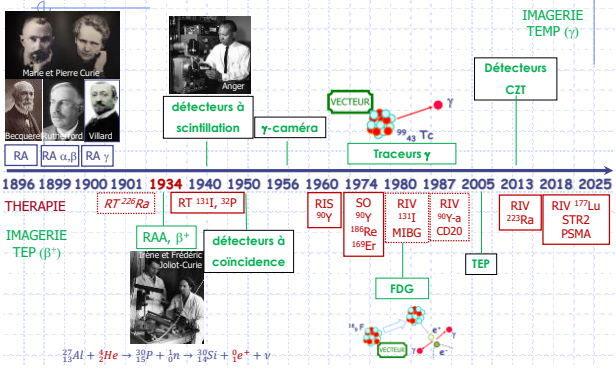
DFGSM2

IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE MEDECINE NUCLEAIRE

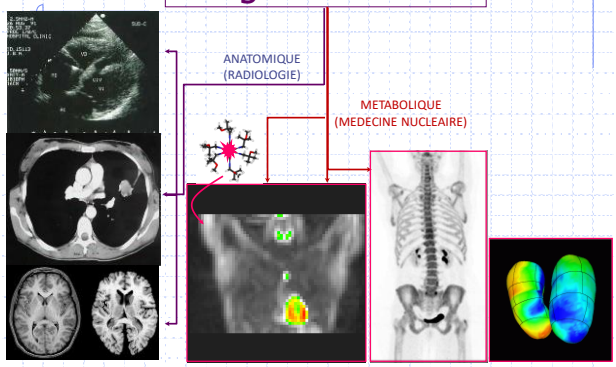


UE BIOPHYSIQUE ET BASES D'IMAGERIE 2026-2027
denis.mariano-goulart@umontpellier.fr
http:\\scinti.edu.umontpellier.fr

UN PEU D'HISTOIRE



Imagerie médicale



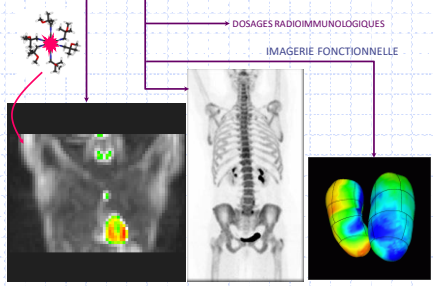
IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA BIOMETRIE

Médecine Nucléaire

Utilisation de marqueurs radioactifs pour tracer le devenir d'un vecteur (atome, molécule, cellule) dans un but diagnostique ou thérapeutique

IMAGERIE DIAGNOSTIQUE METABOLIQUE PHYSIOLOGIQUE

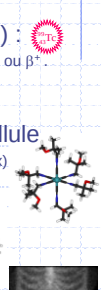
- RADIOTHERAPIE METABOLIQUE VECTORISEE
- DETECTION PER-OPERATOIRE
- DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES
- IMAGERIE FONCTIONNELLE



IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA BIOMETRIE

TRACEUR = MARQUEUR + VECTEUR

- Marqueur: Isotope radioactif artificiel (T ↘) : ^{99m}Tc
  Diagnostic : détectable (traverse le corps, peu diffusé) ⇒ γ ou β^+.
  Thérapie : irradiant à parcours court ⇒ α ou β^-.
- Vecteur: Ø, molécule, aérosols, verre, cellule
  Affinité chimique avec marqueur (halo/chalcogènes/métaux)
  Ciblage : métabolisme, récepteur, perfusion, fonction
- Traceur: Marqueur lié au vecteur
- Scintigraphie: image de la distribution du traceur



IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA BIOMETRIE

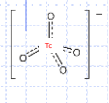
1 MARQUEUR PRINCIPAL en SPECT : ^{99m}Tc



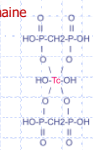
Livré x 2/semaine

$^{99}_{42}Mo$ → T = 66 h → $^{99m}_{43}Tc$ → T = 6 h → $^{99}_{43}Tc$ + γ

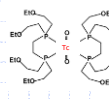
e^- métal



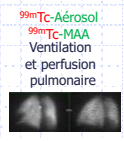
^{99m}Tc-O^-_4
Ventriculographie Thyroïde



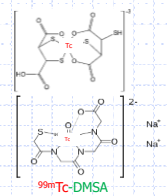
^{99m}Tc-BP
Remodelage osseux



^{99m}Tc-TF/MIBI
Perfusion myocardique Parathyroïdes



^{99m}Tc-Aérosol
^{99m}Tc-MAA
Ventilation et perfusion pulmonaire



^{99m}Tc-DMSA
^{99m}Tc-MAG3
Perfusion et fonction rénale



IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA BIOMETRIE

2 MARQUEURS en TEP : ^{18}Fluor



cyclotron

$^{18}_{8}O$ $^{1}_{0}n$ → $^{18}_{9}F$ → $^{18}_{8}O$ + $^{1}_{1}p$

T = 2 h

Livré de Nîmes à 7h et 11h

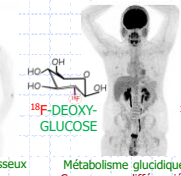
halogène

γ, e^+, e^-



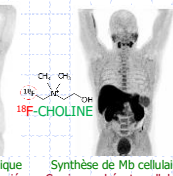
^{18}F-Na

Métabolisme osseux
Métastases osseuses
Infections (peu utilisé)



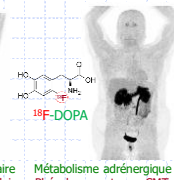
^{18}F-DEOXY-GLUCOSE

Métabolisme glucidique
Cancers peu différenciés
Inflammation, Ischémie



^{18}F-CHOLINE

Synthèse de Mb cellulaire
Carcinome hépato-cellulaire
Hyperparathyroïdie



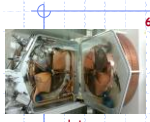
^{18}F-DOPA

Métabolisme adrénergique
Phéochromocytome, CMT,
TNE [Vater, mi-colon transverse]

