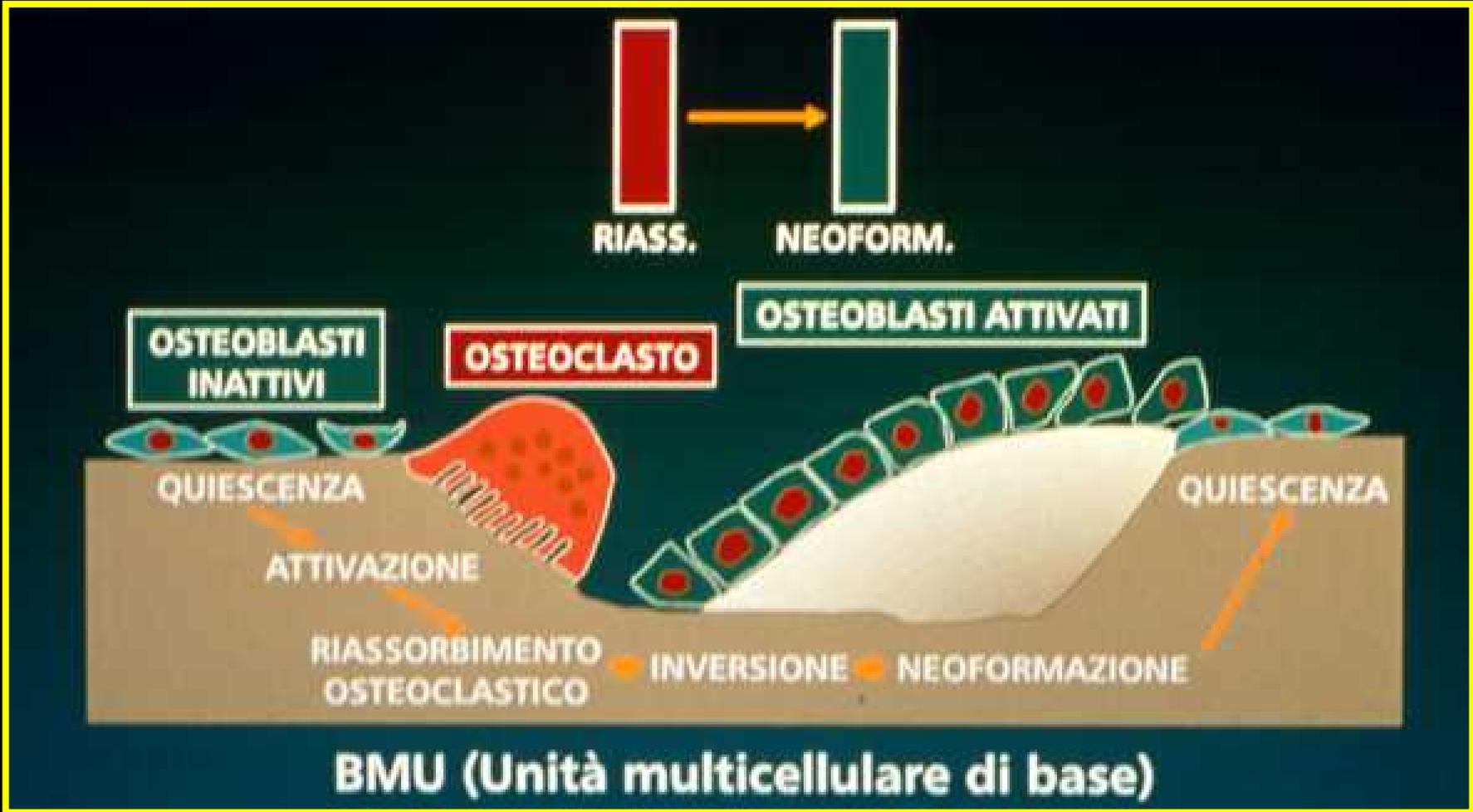


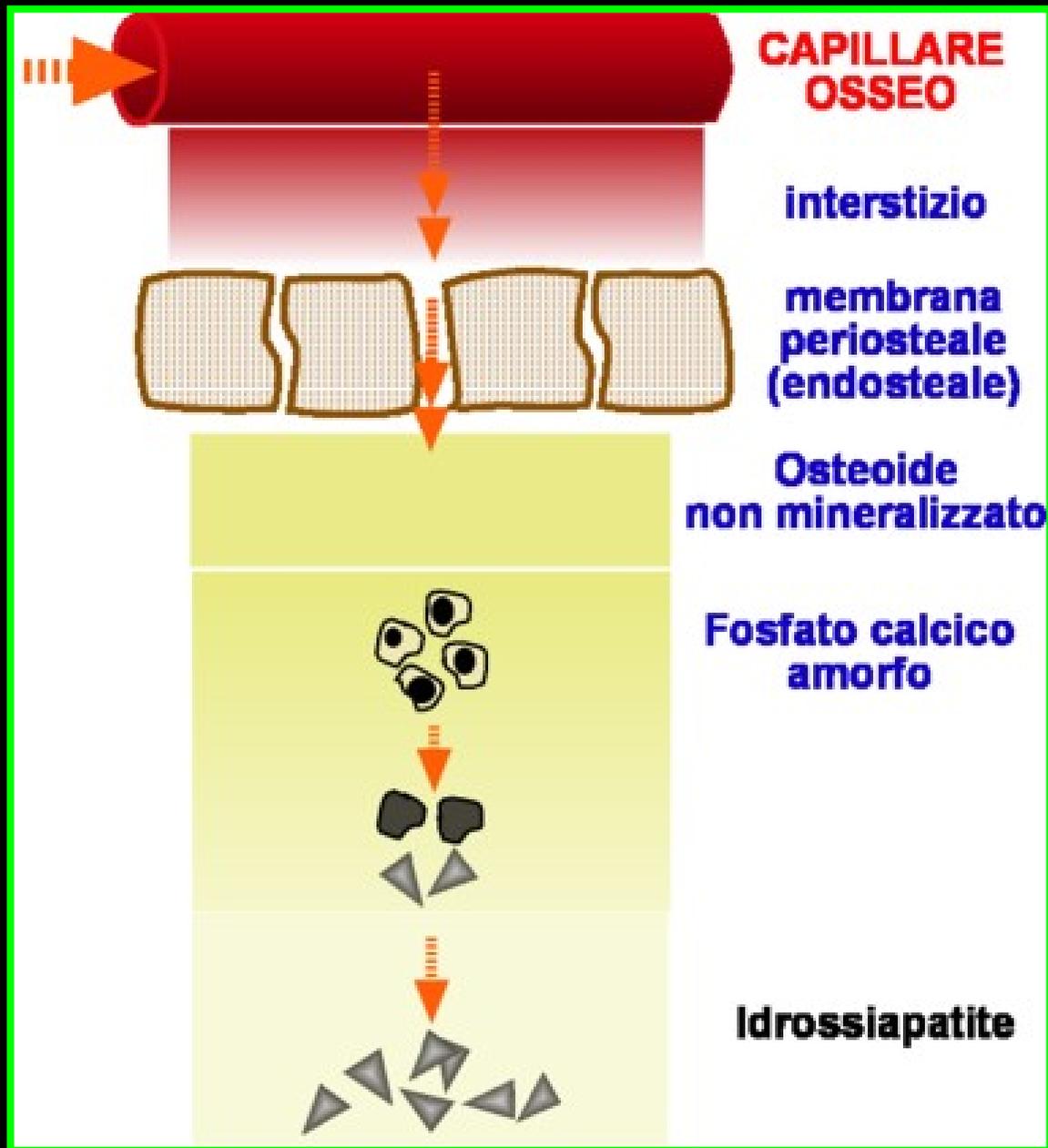
# Scintigrafia scheletrica

- **E' una delle indagini medico-nucleare più comuni.**
- **Utilizza alcuni radiofarmaci che si concentrano nell'osso in modo proporzionale alla vascolarizzazione e all'attività osteoblastica.**
- **Valuta il grado di attività metabolica dello scheletro e riconosce le lesioni che provocano alterazioni focali del turnover osseo.**
- **Esplora contemporaneamente tutti i distretti scheletrici, in breve tempo, con bassa dosimetria e con elevata sensibilità diagnostica.**
- **Metodica semplice, non invasiva, di basso costo.**

# RADIOFARMACI

- Metodica utilizzata da più di 30 anni, durante i quali sono stati proposti molti radiofarmaci, come il Calcio ( $^{47}\text{Ca}$ ) o suoi analoghi cationici ( $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{87\text{m}}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{Ba}$ ,  $^{135\text{m}}\text{Ba}$ ), terre rare ( $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{157}\text{Dy}$ ,  $^{171}\text{Er}$ ) chelate con HEDTA, l'anione fluoruro ( $^{18}\text{F}$ ), e infine fosfati e fosfonati marcati con  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .
- Vengono attualmente utilizzati i Polifosfati marcati con  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , che possono presentare il legame inorganico P-O-P o il legame organico P-C-P.
- Capostipite degli inorganici è il Pirofosfato, che tuttavia viene oggi usato per applicazioni diverse dalla scintigrafia ossea, a causa di un certo suo tropismo per l'Emoglobina e per i tessuti necrotici (polimiosite, infarto del miocardio).





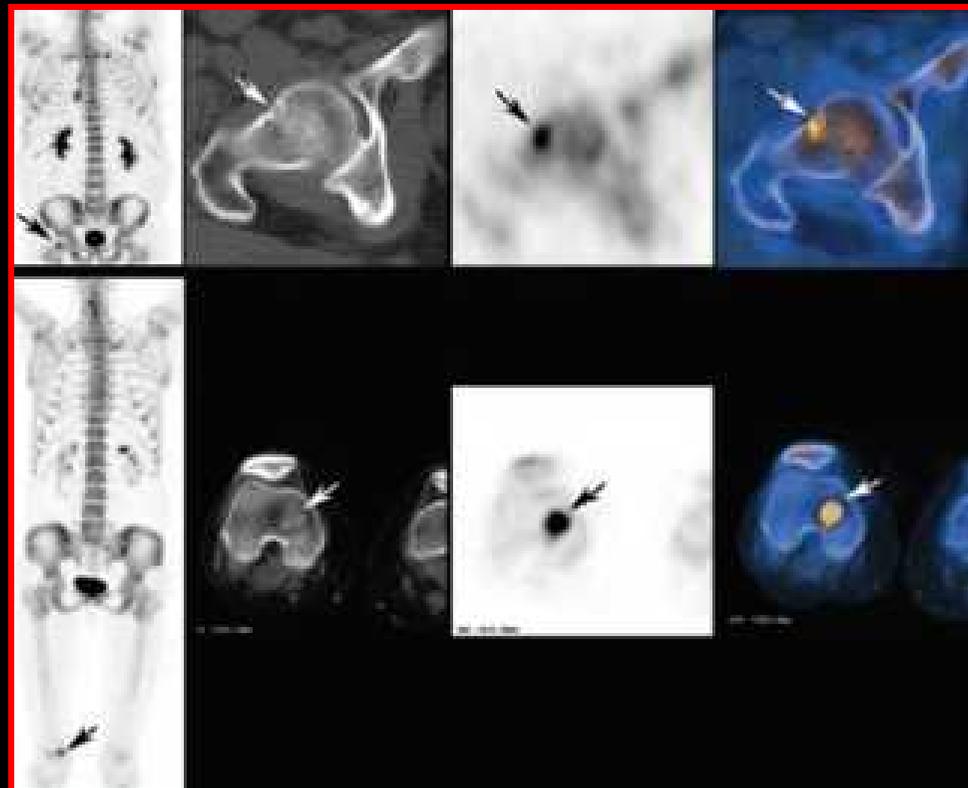


1961

$^{85}\text{Sr}$

**Gamma**      **360 KeV**  
**880 KeV**

**$T_{1/2}$**       **64 giorni**



***Even-Sapir et al.  
J Nucl Med 2004;45:272-8***

**Attualmente i difosfonati organici sono i radiofarmaci più largamente utilizzati per lo studio scintigrafico dell'osso, a causa della loro efficacia, economia, bassa dosimetria, e ampia disponibilità.**

**Metilene-difosfonato (MDP)**

**Idrossi-etilene-difosfonato (HEDP)**

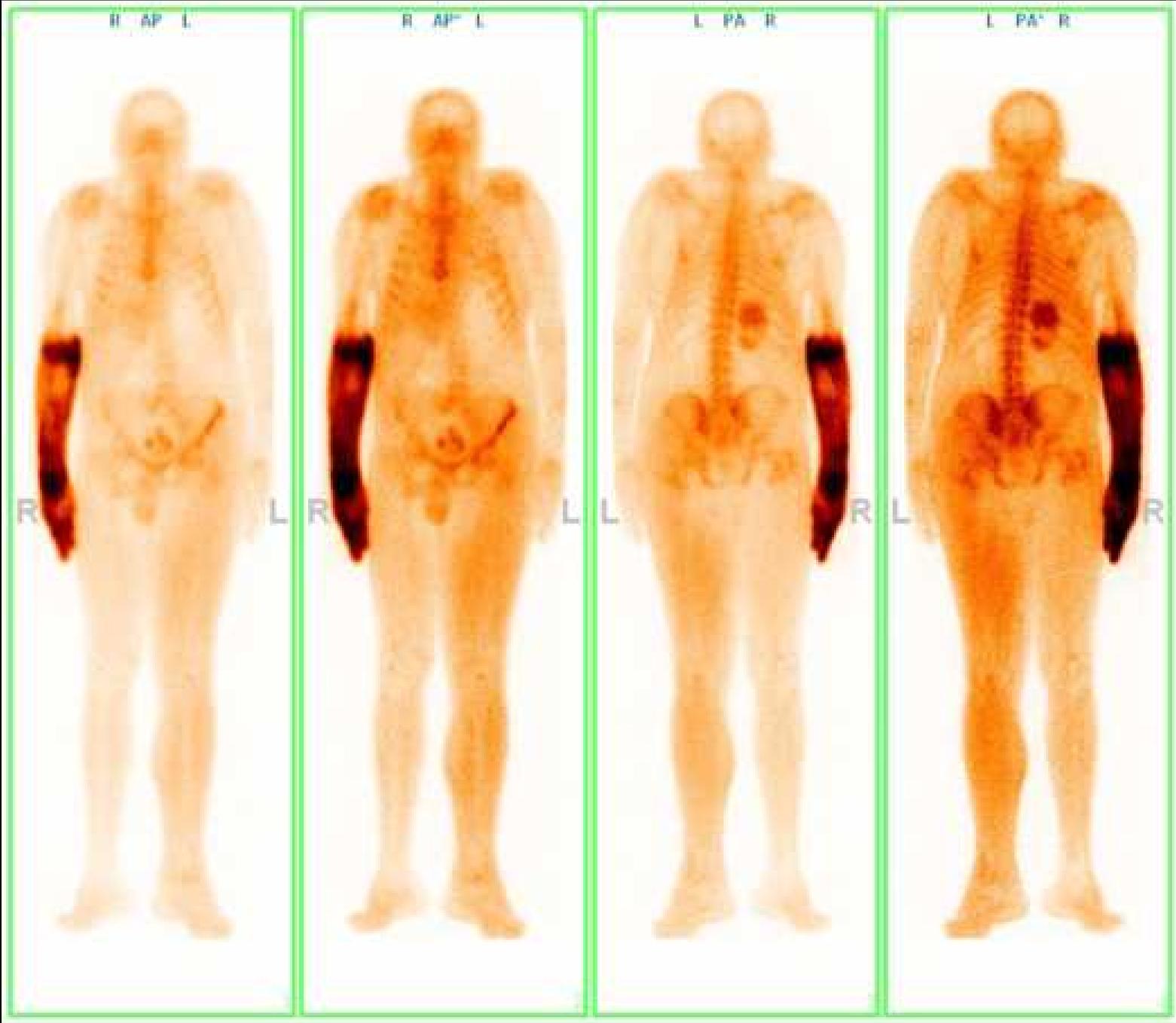
**Idrossi-metilene-difosfonato (HMDP)**

**Dicarbossi-propano-difosfonato (DPD)**

## **Caratteristiche che rendono i fosfati organici preferibili rispetto agli inorganici:**

- **Legame P-C-P più stabile e non suscettibile di idrolisi enzimatica in vivo da parte della piruvato fosfatasi.**
- **Bassa affinità con le proteine plasmatiche, quindi più rapida clearance renale.**
- **Assenza di legame significativo con i globuli rossi.**

- **Dopo iniezione e.v., il  $^{99m}\text{Tc}$ -Difosfonato si lega per circa il 50% allo scheletro.**
- **Il restante 50% viene eliminato per via urinaria nelle prime 4-6 ore.**
- **Il miglior rapporto tra l'attività ossea e l'attività nei tessuti molli si ottiene circa 3 ore dopo l'iniezione.**
- **Tale tempo può risultare più lungo in caso di ridotta funzione renale.**



Il principale meccanismo di legame dei fosfati sull'osso è il **chemioadsorbimento** che avviene per mezzo di legami chimici nelle regioni di flessione e di dislocazione sulla superficie dei cristalli di idrossiapatite.