A JEUN (6 H, sans perfusion de glucosé)

IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA BIOMETRIE

2 MARQUEURS en TEP : ^{68}Gallium



cyclotron

$^{69}_{31}Ga$ $^{1}_{0}n$ → $^{68}_{32}Ge$ → $^{68}_{31}Ga$ **métal** → $^{68}_{30}Zn$

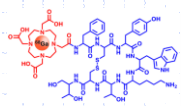
$^{1}_{1}p$

e^-

T = 1 h 8'

e^+, γ, γ, e^-

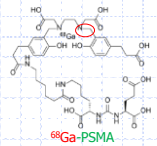
Livré tous les ans (T=270 j)



^{68}Ga-DOTA

Récepteurs à la SMS :
Paragangliomes
TNE < ampoule Vater





^{68}Ga-PSMA

Protéine trans Mb
Adénocarcinome
de prostate



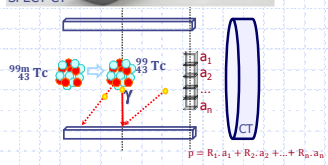
IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA BIOMETRIE

SYNTHESE 1

- Imagerie moléculaire et fonctionnelle
- Détection per-opératoire, thérapie et RIA
- Marqueur radio-isotope artificiel :
  - γ (TEMP), β^+ (TEP), β^- (Thérapeutique)
- Vecteur: atome, molécule(s), cellule
- Liaison facile halo-chalcogènes (^{123}I, ^{18}F)
- Groupe complexant pour les métaux (^{99m}Tc, ^{68}Ga)

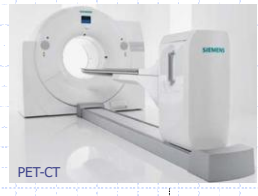
GAMMA-CAMERA γ = TEMP = SPECT*

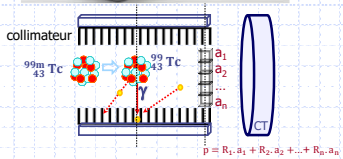


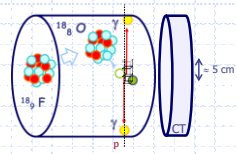


GAMMA-CAMERA γ = TEMP = SPECT*
GAMMA-CAMERA β^+= TEP = PET*









* Tomographie par Emission / de Positons / Mono Photonique = Single Photon Emission Computed Tomography

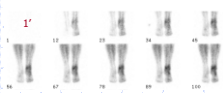
MODES D'ACQUISITION

- Planaire (statique, projection : γ)

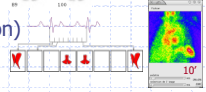




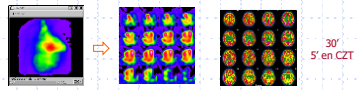
- Corps entier
- Dynamique



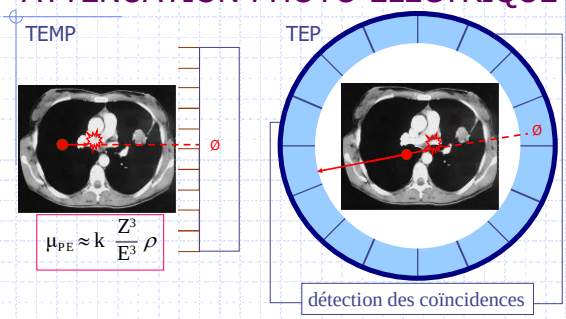
- Synchronisé (ECG, respiration)



- Tomographique (TEMP, TEP)



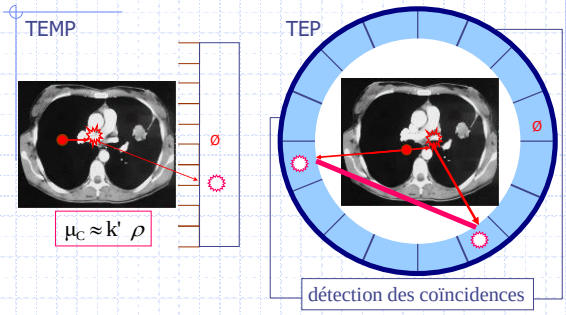
ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE



Mineur par rapport à l'atténuation Compton à 70-511 keV en scintigraphie

IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA DOSIMETRIE

ATTENUATION COMPTON



Mode d'atténuation majeur en scintigraphie (70-511 keV)

IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA DOSIMETRIE

ATTENUATIONS (C et PE)

E (keV)	CDA_{eau} (cm)	$2^{-30/CDA}$
70	3	0,1 %
511	7	5 %

Flou

Sous-estimation des activités profondes

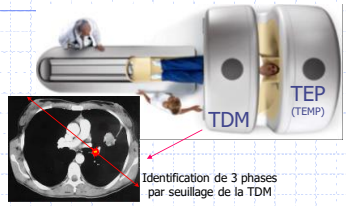


$\mu_C \approx k' \rho$

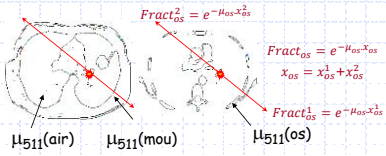
$\mu_{PE} \approx k \frac{Z^3}{E^3} \rho$

La correction nécessite la connaissance des ρ traversés

CORRECTION DE L'ATTENUATION



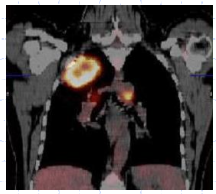
Identification de 3 phases par seuillage de la TDM





IMAGERIE MULTIMODALE CORRIGEE

- **Correction d'atténuation**
- **Localisation anatomique**

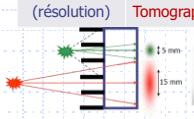


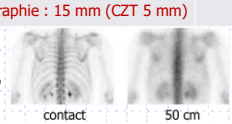


Interprétation multimodale

IMAGERIE SPECT et PET :

	SPECT	PET
ACQUISITIONS	PLANAIRE (sauf CZT dédiée) TOMOGRAPHIQUE	TOMOGRAPHIQUE
MODES	FOCALISE / CORPS ENTIER DYNAMIQUE (film) SYNCHRONISE (ECG, RESPIRATION)	
CORRECTION ATTENUATION	moyenne géométrique en planaire difficile par CT en tomographie	facile par CT
FWHM (résolution)	Planaire : 5 à 15 mm Tomographie : 15 mm (CZT 5 mm)	5 mm





RAPPEL (EVP) : Baisse de sensibilité si Ø < 2 x FWHM

Annale 2° session 2021-2022

TEP ^{18}F-DG NC



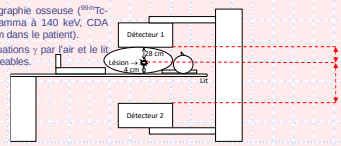
1- Marqueur et traceur utilisé ? F18 / déoxyglucose
2- Rayonnement enregistré ? γ 511 keV en coïncidence
3- Deux phénomènes physiques qui dégradent l'image ? Photo électrique / Compton
4- Lequel domine, de quoi dépend-il principalement ? Compton ; masse volumique
5- CDA = 7 cm ⇒ coef. Linéaique d'atténuation = ? $\mu = \ln 2/CDA = 0,7/7 \approx 0.1$ /cm ≈ 10% /cm
6- % de γ issus de F non atténués ? 14 cm = 2.CDA ⇒ $N=N_0.2^{-x/CDA} = N_0/4 = 0,25$. N_0 soit 25%
7- % de désintégrations en F détectées sans atténuation ? Coïncidence: ¼ x ¼ = 1/16 = 6,3 %
8- Quelle imagerie / paramètre utiliser pour corriger ? CT ; masse volumique

Donnée : ln 2 = 0,7

137 candidats ; Moyenne : 6/20 à Montpellier et Nîmes

Annale 1° session 2023-2024

Scintigraphie osseuse (^{99m}Tc-BP, gamma à 140 keV, CDA = 4 cm dans le patient).
Atténuations γ par l'air et le lit négligeables.



1- Deux modes physiques principaux d'atténuation des γ par les tissus du patient ? Lequel est prépondérant ? Représentez-les. Compton > Photo-électrique
2- Résolution détecteurs 1 = 2 ? Non: collimateur ⇒ R dépend de la distance lésion-détecteurs, qui est différente.
3- I2/I1 = ? $I = I_0 \times 2^{-x/CDA} \Rightarrow I_1 = I_0/128$ et $I2 = I_0/2$: I2/I1 = 64
4- Tomographie : comment ? En faisant tourner les détecteurs sur au moins 180°
5- Signification physiologique d'une hyperfixation ? Activation des osteoblastes/remodelage osseux ∀ cause

402 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et 7/20 à Nîmes

SYNTHESE 2

- Modes d'acquisition :
  - Planaire, dynamique, corps-entier,
  - tomographique, synchronisé
- Importance de l'effet de volume partiel
  - Détecteur proche du patient
  - Sous estimation de l'activité des structures < 2.FWHM
    - Soit Ø < 10 mm en TEP/CZT et 10 à 30 mm en TEMP
- Couplage à une TDM (scanner X) :
  - Pour correction des artefacts d'atténuation
  - Pour localisation anatomique
  - Pour interprétation multimodale

Principales scintigraphies diagnostiques

Reconnaître les captations physiologiques des traceurs en scintigraphie et tomographie par émission de positrons (TEP)

Identifiant	
Intitule	Reconnaître les captations physiologiques des traceurs en scintigraphie et tomographie par émission de positrons (TEP)
Domaine d'apprentissage	Iconographie
Compétence générique	Réfléxif

Identifier l'examen d'imagerie médicale pertinent pour le diagnostic/suivi d'une pathologie

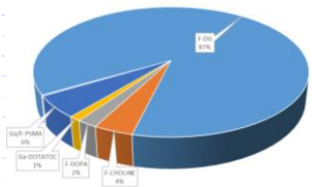
Identifiant	
Intitule	Identifier l'examen d'imagerie médicale pertinent pour le diagnostic/suivi d'une pathologie
Domaine d'apprentissage	Stratégie diagnostique
Compétence générique	Réfléxif

Catégorie : Attendu d'apprentissage

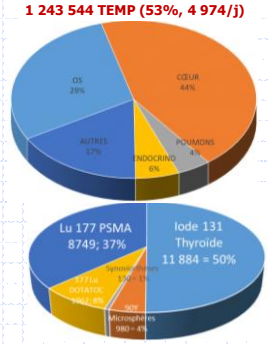
France, 2025 : 2,4 10^6 patients pris en charge

254 centres de médecine nucléaire
714 caméras: 2/3 TEMP + 1/3 TEP
770 médecins nucléaires thésés
9420 patients pris en charge / jour

1 087 429 TEP (47%, 4 350/j)



1 243 544 TEMP (53%, 4 974/j)