Lo stagno e il  $^{99m}\text{Tc}$  vengono idrolizzati e si legano all'osso, o separatamente o combinati sotto forma di idrossido di stagno e diossido di tecnezio.

Le grandi superfici di idrossiapatite idratata, presenti ad esempio nei centri di crescita o nelle lesioni ossee metabolicamente attive, facilitano il chemioadsorbimento e quindi concentrano maggiormente il radiofarmaco.

## Entità della captazione ossea dei fosfonati

- **Attività metabolica:** è il fattore più importante; la fissazione è proporzionale al grado di turnover osseo.
- **Flusso ematico:** indispensabile per l'arrivo del radiofarmaco. La captazione è ridotta nelle regioni ipoperfuse. In caso di aumento patologico del flusso ematico, la captazione aumenta ma non in misura lineare: ad es., un flusso aumentato di 3-4 volte aumenta la captazione del 30-40%.
- **Tono simpatico:** regola il flusso capillare distrettuale.

# Tecnica

- Il radiofarmaco (700-800 MBq) è iniettato e.v.; non è necessario il digiuno.
- Il paziente viene quindi idratato ed invitato a urinare frequentemente, al fine di ridurre il tempo di permanenza del radiofarmaco in vescica.
- Per una qualità ottimale, le immagini sono acquisite > 2-3 ore dalla somministrazione del radiofarmaco, per permettere la massima concentrazione scheletrica combinata con riduzione della radioattività in circolo e nei tessuti molli ("fondo").

## Scintigrafia trifasica

**I) Prima fase (perfusoria):** contemporaneamente alla somministrazione del radiofarmaco viene acquisita una serie di immagini sequenziali, per evidenziare il primo transito del radiofarmaco nel distretto esplorato.

**II) Seconda fase (all'equilibrio ematico):** 10-15 minuti dopo l'iniezione viene acquisita l'immagine relativa alla distribuzione del radiofarmaco omogeneamente distribuito nella circolazione ematica e negli spazi extracellulari.

**III) Terza fase (tardiva):** 2-3 ore dopo l'iniezione si acquisisce l'abituale scintigrafia corporea totale o distrettuale.

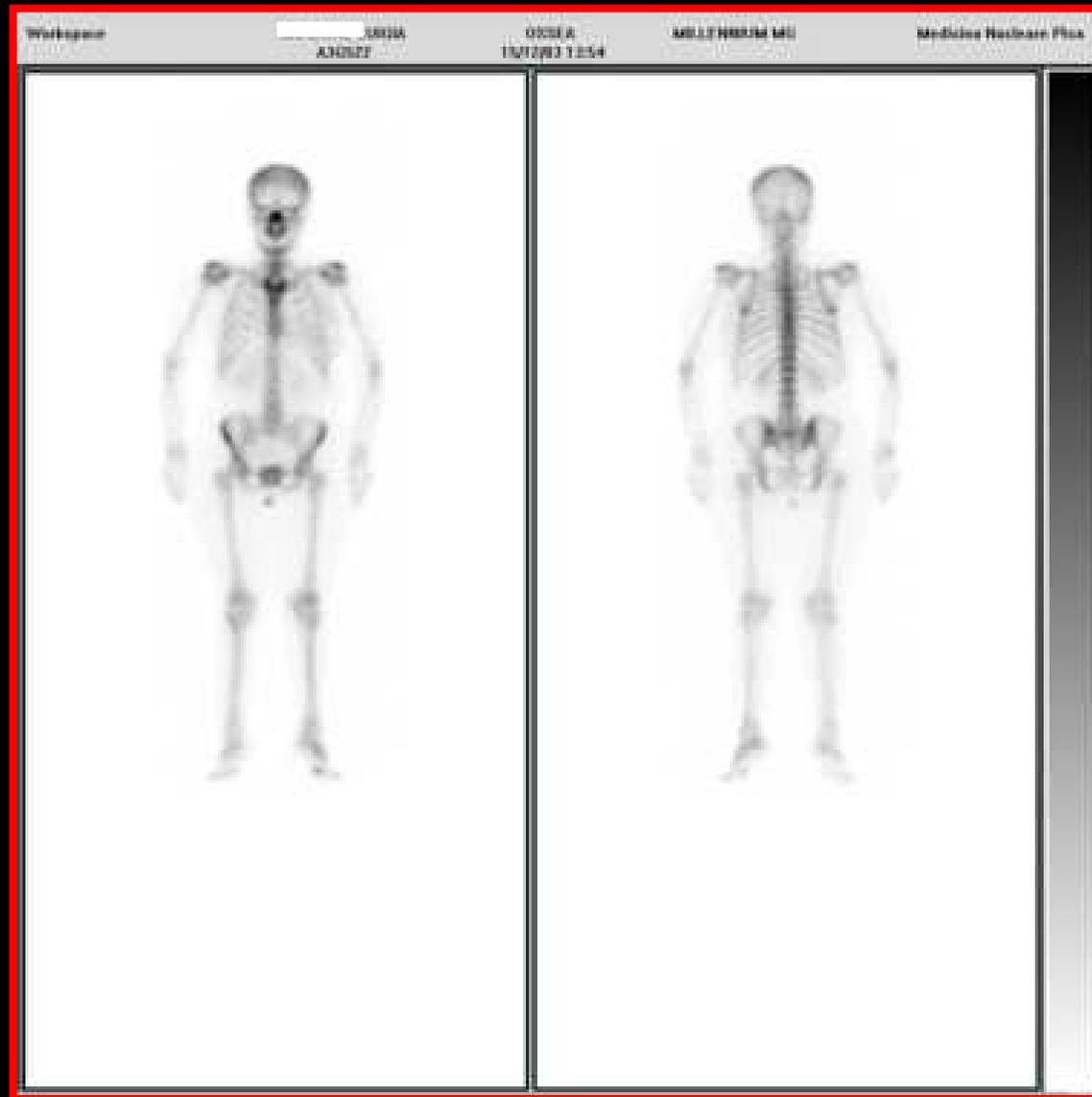
## ***Richieste più comuni***

- **Stadiazione di neoplasie:**
  - **tumori con frequenti metastasi scheletriche;**
  - **valutazione della risposta alla terapia;**
  - **localizzazione dei siti da biopsiare.**
- **Valutazione di neoplasie primitive dell'osso:**
  - **estensione della lesione scheletrica primaria;**
  - **metastasi in altri distretti scheletrici/molli.**
- **Malattie infettivo/infiammatorie scheletriche.**
- **Perfusione e vitalità ossea (es., trapianti ossei).**
- **Follow-up di artroprotesi (anca, ginocchio).**
- **Fratture occulte non Rx-percepibili (es., fratture da stress, traumi sportivi).**
- **Ricerca di lesioni da maltrattamento.**

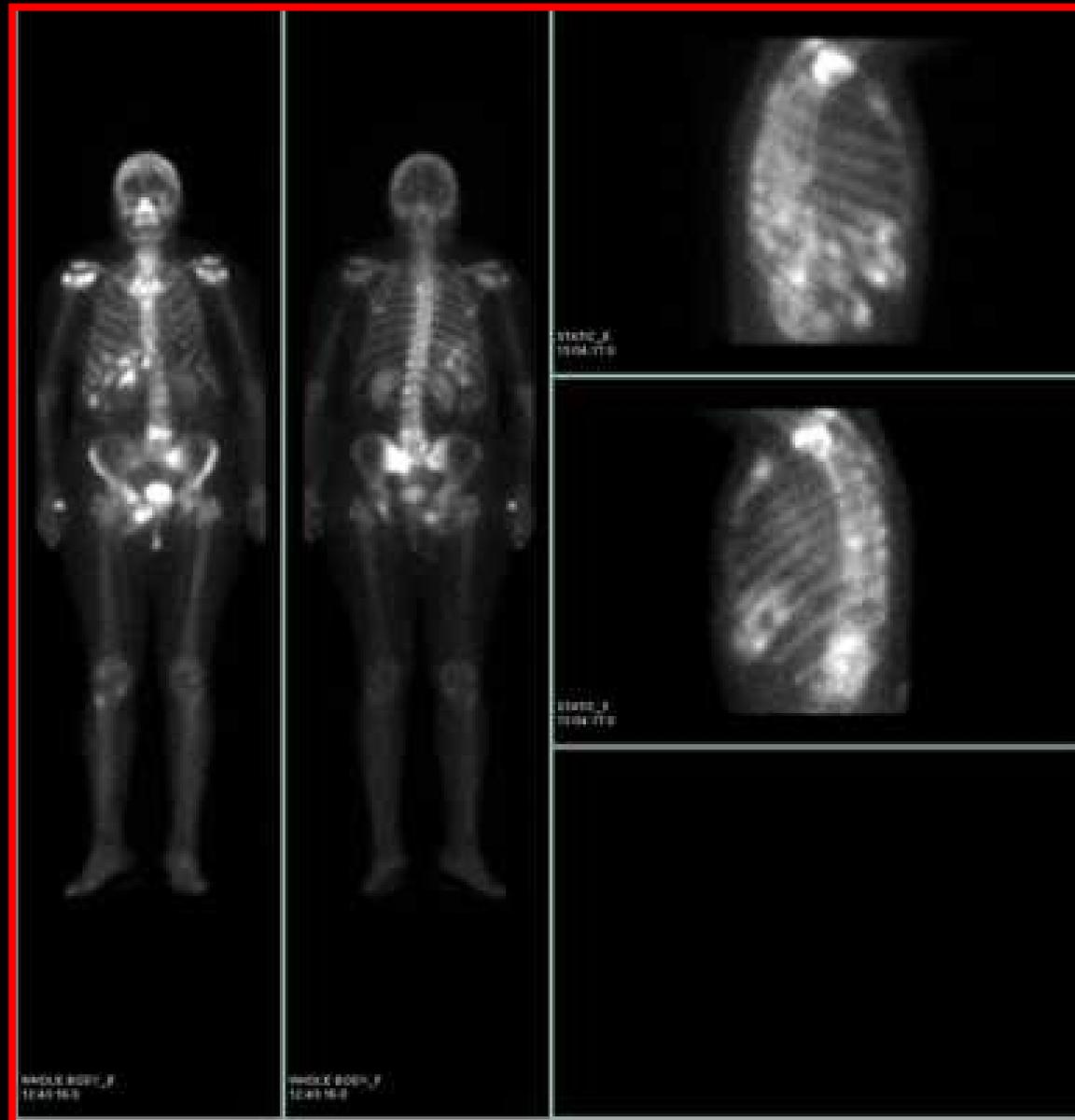
# Scintigrafia ossea normale



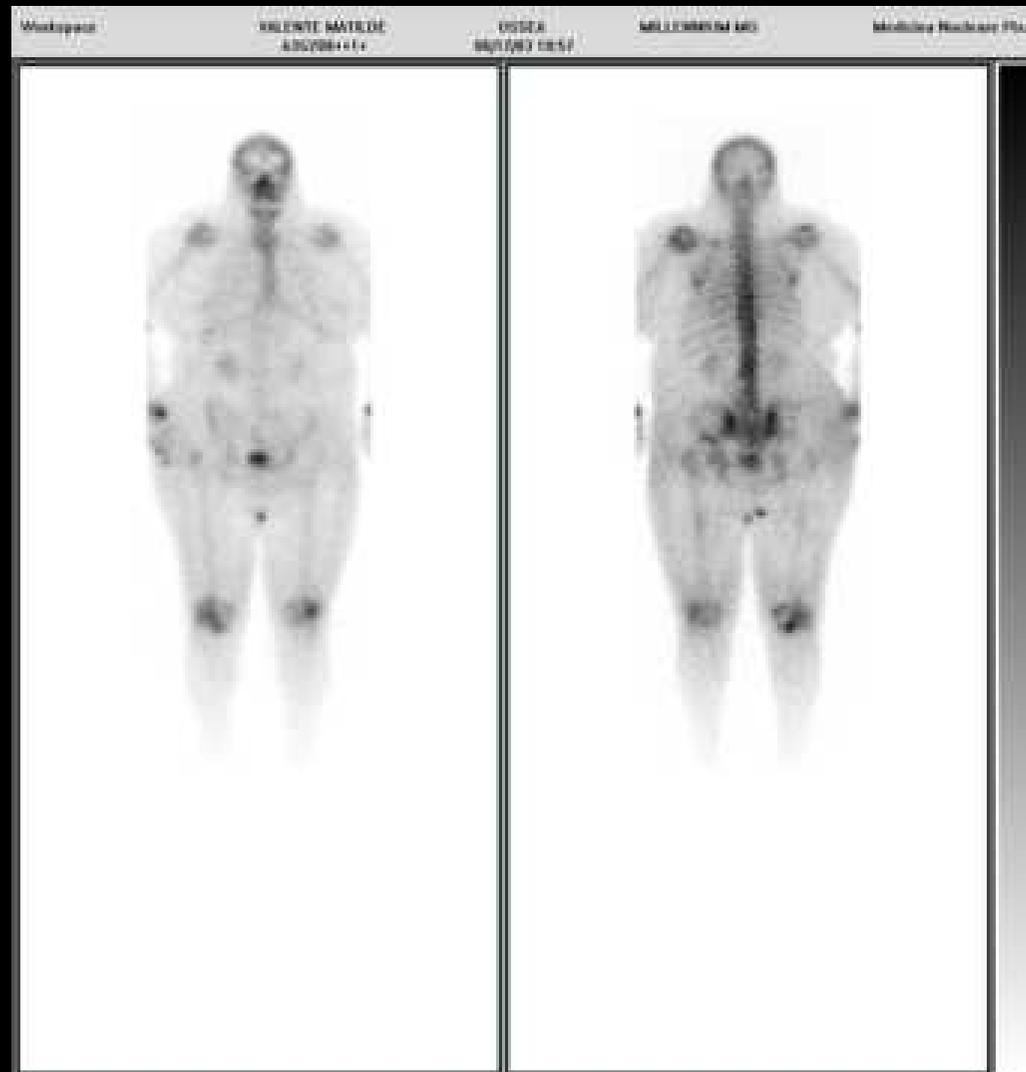
# Scintigrafia ossea "normale"



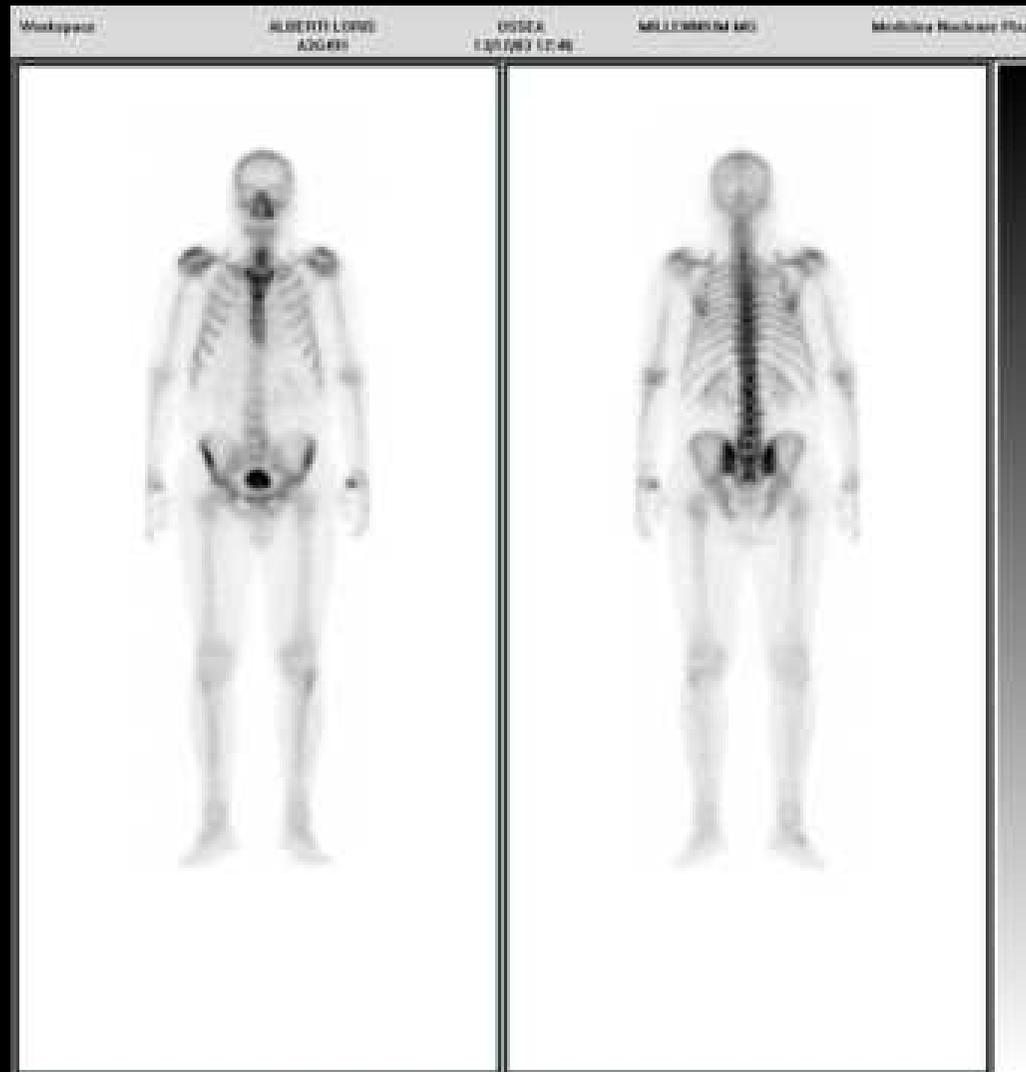
# Scintigrafia con $^{99m}\text{Tc}$ -MDP



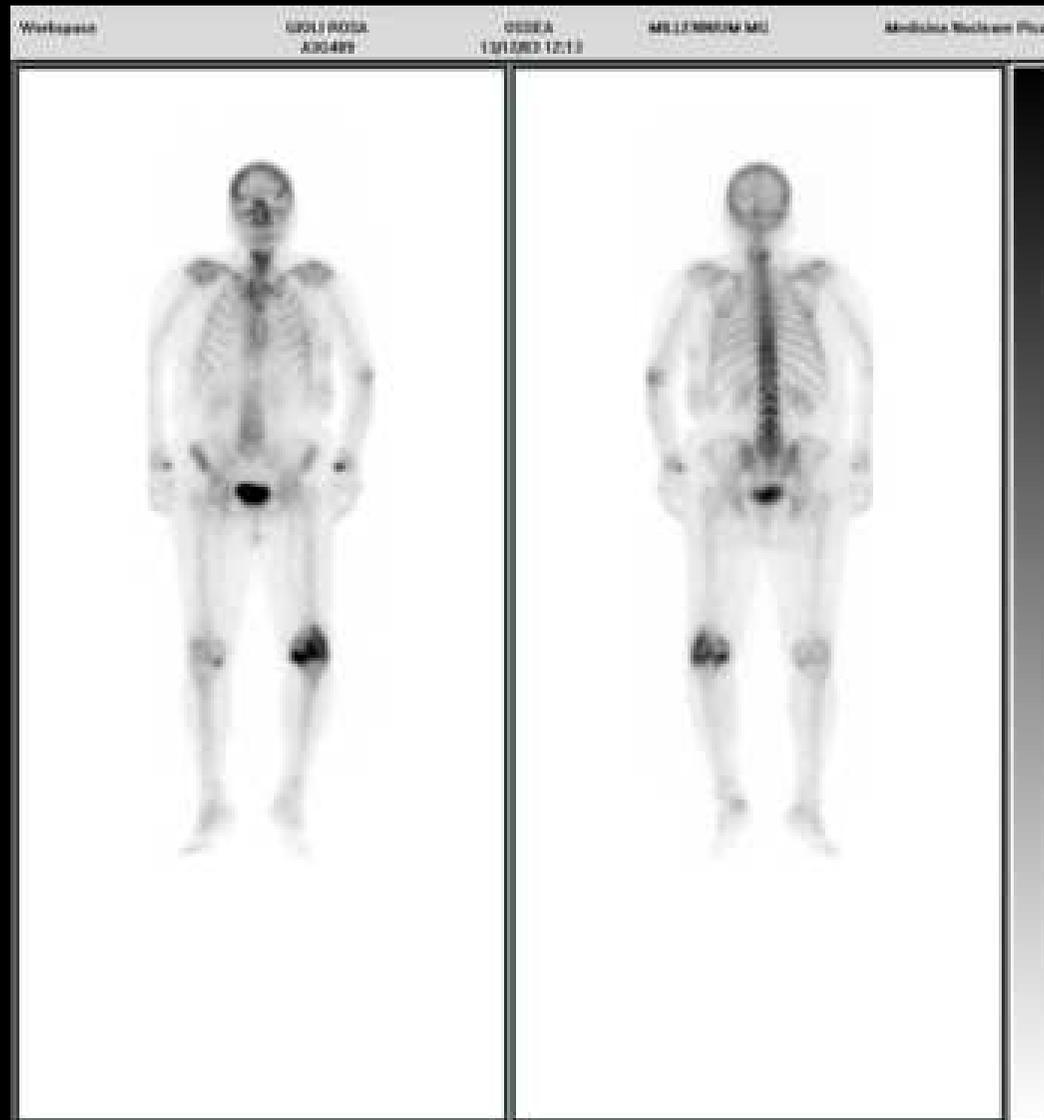
# Attenuazione da parte dei tessuti molli



# Patologia flogistico-degenerativa



# Gonartrosi e rizartrrosi



# **Principali applicazioni cliniche:**

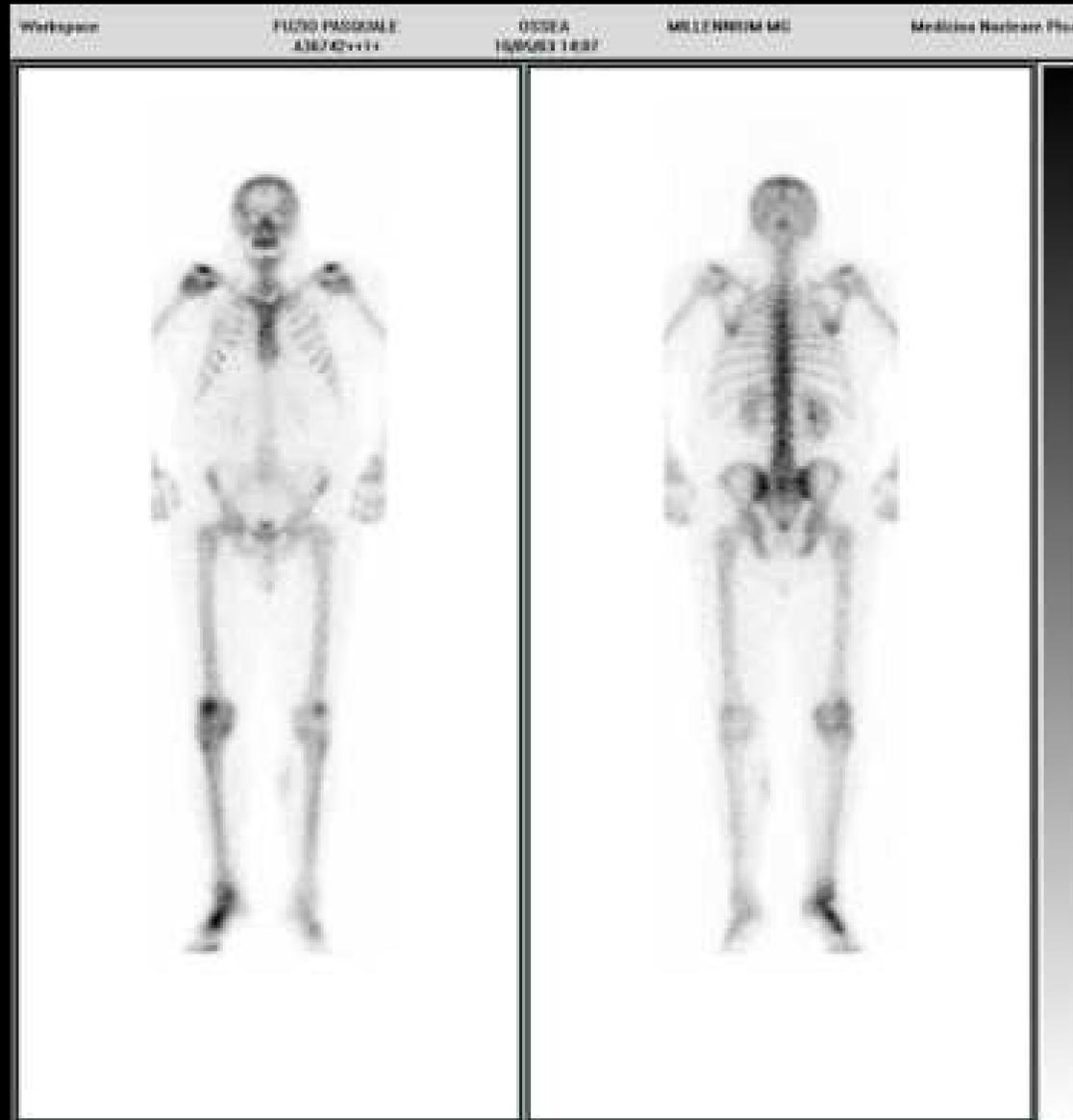
## **1) Patologia Neoplastica:**

- Neoplasie primitive maligne**
- Lesioni metastatiche**
- Tumori benigni (osteoma osteoide)**

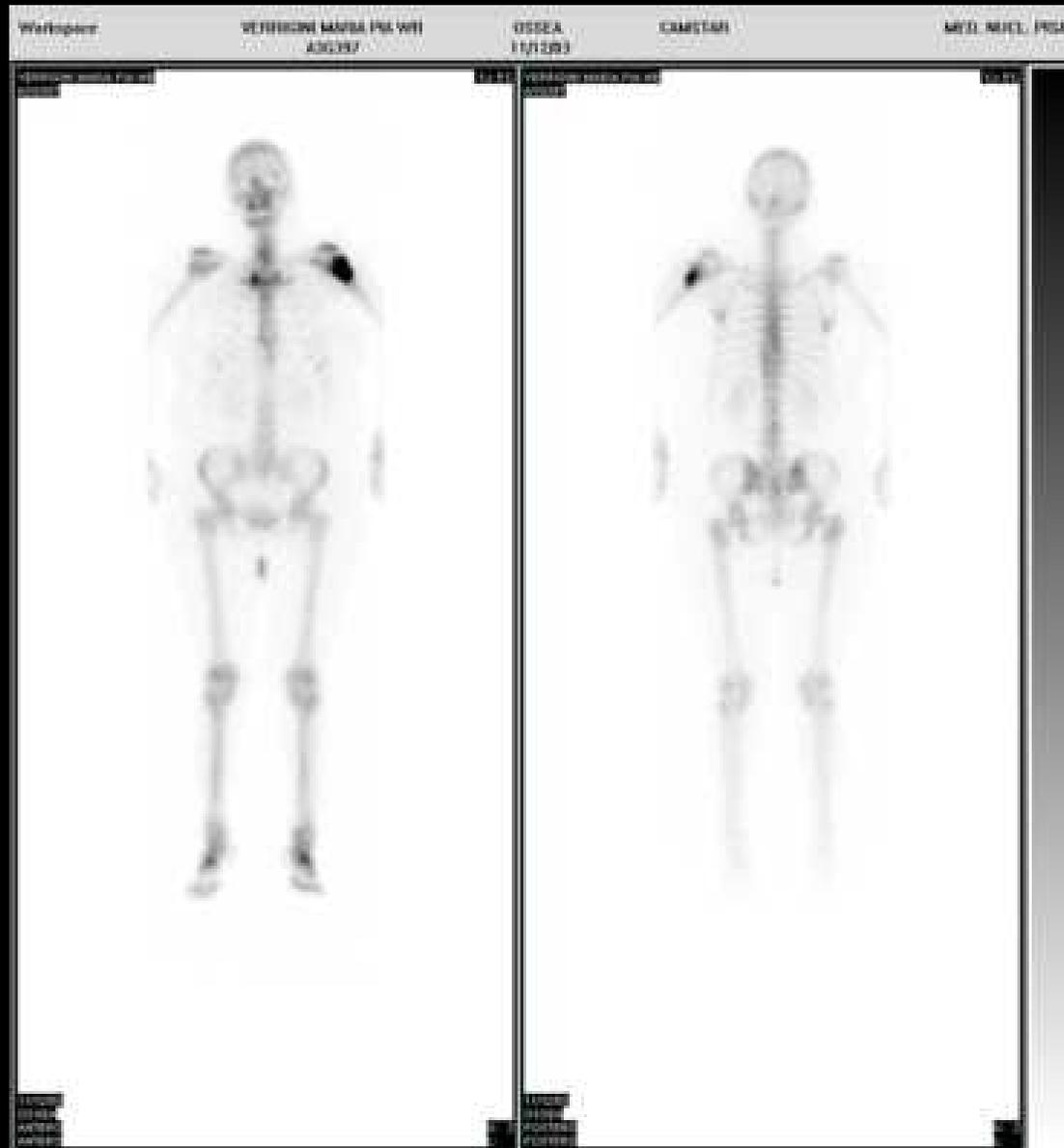
## **2) Patologia non neoplastica:**

- Fratture traumatiche**
- Malattia di Paget**
- Necrosi avascolare**
- Algodistrofia simpatico-riflessa**
- Artroprotesi**
- Osteomielite**
- Patologia flogistico-degenerativa**
- Malattie Metaboliche**