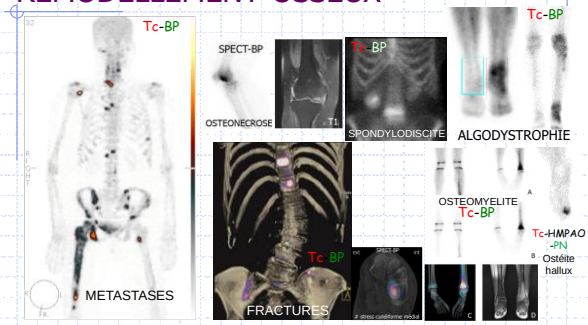
THERAPIE : 23 705 patients (95/j)

https://www.cnp-mn.fr/sfmn-accueil/enquete_nationale_annuelle/

DEROULEMENT DE L'EXAMEN

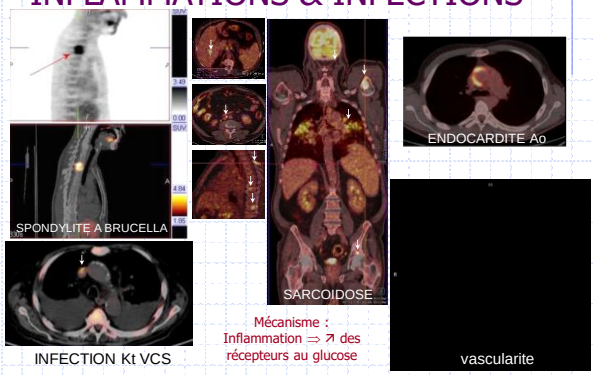
- ACCUEIL, INFORMATION ET PERFUSION DU PATIENT
- ADMINISTRATION DU RADIOTRACEUR
  - Parfois sensibilisée par une épreuve d'effort, une médication…
- SOUVENT ATTENTE DE LA METABOLISATION DU TRACEUR
  - Sans délai : perfusion myocardique, excrétion tubulaire rénale, scintigraphies pulmonaires, …
  - 15' (Thyroïde, ventriculographie), 30' (TEP NEURO), 1 h (TEP),
  - 3h (OS, DMSA), 24h (PN, MIBG)…
- ACQUISITION DES IMAGES : 10-45'
- TRAITEMENT DES IMAGES ET INTERPRETATION (30')
- CONSULTATION MEDICALE (PRE ANNONCE)

SCINTIGRAPHIE OSSEUSE au ^{99m}Tc-BP : REMODELLEMENT OSSEUX



Indications: fracture, algodystrophie, tumeur, infection, nécrose, arthrite…

TEP au ^{18}F-DG : INFLAMMATIONS & INFECTIONS



Mécanisme :
Inflammation ⇒ ↗ des récepteurs au glucose

Annale 2° session 2020-2021

1- Quel vecteur/marqueur en scintigraphie osseuse gamma ? BP / ^{99m}Tc
2- Signification d'une hyperfixation osseuse en SPECT osseuse ? Remodelage osseux
3- 2 intérêts du CT en SPECT-CT ? Correction d'atténuation, localisation anatomique
4- Déroulement de l'examen ? Injection MRP / (images précoces)/ Attente 3h / images tardives

127 candidats ; Moyenne : 13/20 à Montpellier et 11/20 à Nîmes

Annale 1° session 2022-2023

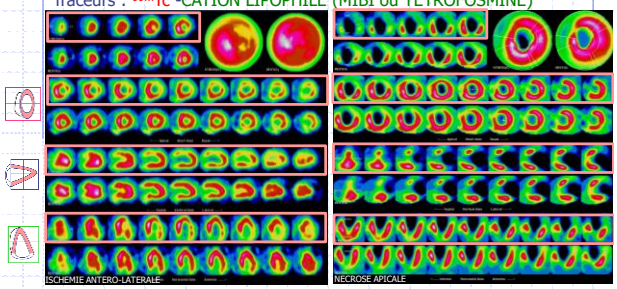
Un jeune marathonien de 20 ans se plaint d'une douleur du pied focale, persistante, apparue subitement après une course, majorée par la pression et la palpation. Vous avez déjà prescrit une radiographie du pied qui ne met pas en évidence de fracture, et un bilan biologique qui ne montre pas d'inflammation. Vous souhaitez compléter le bilan d'imagerie par un examen aussi sensible que possible à la recherche de petites fractures ou fissures non détectées sur l'imagerie radiologique standard.

1- Quel appareil d'imagerie ? — SPECT-CT
2- Quelle résolution au contact / en mode tomographique ? — 5 / 15 mm
3- Quel vecteur / marqueur ? — Biphosphonates / ^{99m}Tc
4- Délai administration du traceur – imagerie ? — 3 heures
5- Quelle fonction détermine le contraste ? — Remodelage osseux / ostéoblastes
6- Taille minimale d'une lésion détectée à 100% en SPECT ? — 2.R = 3 cm
7- Pourquoi 100% de sensibilité / fissure millimétrique ? — Activation ostéoblastes intense sur une zone plus étendue

367 candidats ; Moyenne : 12/20 à Montpellier et à Nîmes

SCINTIGRAPHIE MYOCARDIQUE au ^{99m}Tc-CL : PERFUSION MYOCARDIQUE

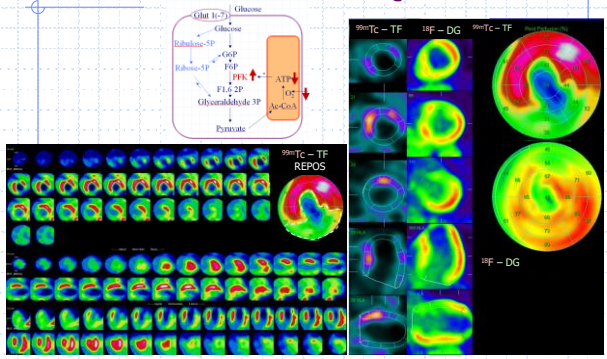
Traceurs : ^{99m}Tc -CATION LIPOPHILE (MIBI ou TETROFOSMINE)