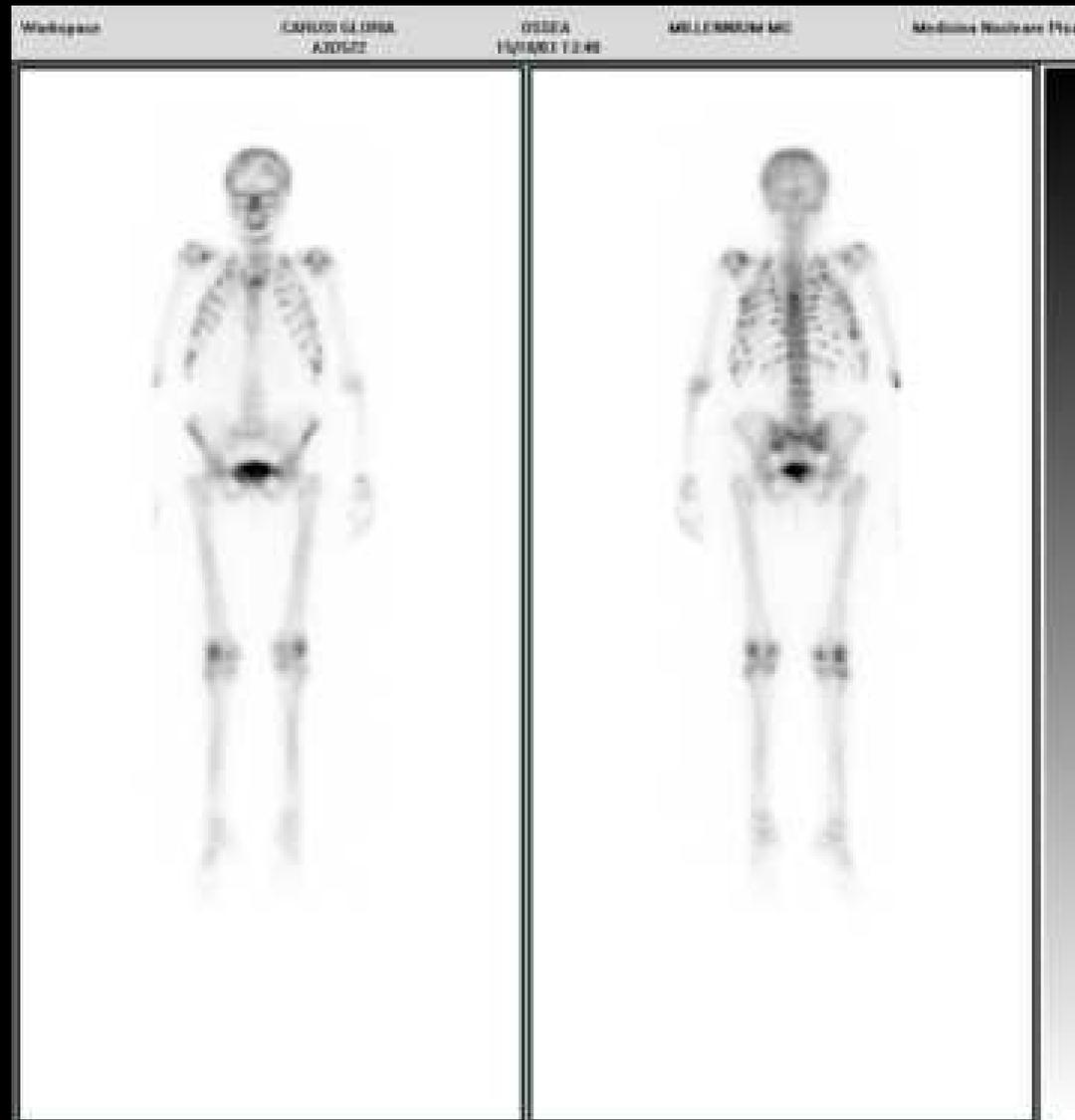
# Algodistrofia simpatico-riflessa



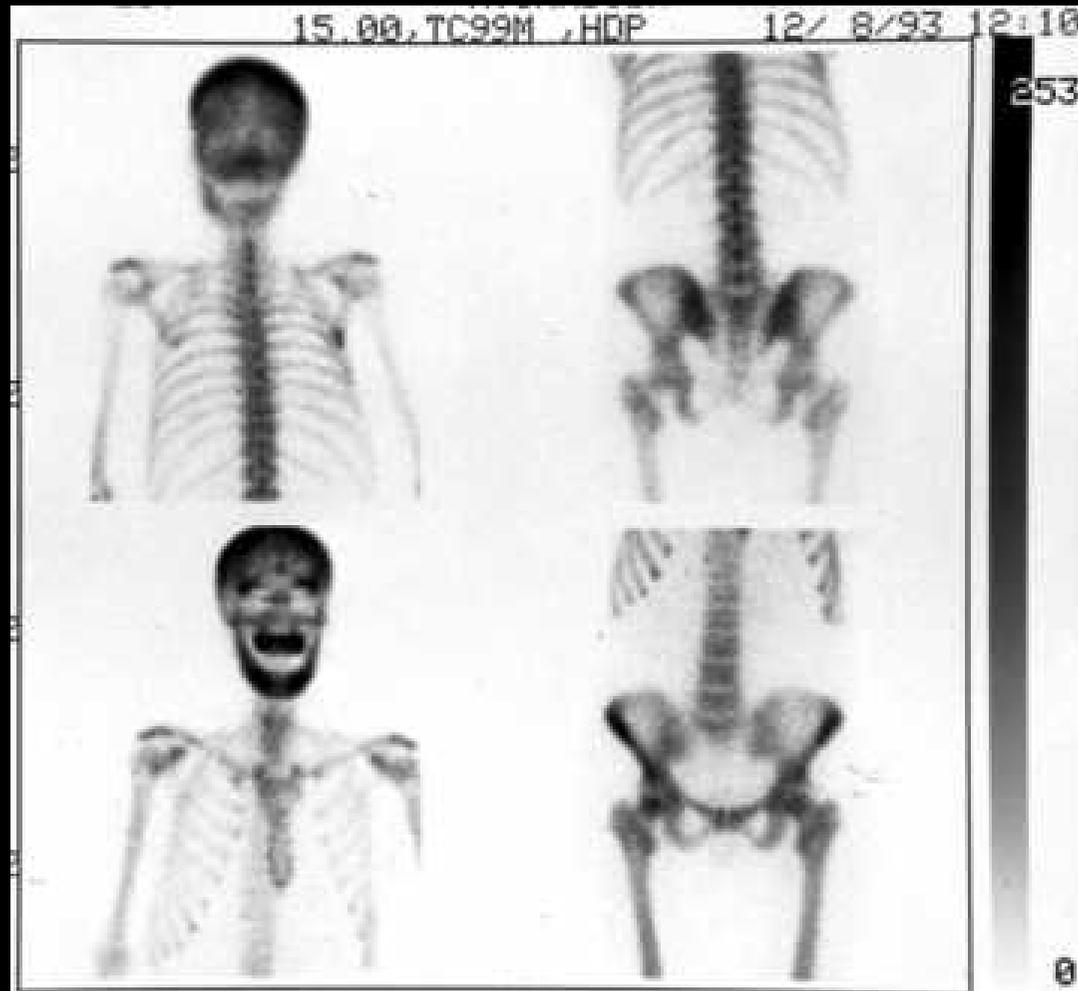
# Frattura traumatica

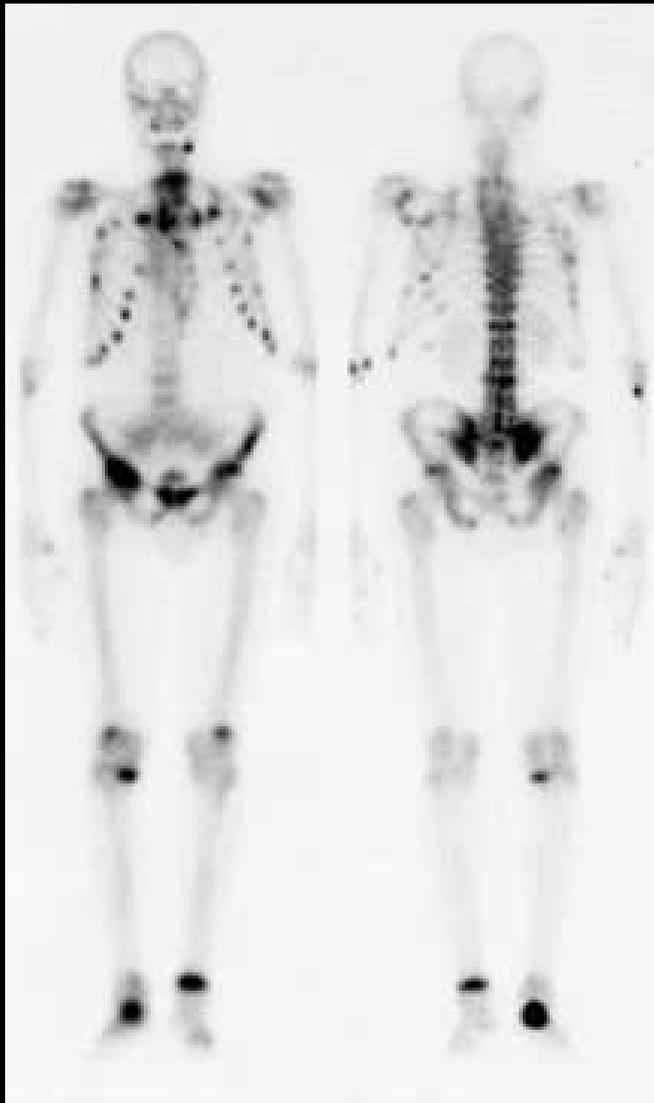


# Malattie metaboliche: Osteomalacia



# Iperparatiroidismo

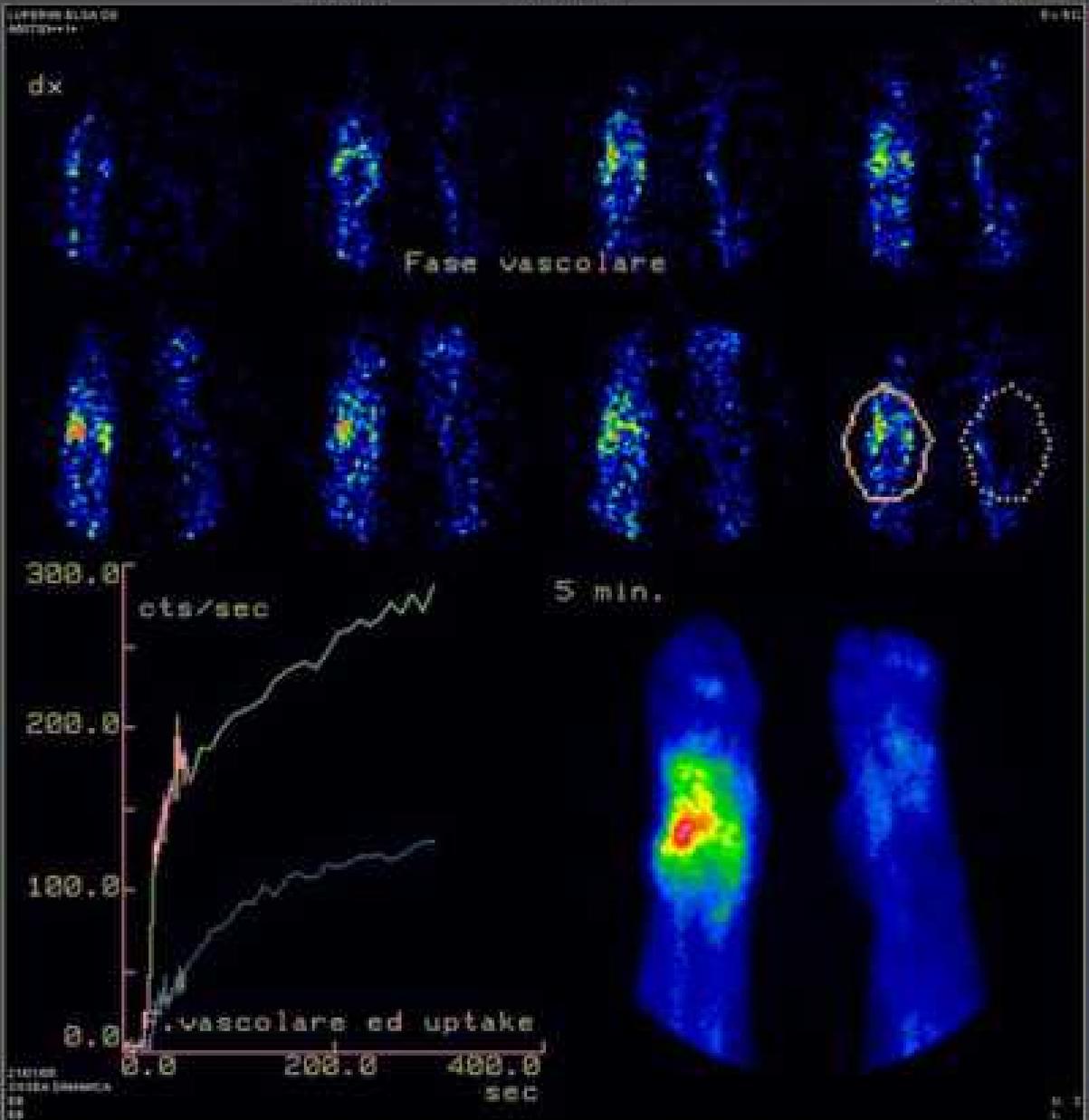




**Osteomalacia**



**Trauma**





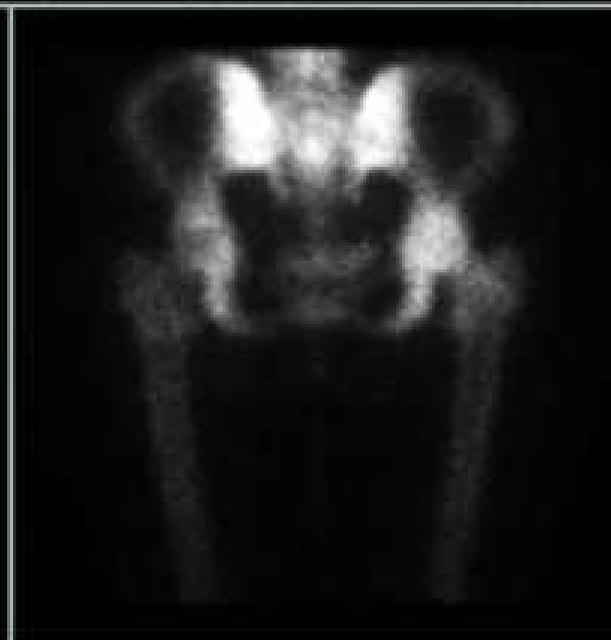
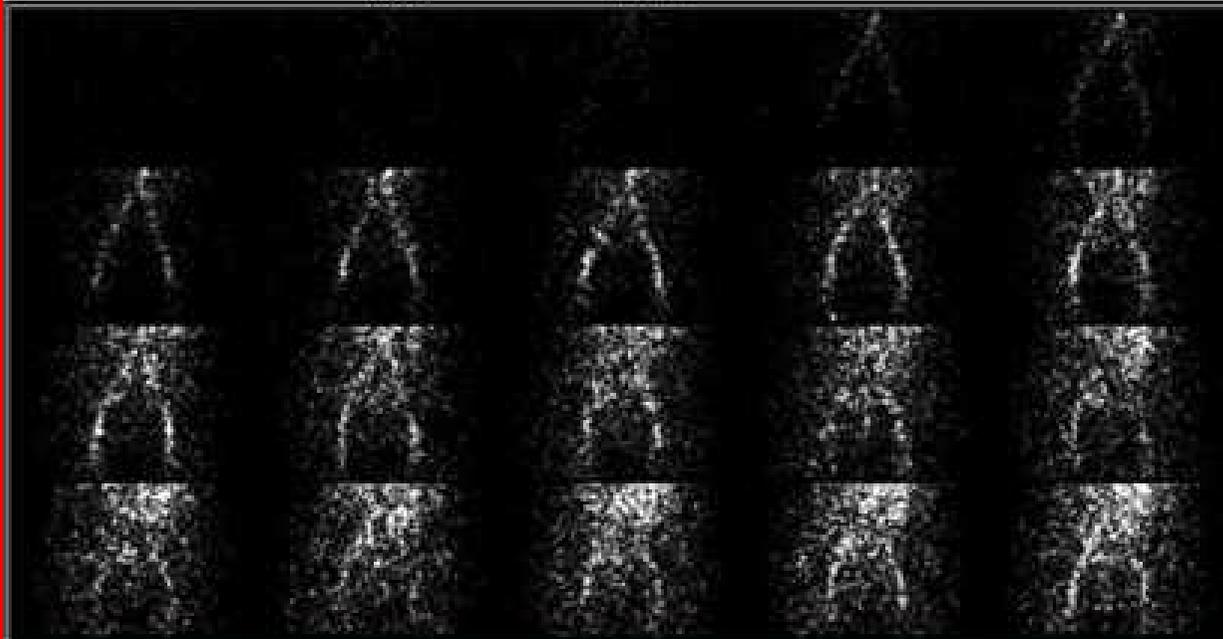
Workspace

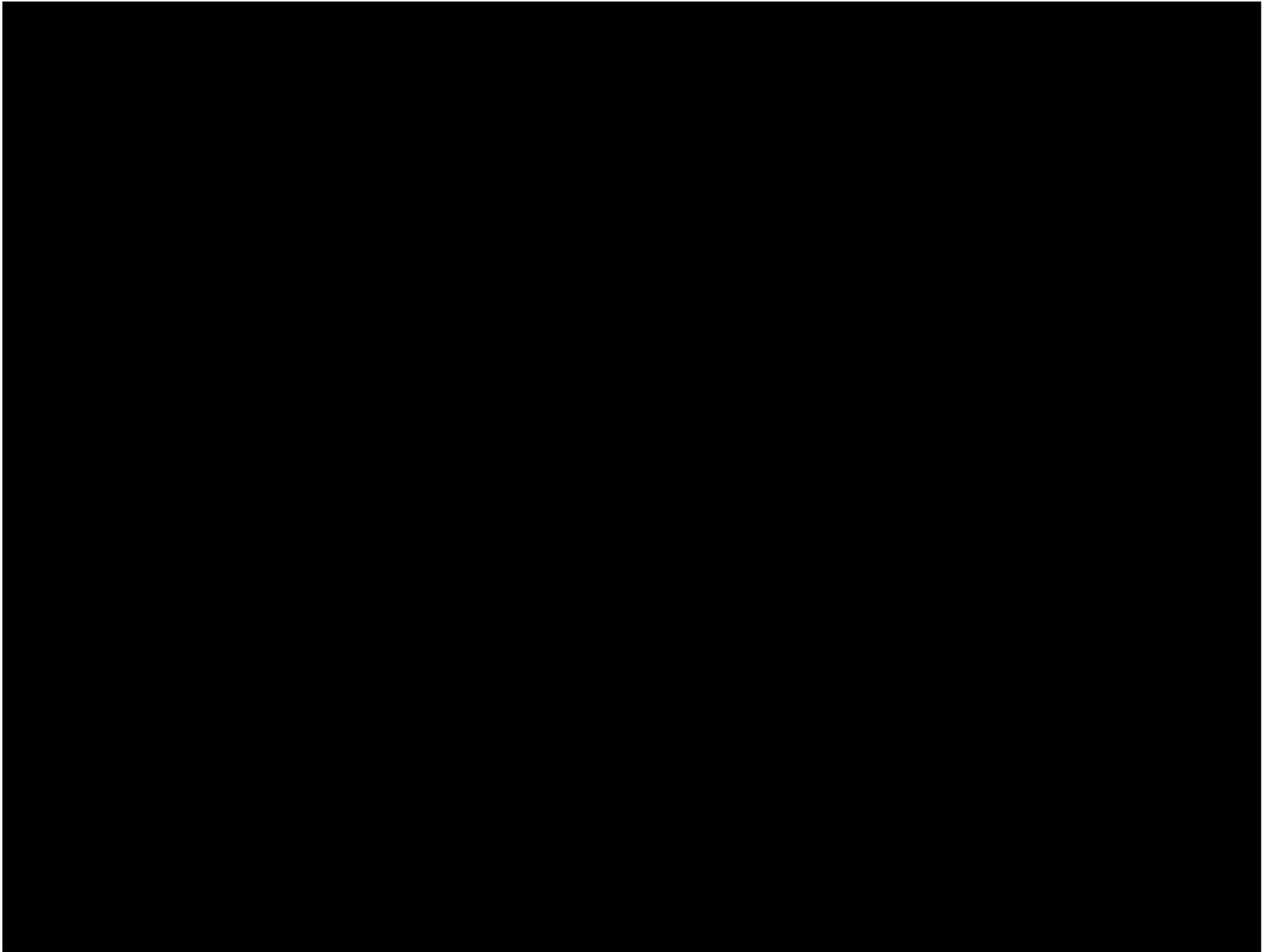
PASQUA  
A40395

OSSEA DINAMICA  
1471104

MILLENNIUM MG

Medicina Nucleare Pisa

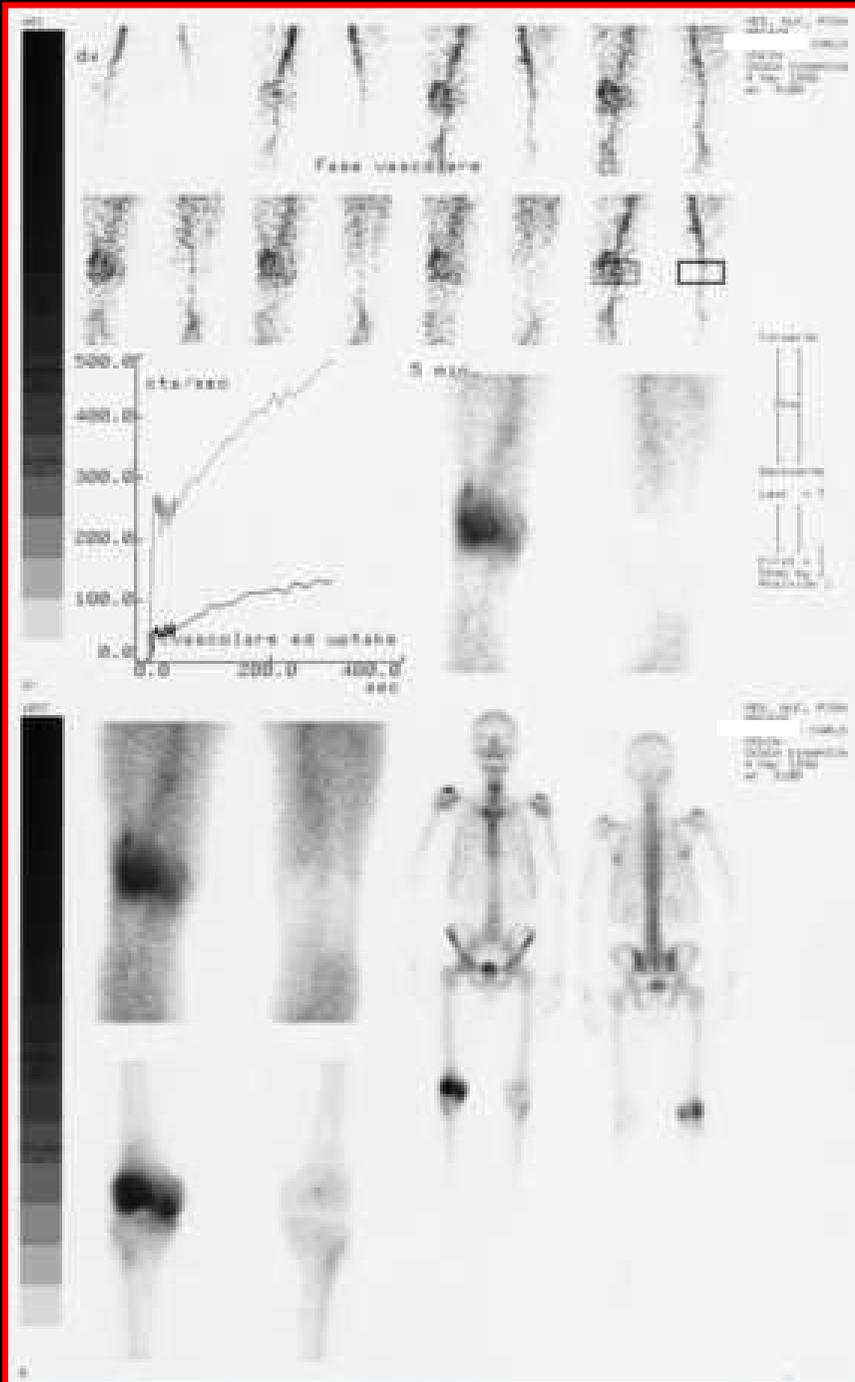




# Necrosi avascolare (precoce)

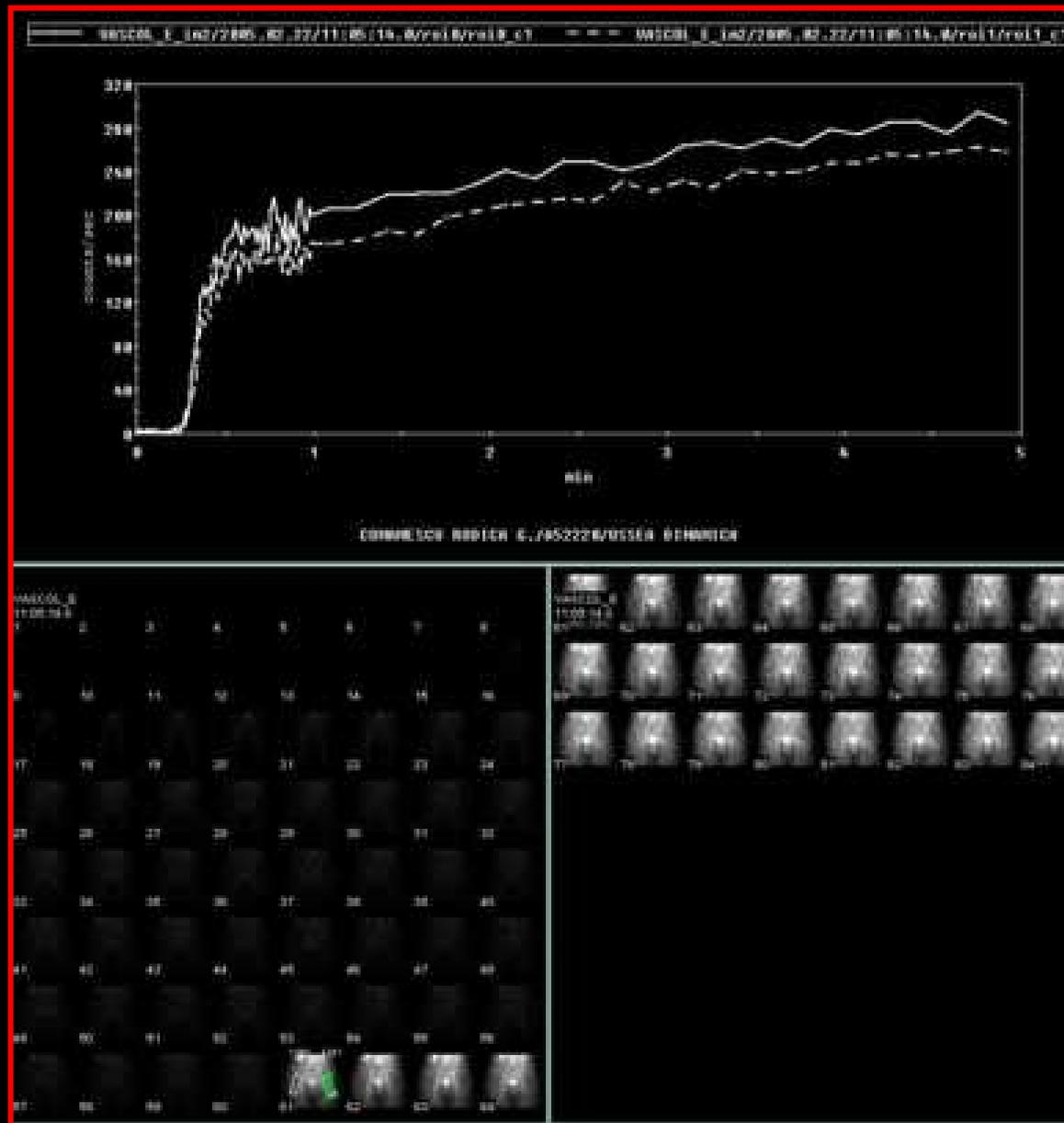


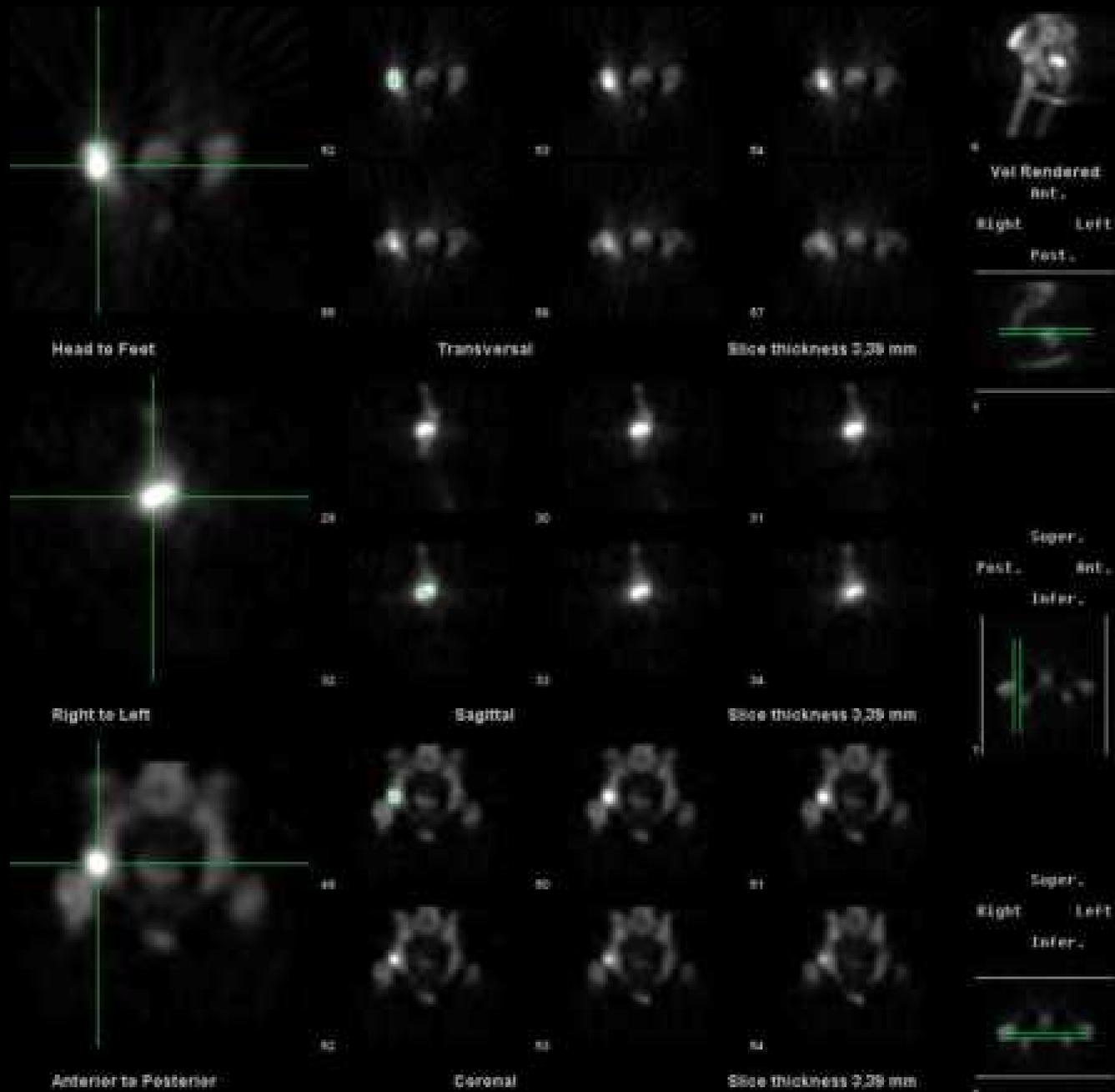




## Necrosi avascolare (fase tardiva)

# Necrosi avascolare (tardiva)

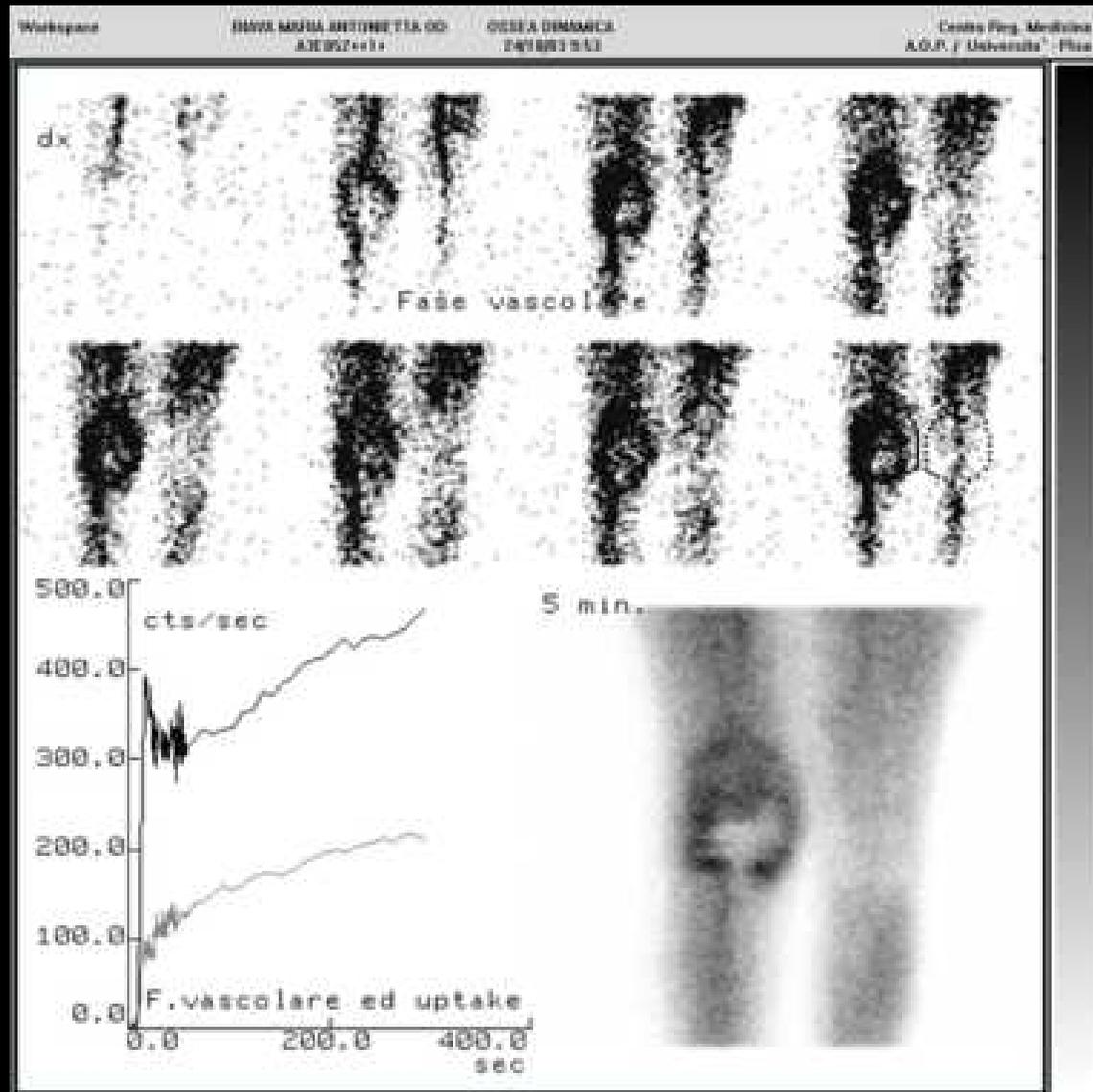