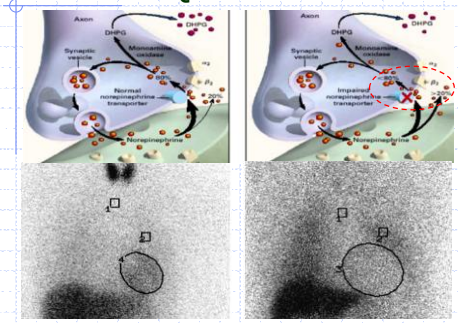
A jeun **de CAFE, THE, CHOCOLAT, RICORE, COLA, BANANE** depuis 24h

Indications : coronaropathies (dépistage DNID, HIV, diagnostic, suivi, pré-op…)

TEP au ^{18}F-DG : VIABILITE MYOCARDIQUE



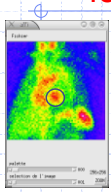
SCINTIGRAPHIE D'INNERVATION MYOCARDIQUE A LA ^{123}I-MIBG



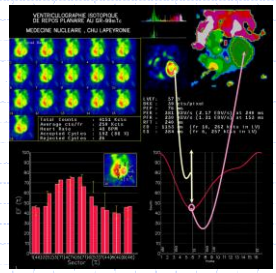
MIBG - ^{123}I
Traceur des neurones adrénergiques viables

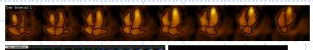
Indications : insuffisance cardiaque

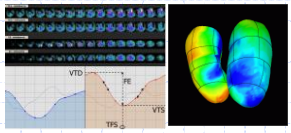
VENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU ^{99m}Tc-HEMATIES



HEMATIE – ^{99m}Tc
Traceur du volume sanguin

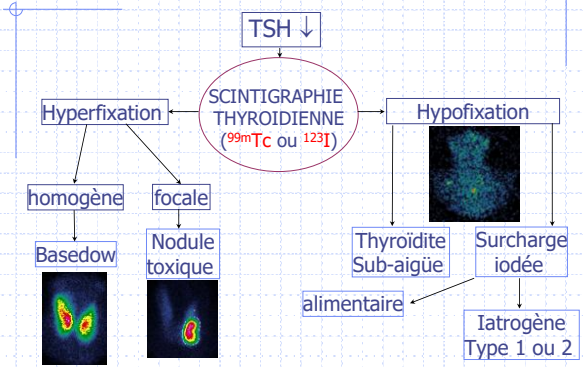






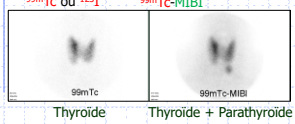
Indication : Suivi de la FEVG en surveillance de la survenue d'une insuffisance cardiaque lors d'un traitement cardio-toxique (chimiothérapies)

SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE AU ^{99m}Tc : ETIOLOGIE D'UNE HYPETHYROIDIE

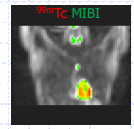


SCINTIGRAPHIE PARATHYROIDIENNE : ETIOLOGIE D'UNE HYPEPARATHYROIDIE

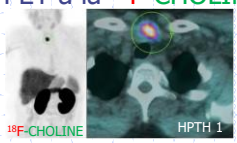
- SPECT au (^{99m}Tc ou ^{123}I) versus ^{99m}Tc-MIBI

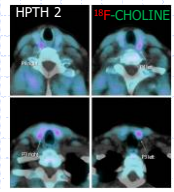


Thyroïde Thyroïde + Parathyroïde



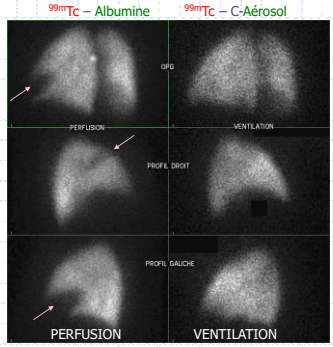
- PET à la ^{18}F-CHOLINE





SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE : EMBOLIE PULMONAIRE, HTAP

^{99m}Tc – Albumine ^{99m}Tc – C-Aérosol



EMBOLIE PULMONAIRE
(Lingula et segment antérieur du LSD)

Annale 1° session 2024-2025

Vous posez une indication de scintigraphie pulmonaire à la recherche d'une embolie pulmonaire chez une femme enceinte depuis 7 mois. Le médecin nucléaire que vous contactez vous précise que cet examen conduira à une dose efficace de 2 mSv corps entier à la patiente et à une dose absorbée corps-entier de 0,5 mGy pour le fœtus.

1- Comment le MN évalue-t-il ces doses ?
2- De quels paramètres dépend cette évaluation ?
3- Danger de malformation fœtale ou de fausse couche ?
4- Danger pour la patiente ?
5- Marqueur et vecteur en scintigraphie pulmonaire de perfusion, anomalie recherchée ?
99mTc/Macro agrégats d'albumine ; obstruction d'une branche de l'artère pulmonaire
6- Marqueur et vecteur en scintigraphie pulmonaire de ventilation, anomalie recherchée ?
99mTc/aérosol ; hypoventilation dans une bronche (qui n'oriente pas vers une EP)

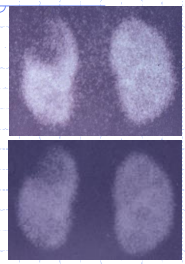
Moyenne : 9,7/20 (51% < 10/20) à Montpellier (283 candidats) et 7,4/20 (87% < 10/20) à Nîmes (138 candidats)

Annale 2° session 2024-2025

Vous posez une indication de scintigraphie pulmonaire à la recherche d'une embolie pulmonaire chez une femme enceinte depuis 7 mois. Le médecin nucléaire que vous contactez vous précise que cet examen conduira à une dose efficace de 2 mSv corps entier à la patiente et à une dose absorbée corps-entier de 0,5 mGy pour le fœtus et que la résolution des images (FWHM) est de 10 mm dans un champ de vue de 50 cm x 50 cm.