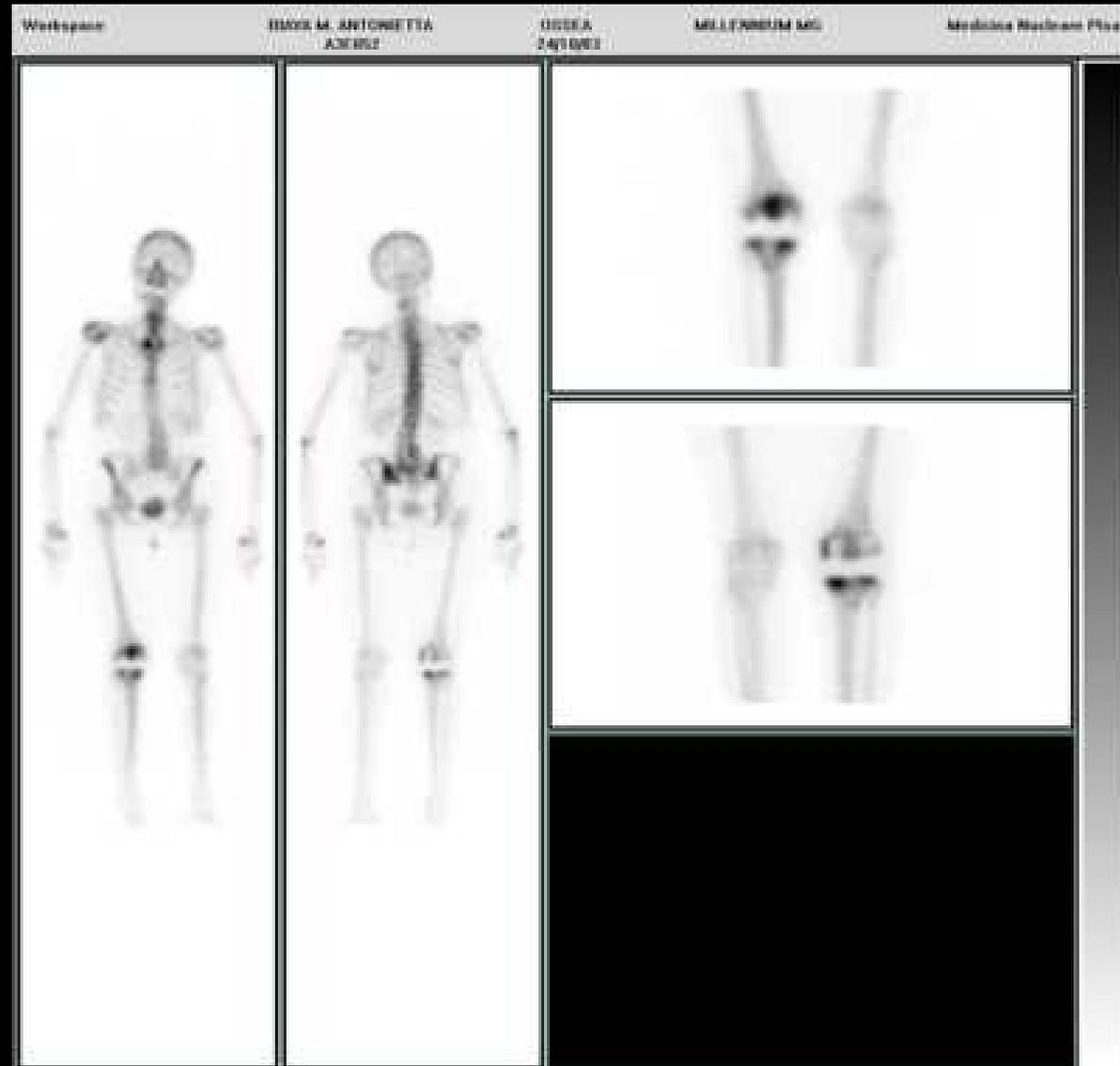
# Necrosi avascolare (fase tardiva)



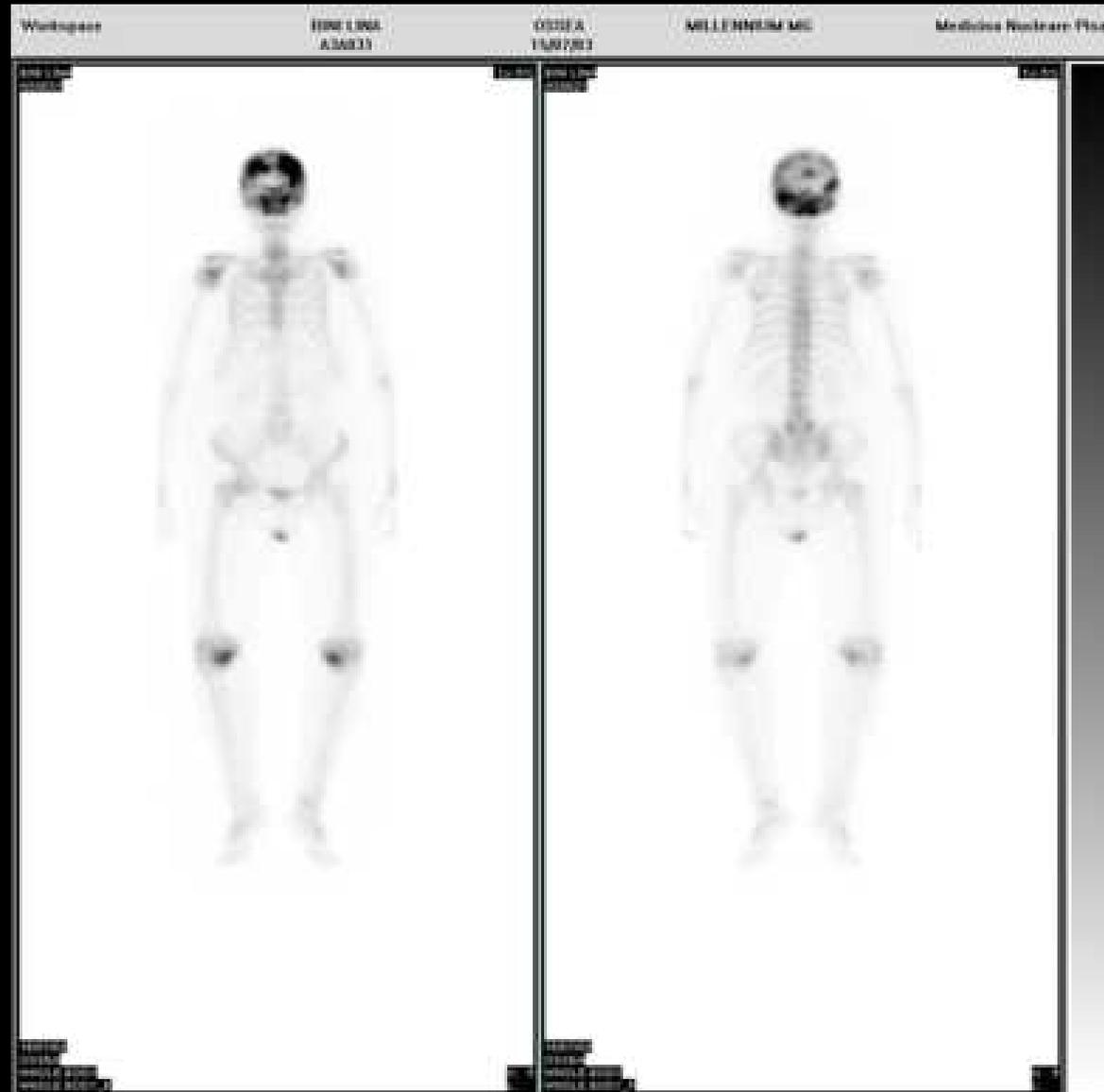
# Artroprotesi

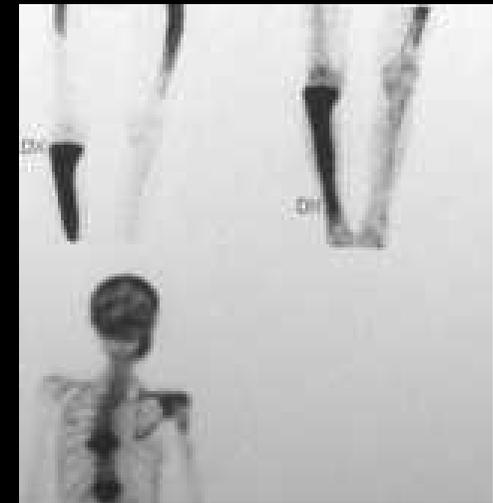
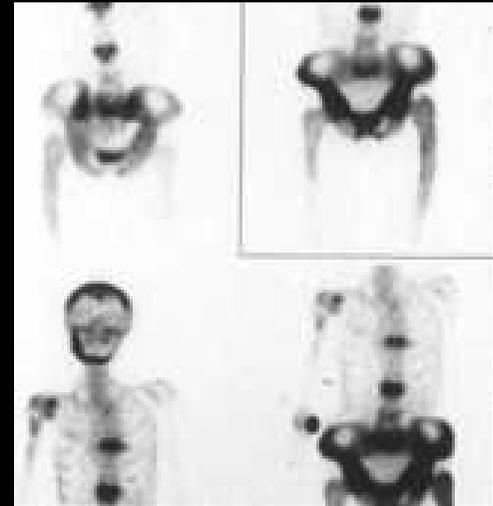
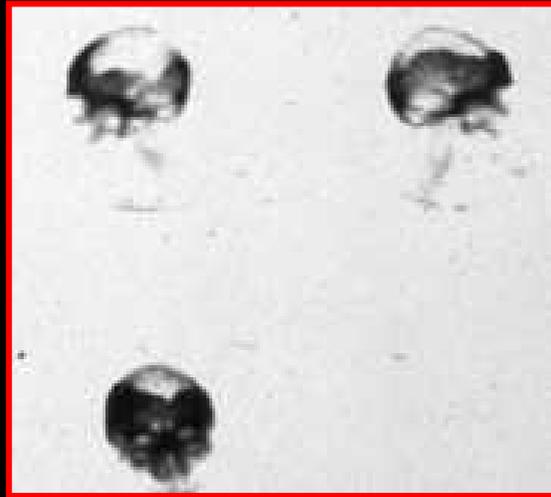
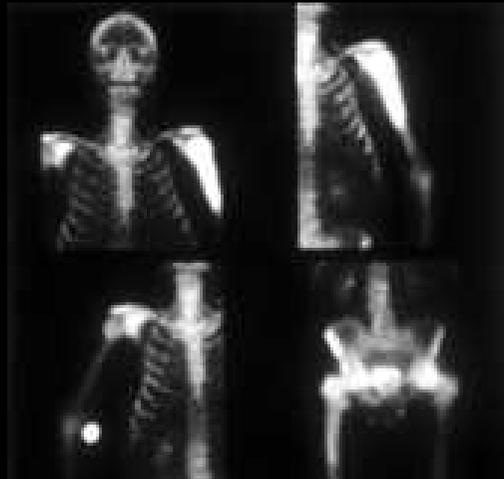


# Artroprotesi



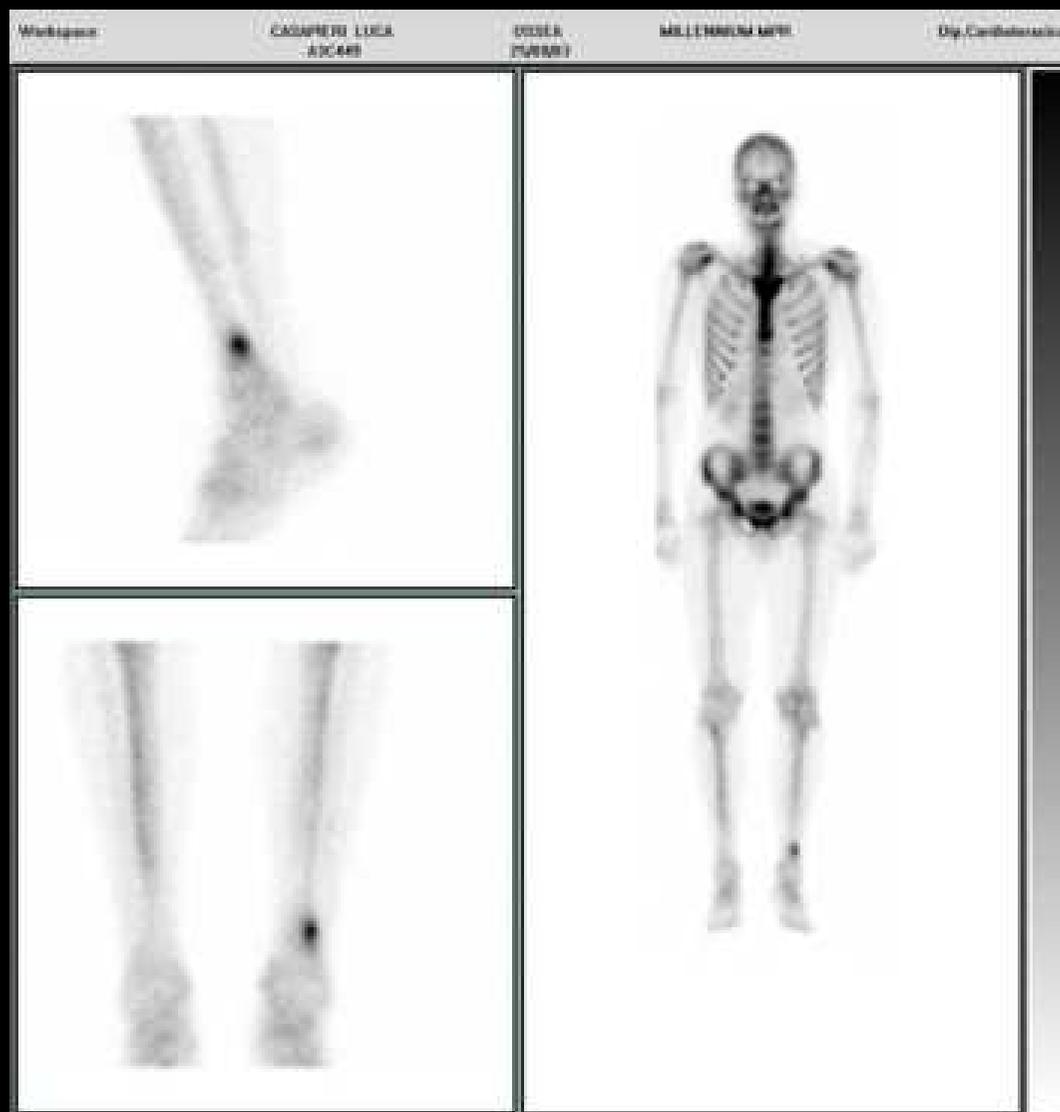
# Paget Osseo



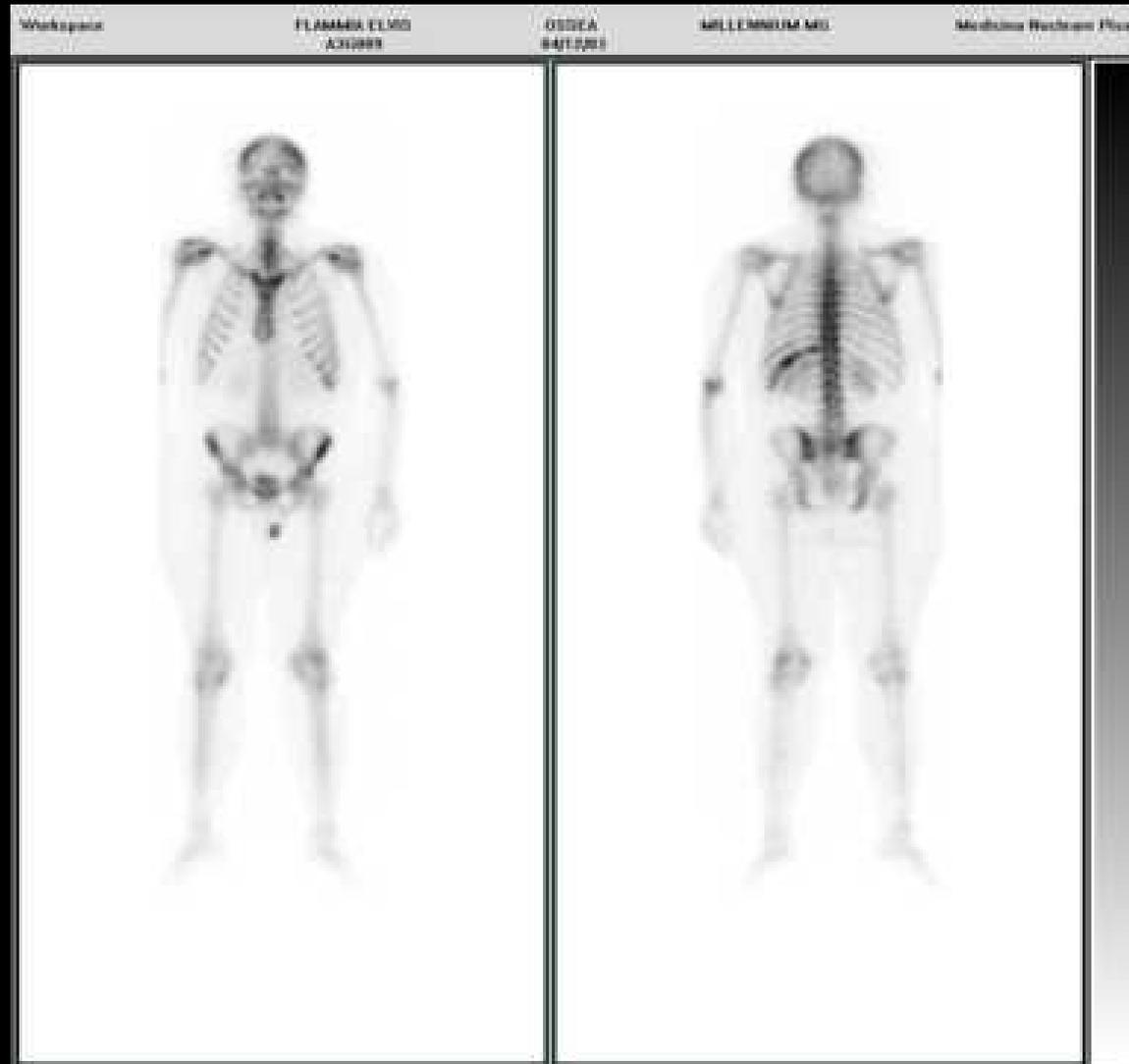


**Paget Osseo**

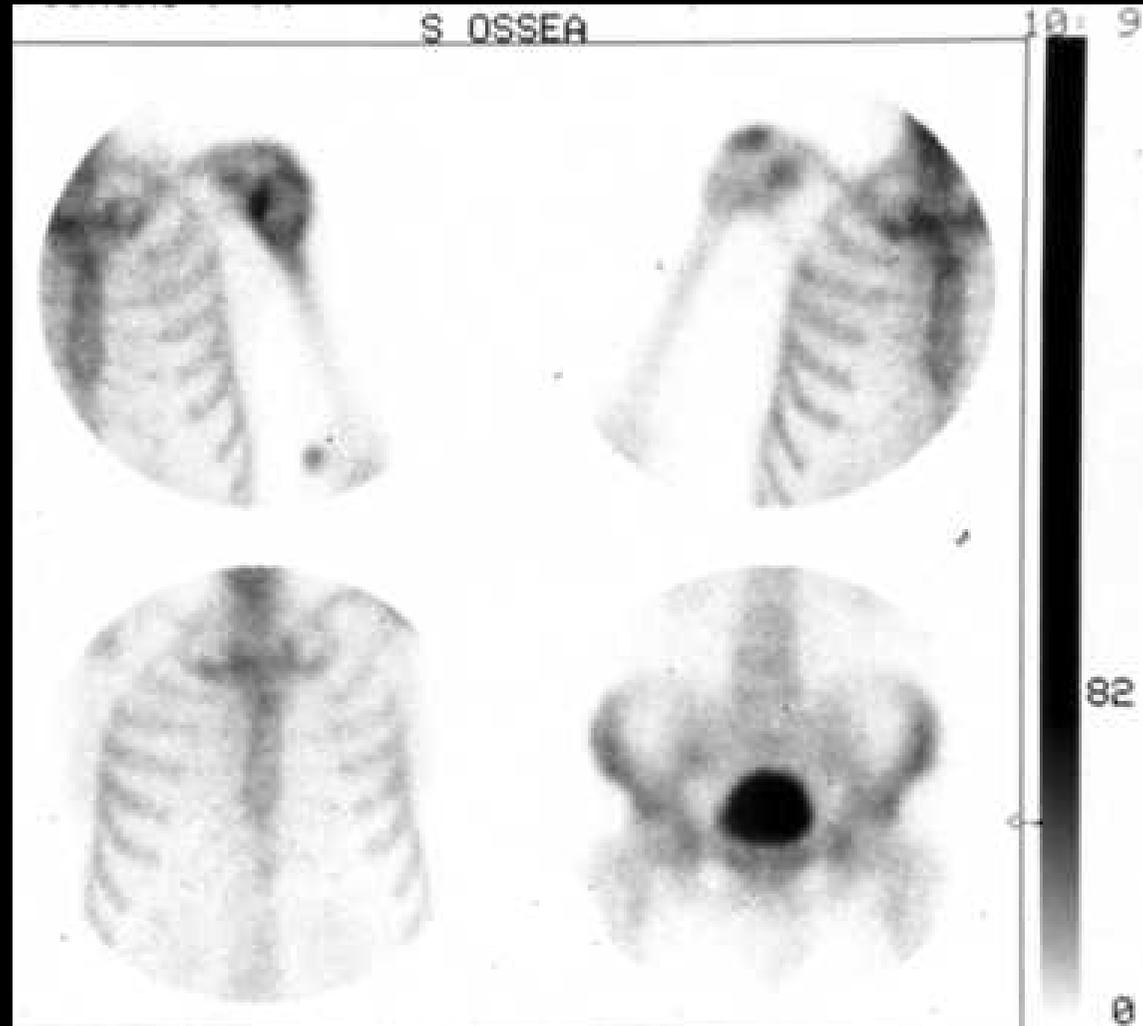
# Osteoma Osteoide

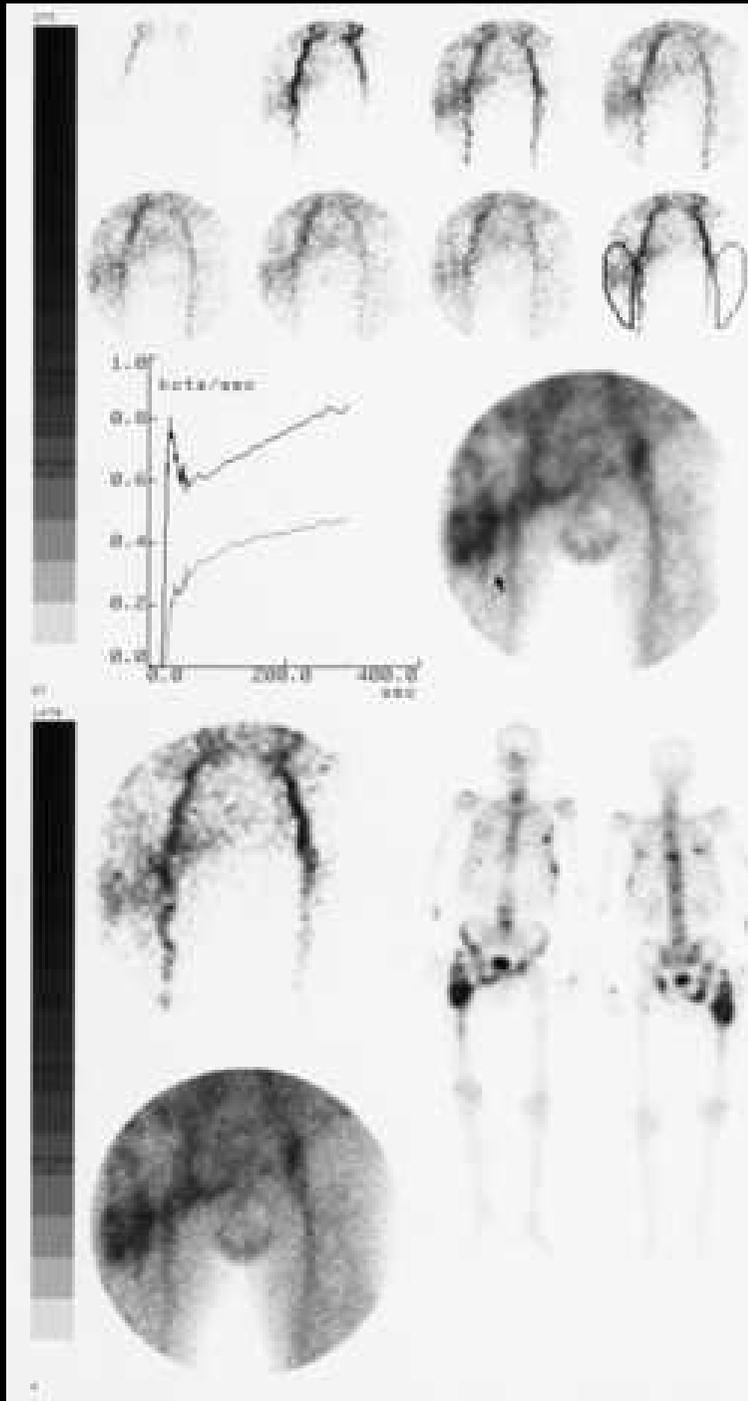


# Osteosarcoma



# Ostesarcoma





**Osteosarcoma  
con metastasi  
multiple  
(scintigrafia  
ossea  
trifasica)**

- Le metastasi ossee possono prodursi per via **ematogena** o per **contiguità**.

- Sono più frequenti nei segmenti scheletrici con **alto rimaneggiamento** strutturale e **midollo rosso abbondante**:

- >> cranio 10%
  - >> rachide
  - >> bacino
  - >> coste
  - >> altre sedi 10%
- } 80%