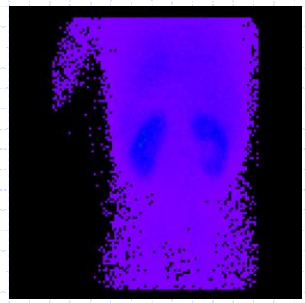
1- Dose efficace CE au fœtus, qu'est-ce-que cela mesure ?
2- Mode d'acquisition scintigraphique ? Planaire (ou en projection)
3- Nombre de pixels par côté pour les scintigraphies ? d = FWHM/2 = 5 mm ; 500/5 = 100 pixels
4- Déterminant du contraste en échographie des membres inférieurs ? Variation (interface) de densité
5- Que recherche-t-on sur une échographie doppler des membres inférieurs ? Obstruction veineuse (phlébite)

SCINTIGRAPHIE RENALE : PYELONEPHRITE, OBSTACLE, HTA



^{99m}Tc-DMSA

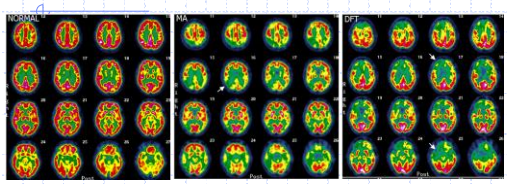
Perfusion corticale : Pyélonéphrite



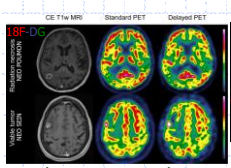
^{99m}Tc-MAG 3

Sécrétion tubulaire : obstacles à l'excrétion urinaire, HTA réno-vasculaire…

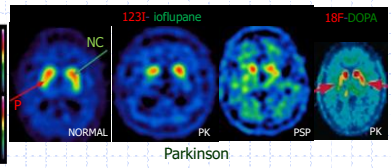
TEP et TEMP CEREBRALES



Démences neuro-Dégénératives 18F-DG

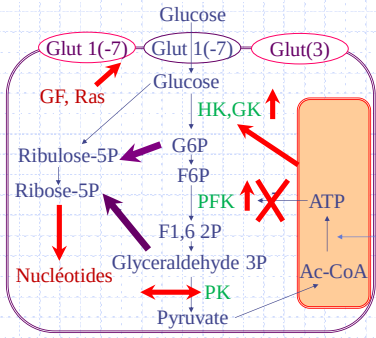


Séquelle de RT vs récidive



Parkinson

TEP au ^{18}F-DG : Dic, BE,SUIVI DES CANCERS PEU DIFFERENCIES



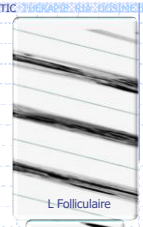
HYPERFIXATION du ^{18}FDG si :

- Hypoxie
- Inflammation
- Cancer peu différencié

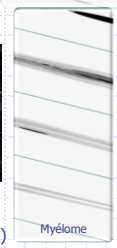
$$SUV = \frac{C_{pixel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq)/V(L)}$$

TEP au ^{18}F-DG : ONCO-HEMATOLOGIE

- Lymphomes (H,F,BDGC,M,T)
  - Hodgkin, folliculaire, B, T, manteau
- Myélomes
- Sarcomes
  - Osseux (Ewing, ostéosarcome, chordome)
  - Tissus mous (Rhabdomyosarcome, endomètre)


L Folliculaire

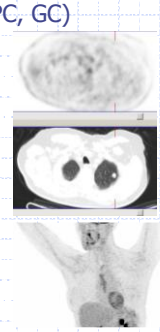

Ewing


Myélome

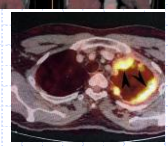
TEP au ^{18}F-DG : ONCO-PNEUMOLOGIE ET THYMUS

- Carcinomes bronchiques (NPC, PC, GC)


3C= T3N3M0



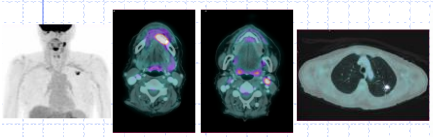
- Mésothéliome

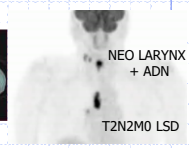


- Tumeurs thymiques

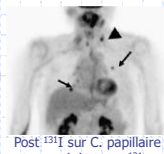
TEP au ^{18}F-DG : ONCO-ORL

- VADS (cancers synchrones) et GG sans I





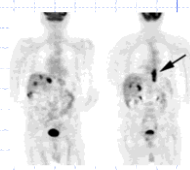
- Thyroïde
  - Si anaplasique, peu ≠, étendus (Tg↑)

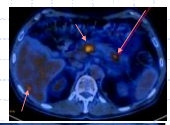


Post ^{131}I sur C. papillaire
T3N1 opéré, Scinti ^{131}I N

TEP au ^{18}F-DG : ONCO-DIGESTIF

- Œsophage et estomac
- ADK Pancréas
- Hépato & cholangio-K,VB
  - TEP à la ^{18}F – Choline
- Colo-rectal, anal



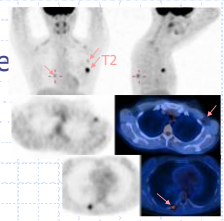


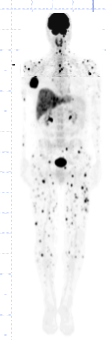




TEP au ^{18}F-DG : ONCO-GYNECOLOGIE & DERMATOLOGIE

- Sein
- Col, endomètre
- Vulve
- Ovaire

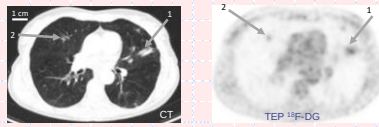




- Mélanomes
- Tumeurs de Merckel

Annale 1° session 2020-2021

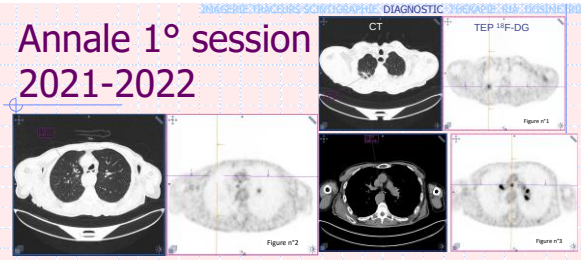
PET-CT au 18FDG pour évaluation d'opacités parenchymateuses pulmonaires :



1- Déterminants du contraste en CT ? CT: Densité ou masse volumique
2- 3 causes d'hyperfixation du FDG ? Néoplasie peu différenciée, inflammation (infection), hypoxie
3- Quelles acquisitions pour reconstruire en tomo ? Images planaires de projection sous divers angles
4- Quelle est l'opération mathématique réalisée par des rétroprojections dans les algo de tomographie ? Résolution (inversion) d'un grand système d'équations linéaires
5- Opacité n° 1 ⇒ 2 hypothèses ? Cancer peu différencié / inflammation ou infection
6- Hyper n°2 < hyper n°1 ⇒ ? Rien car taille < 2.LMH

302 candidats ; Moyenne : 6/20 à Montpellier et 9/20 à Nîmes

Annale 1° session 2021-2022

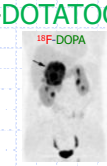


1- Déterminants du contraste ? CT: Densité ou masse volumique / TEP : métabolisme du glucose
2- Résolutions ? CT : 1 mm / TEP : 5 mm
3- Quelles acquisitions pour reconstruire en tomo ? Images planaires de projection sous divers angles
4- 3 causes d'hyperfixation du FDG ? Néoplasie peu différenciée, inflammation (infection), hypoxie
5- Fig 2 : nodule ciblé de 4,2 mm ⇒ ? Rien car dimension < FWHM
6- Fig 3: nodule ciblé pathologique ? Oui : Ganglion médiastinal en lien avec le nodule vu sur Fig 1

353 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et à Nîmes

CANCERS TRES DIFFERENCIES :
TEP au ^{18}F-DOPA, ^{68}Ga-PSMA, ^{68}Ga-DOTATOC

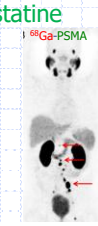
- DOPA → cellules adrénergiques :
  - phéochromocytome, carcinome médullaire de la thyroïde, neuroblastome, hyperinsulinisme.



- OCTREOTIDE → Récepteurs à la somatostatine
  - tumeurs neuroendocrines
    - thymique, bronchique, digestive,
  - Paragangliomes non surrénaliens,
  - Méningiomes.

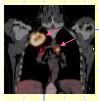


- PSMA → ADK de prostate
  - PSA ↗,, BEI si haut risque, avant RIV.



IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA DOSIMETRIE

SYNTHESE 3



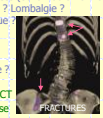
PET-CT au ^{18}FDG, ^{18}F-Choline, ^{18}F-DOPA, ^{68}Ga-DOTATOC ou PSMA

Suspicion, BE, surveillance de **néoplasie**

Toute **douleur osteo-articulaire** inexpliquée

Fracture de stress (80%: radio normales) ? Algodystrophie ? Lombalgie ? Prothèse algique ? Dégénératif ? Néoplasie ? Ostéomyélite ? Ostéochondrite ? etc.

→ SPECT/CT = scinti. osseuse





Dyspnée aigüe Suspicion d' **embolie pulmonaire** (F, jeune ou enceinte)

Scinti. de ventilation et de perfusion (SPECT-CT)

Douleur thoracique inexpliquée, Dépistage coronaropathie (diabète, HIV, pré-op…)

→ Scinti. de perfusion myocardique





Hyperthyroïdie inexpliquée **Hyperparathyroïdie**

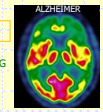


Scinti. Parathyroïde ou thyroïde



Suspicion de **démence**

→ PET-CT au ^{18}FDG



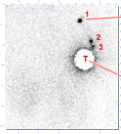
Toute **fièvre** ou **syndrome inflammatoire** inexpliqué

PET-CT au ^{18}FDG ← Sans orientation Suspicion d'arthrite, d'ostéomyélite etc.

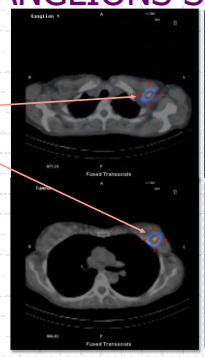
→ Scinti. Osseuse (SPECT-CT précoce et tardive)

IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE RIA DOSIMETRIE

DETECTION PEROPERATOIRE DES GANGLIONS SENTINELLES



^{99m}Tc-nanocolloïde



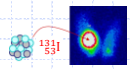


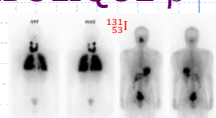


IMAGERIE TRACEURS SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPIE

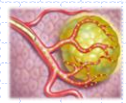
RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

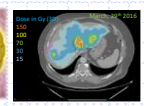
- Hyperthyroïdies $^{131}_{53}$I





- Cancers différenciés de la thyroïde
- Mono-arthrites inflammatoires chroniques : Synoviorthèses au $^{169}_{68}$Er, $^{186}_{75}$Re, $^{90}_{39}$Y
- Cancers neuroendocrines : $^{177}_{71}$Lu – DOTATE
- Cancers de prostate $^{177}_{71}$Lu – PSMA
- Cancers hépatiques $^{90}_{39}$Y – MICROSPHERES