**Le neoplasie che più frequentemente danno metastasi scheletriche sono:**

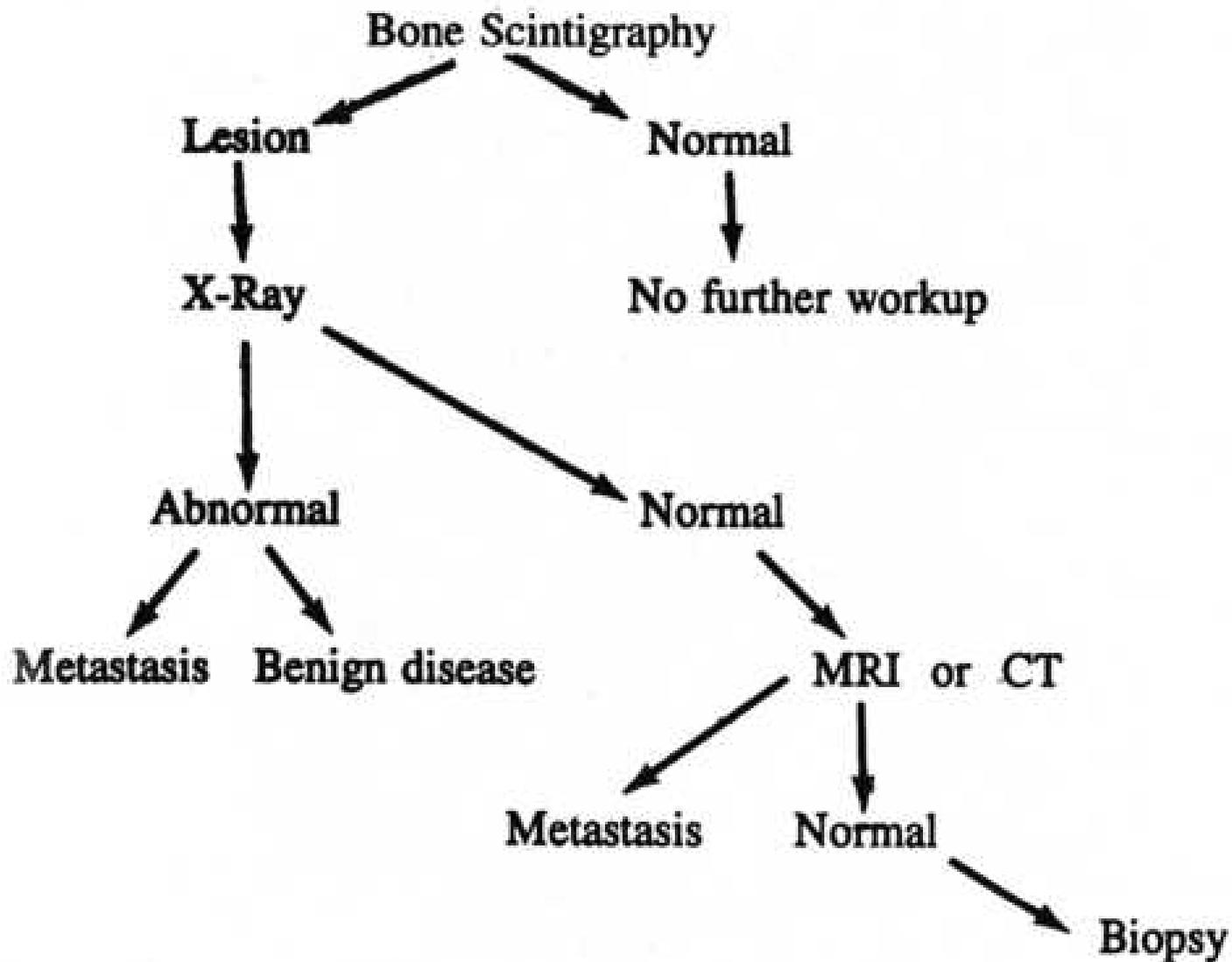
**Ca prostata 68%**

**Ca mammella 73%**

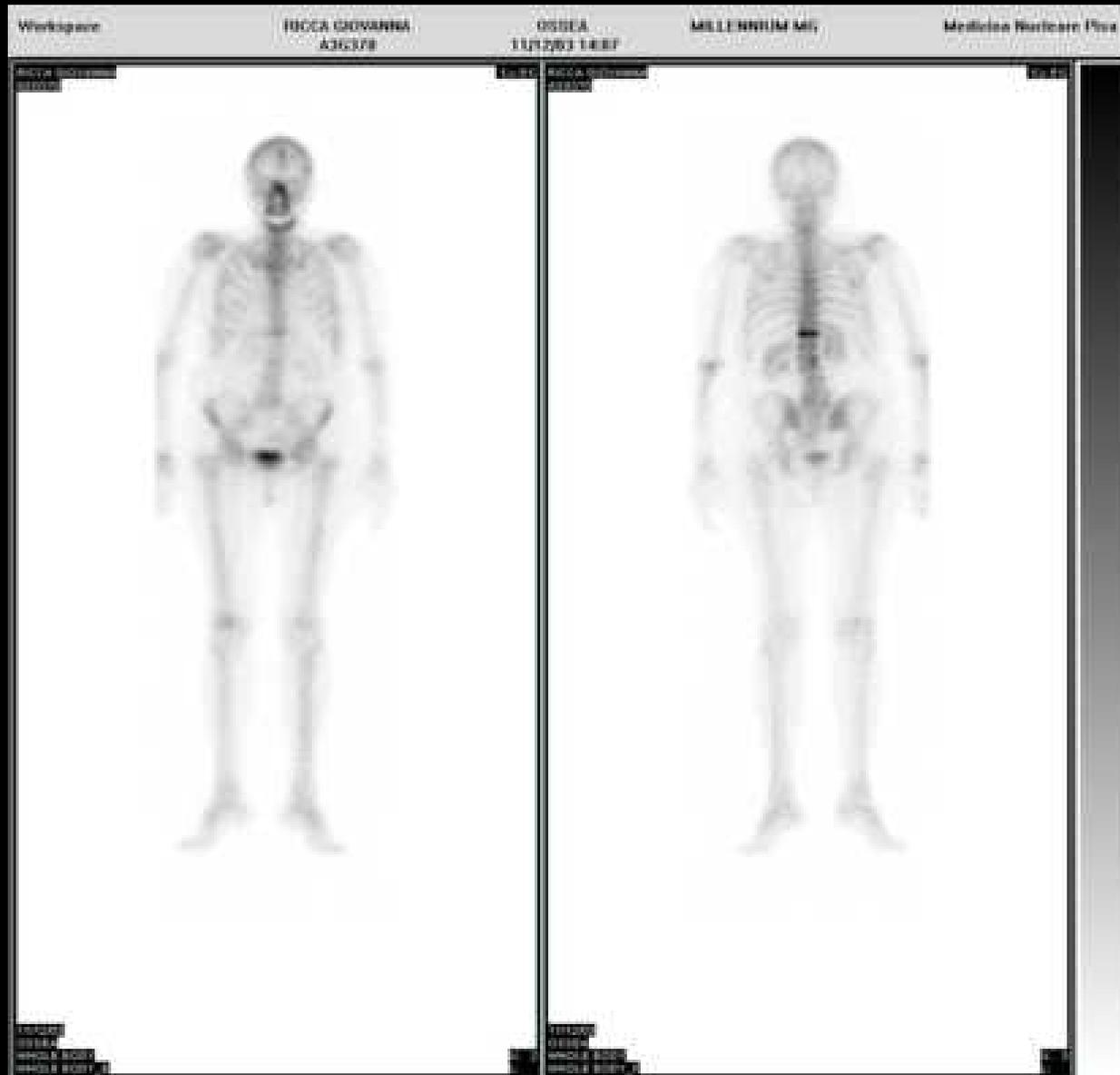
**Ca polmone**

**Ca rene (e vescica)**

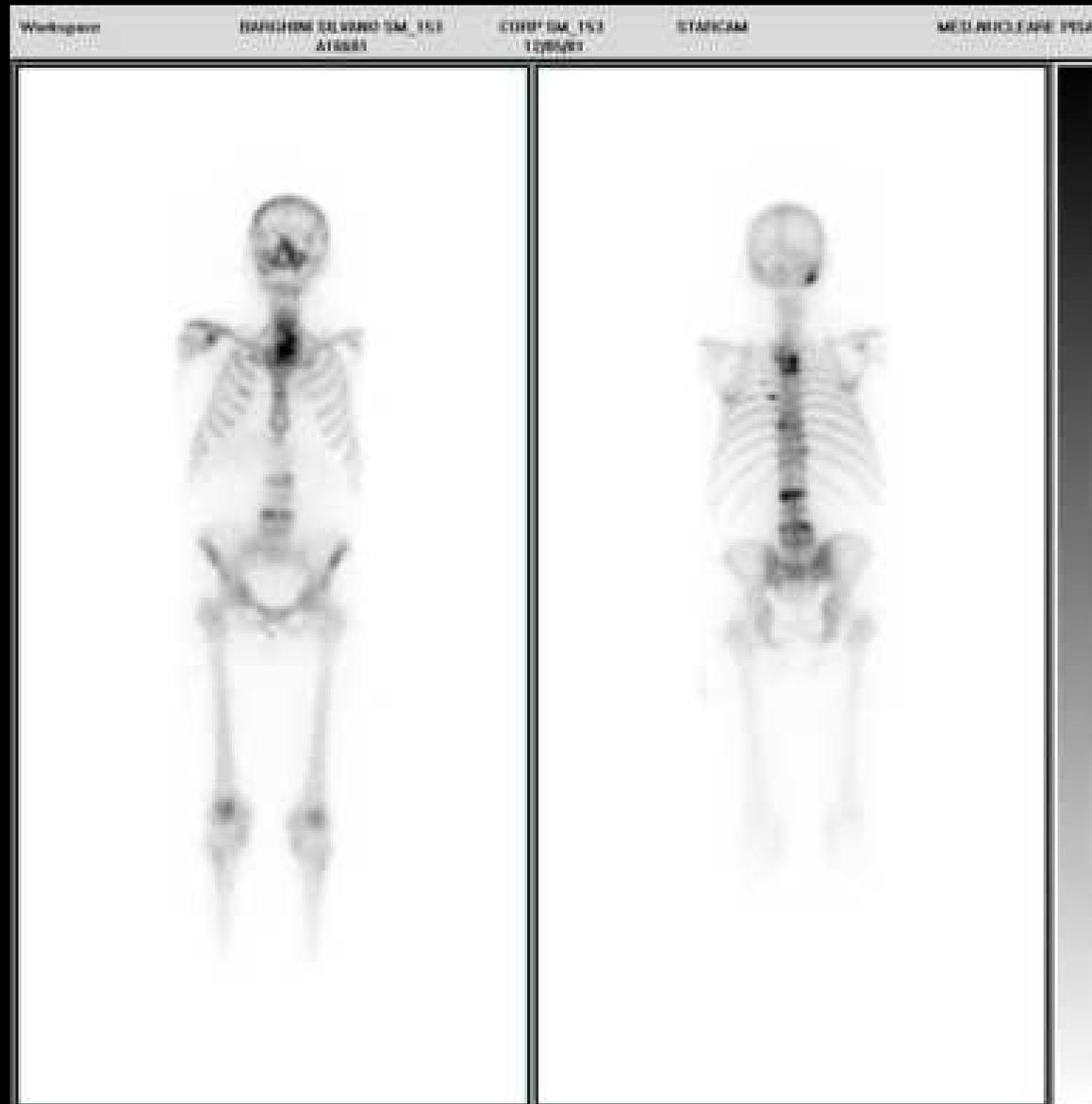
**Ca utero (per contiguità)**



# Metastasi ossea singola



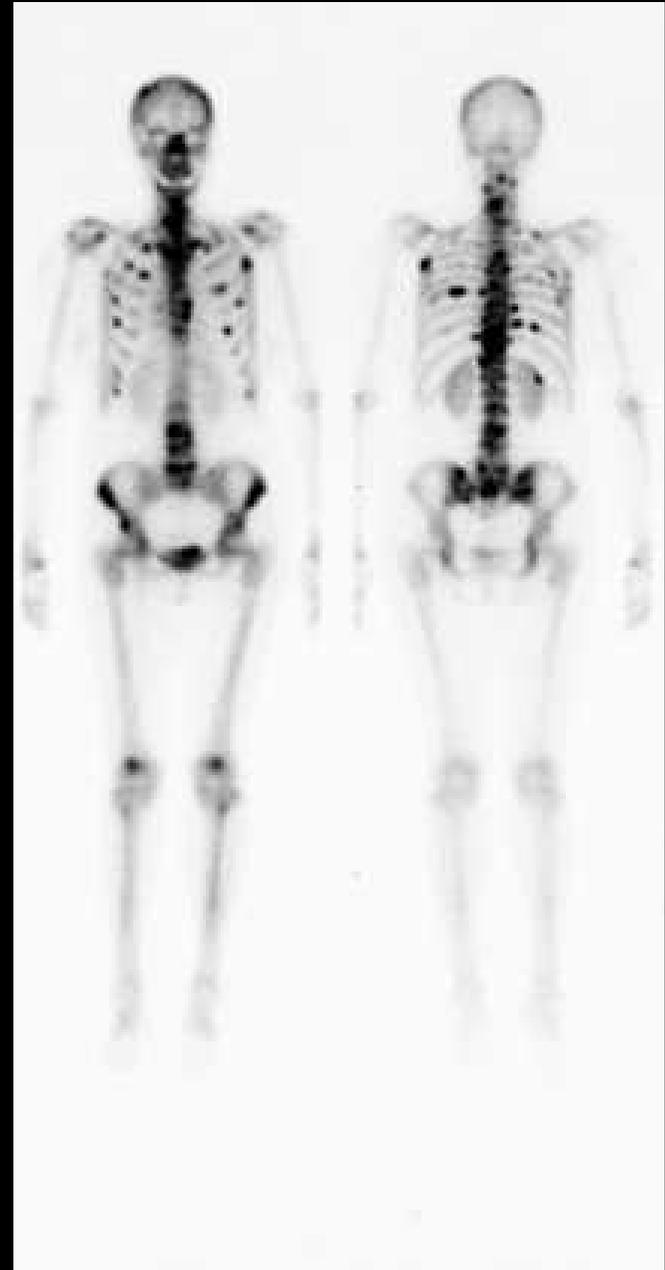
# Metastasi multiple

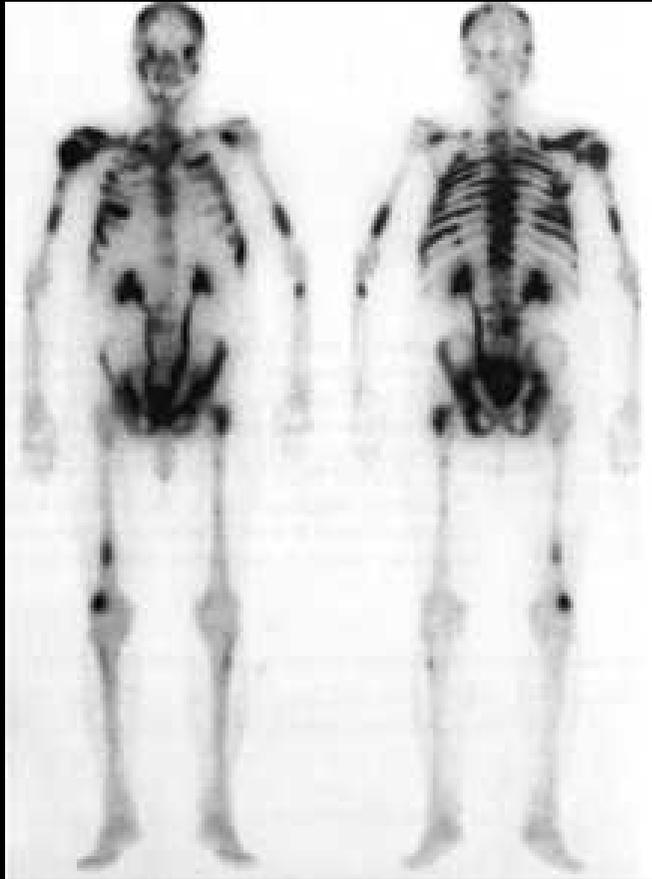


# Metastasi multiple

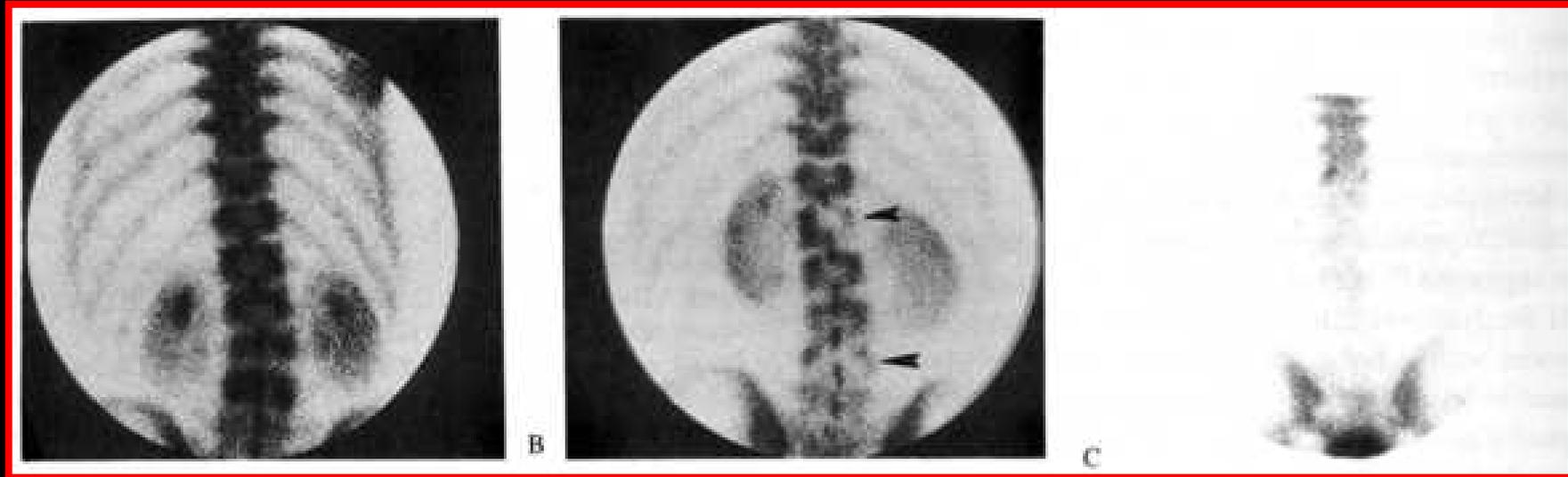


# Metastasi multiple





**Superscan**



## Effetto della Radioterapia