- Antalgie des métas osseuses : $^{89}_{38}Sr$ *ou* $^{153}_{62}Sm$ – DP

Annale 2° session 2022-2023

Un patient présentant une monoarthrite du genou droit va bénéficier d'une radiothérapie métabolique au cours d'une synoviorthèse isotopique (injection dans la capsule articulaire du radiotraceur). En fonction de la taille de l'articulation à traiter, le médecin dispose pour ce type de traitement de 3 isotopes émetteurs bêta moins purs : l'erbium 169 ($^{169}_{68}Er$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 100 keV), le rhénium 186 ($^{186}_{75}Re$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 320 keV) et l'yttrium90 ($^{90}_{39}Y$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 900 keV). On rappelle que la portée P (en mm) d'un électron d'énergie E (en keV) dans un tissu biologique peut être évaluée par la relation P (mm) = E(keV)/200.

1- Trajectoire de l'électron ? Ligne brisée
2- Portée d'une bêta moins: Définition ? Distance **maximale** parcourue par les électrons **dans la direction initiale**
3- Portée moyenne des divers isotopes ? Er : 100/200 = 0,5 mm ; Re : 320/200 = 16 mm ; Y : 900/200 = 4,5 mm
4- Dose absorbée au foie ? O Gy
5- Mécanisme de destruction du tissu synovial ? Ionisation des atomes de la synovie ; radiolyse de l'eau
6- Quel isotope pour un genou ? Y car grosse articulation

94 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et 7/20 à Nîmes

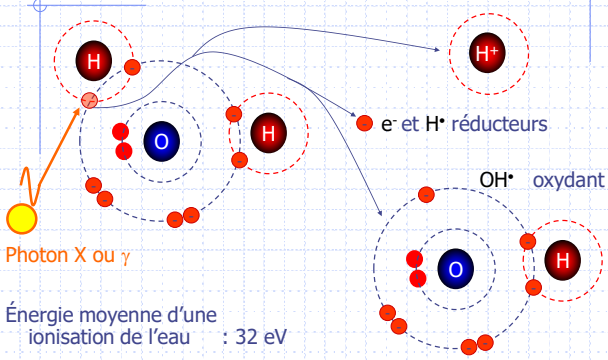
DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

- Emetteurs X/γ basse énergie, affinité : $^{125}_{53}I$
- Sensibilité < picomole



- Désormais peu utilisée hors recherche
  - Neurotransmetteurs, hormones,
  - vitamines, peptides, marqueurs tumoraux

RISQUE RADIQUE



Énergie moyenne d'une ionisation de l'eau : 32 eV

DOSIMETRIE

Quelques références [1] :

Irradiation moyenne :
France : 3 mSv/an naturelle
+ 1,5 mSv/an médicale

Ramsar (Iran) : 250 mSv/an

CT injecté [2] : 20 mSv

Au niveau mondial :
202 10^3 homme.Sv pour 33 . 10^6 scintigraphies (5 %)
4000 10^3 homme.Sv pour 3600 . 10^6 radiographies (95 %)

Procédé	Dose efficace (mSv)
Rayons X 0,01 – 10 mSv	
Membres et articulations (sauf hanche)	<0,01
Thorax (vue PA simple)	0,02
Crâne	0,07
Rachis dorsal	0,7
Rachis lombaire	1,3
Hanche	0,3
Bassin	0,7
Abdomen	1,0
UIV	2,5
Déglutition barytée	1,5
TOGD (transit oeso- gastro-duodénal)	3
Transit du grêle	3
Lavement baryté	7
TDM crânienne	2,3
TDM thoracique	8
TDM abdominale ou pelvienne	10
TDM TAP non diagnostique	7
Scintigraphie	0,3 – 6 mSv
Ventilation pulmonaire (Xe-133)	0,3
Perfusion pulmonaire (Tc-99m)	1
Rein (Tc-99m)	1
Thyroïde (Tc-99m)	1
Os (Tc-99m)	4
Exploration dynamique cardiaque (Tc-99m), MIBG	6
TEP pour crâne (18F-FDG)	5

[1] http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
European Commission. Radiation protection 118: Referral guidelines for imaging.Office for Official Publication of the EC; 2001.
[2] Rapport DRPH/SER n°2010-12 ; Rapport DRPH/SER n°2010-12

SYNTHESE 4

- Radiothérapie métabolique vectorisée :
  - IRA-thérapie des cancers thyroïdiens différenciés, hyperthyroïdies
  - Synoviorthèse des monoarthrites
  - RIV des tumeurs neuroendocrines, hépatiques, prostatiques
- RIA : sensibilité ≈ picomole : peu utilisée
- Dosimétrie
  - En général de 0,5 à 10 mSv
  - Du même ordre que celle engagée en radiologie et TDM (X)

CONCLUSION

- Imagerie fonctionnelle et métabolique :
  - physiologique, non invasive et peu irradiante
  - couvrant toutes les spécialités médicales
  - rôle important dans le diagnostic et le traitement
  - impliquant des équipes multidisciplinaires
    - paramédicaux, techniciens, médecins, pharmaciens,
    - physiciens, chimistes, informaticiens…
- En fort développement :
  - Recherche : radio-traceurs, protocoles, caméras…
  - Économique :
    - + 11% de TEPs / an en moyenne depuis 2013
    - + 5% de patients pris en charge / an en moyenne
- Usage civil des technologies nucléaires



MERCI POUR VOTRE ATTENTION





Référentiels d'imagerie médicale accessibles gratuitement en ligne :
Livre « bleu » : https://www.cnp-mn.fr/les-fondamentaux-de-limagerie-medicale-acces-public/
Livre « rouge » : https://cerf-edu-site.com/

Ou par le minisite : https://scinti.edu.umontpellier.fr/enseignements/bibliographie-choisie/