Il Rilevatore delle Immagini

Dall'assorbimento del Fascio… all'Immagine

A questo punto vi è da chiedersi come il fascio di radiazioni, opportunamente attenuato dai tessuti del corpo umano, si trasforma in immagine?

L'immagine analogica

La radioscopia

L'immagine digitale

Alla base del processo di formazione dell'**immagine analogica** o convenzionale vi è la proprietà delle radiazioni X di impressionare il materiale foto sensibile come le emulsioni fotografiche (costituite da un reticolo di granuli di bromuro d'argento immersi in una gelatina fotografica) che sono appositamente disposte come "detettore o ricevitore" a livello della emergenza del fascio di radiazioni, posteriormente al paziente. Le radiazioni emergenti colpiscono il reticolo attivando una serie di reazioni di ossido riduzione in cui l'argento ionico si trasforma in argento metallico dando origine all'immagine latente, il successivo processo di "sviluppo e fissaggio" dell'immagine consente la formazione dell'immagine visibile. Nel passato le prime emulsioni erano stratificate su lastre di vetro (da qui il termine di "lastre") successivamente sono stati messi a punto dei sistemi di schermo pellicola noti con il termine di cassetta radiografica. La cassetta è costituita da due strati di materiale foto sensibile accostati da due schermi di rinforzo; questi ultimi sono costituiti da sali di terre rare che colpiti dalle radiazioni emettono luce per pochi nano secondi, consentendo una riduzione della dose di raggi x necessaria per ottenere un'immagine diagnostica.

Alla base del processo di formazione dell'**immagine radioscopica** vi è un sistema ricevitore costituito da uno strato di fosfori, sostanze che colpite dal fascio di radiazioni X hanno la proprietà di diventare fluorescenti. L'intensità della luminosità che compare sullo schermo è proporzionale alla quantità di radiazioni che vi arrivano. La radioscopia con schermo fluorescente è stata, nel tempo, sostituita dagli intensificatori di brillanza con catena televisiva che consentono una amplificazione del segnale che arriva ai fosfori di ingresso, la sua ripresa con una telecamera e la visualizzazione a distanza monitor (**Figura 2.3**).

Radiologia Digitale Diretta: i vantaggi

Minor dose erogata al paziente

Grande versatilità nelle elaborazioni delle Immagini

Possibilità di comprimere le Immagini (DICOM JPEG)

Archiviazione digitale delle Immagini in sistemi PACS

Possibilità di tele trasmissione delle Immagini.

Alla base del processo di formazione della **immagine digitale** c'è la possibilità di convertire la mappa di attenuazione del fascio X che attraversa i tessuti in segnali elettronici di differente intensità. L'assorbimento delle radiazioni X viene registrato in formato numerico su una matrice composta da elementi elementari (pixel) che sono la rappresentazione bidimensionale di una unità di volume (voxel).



Figura 2.3 – Radiografia del cranio in scopia.

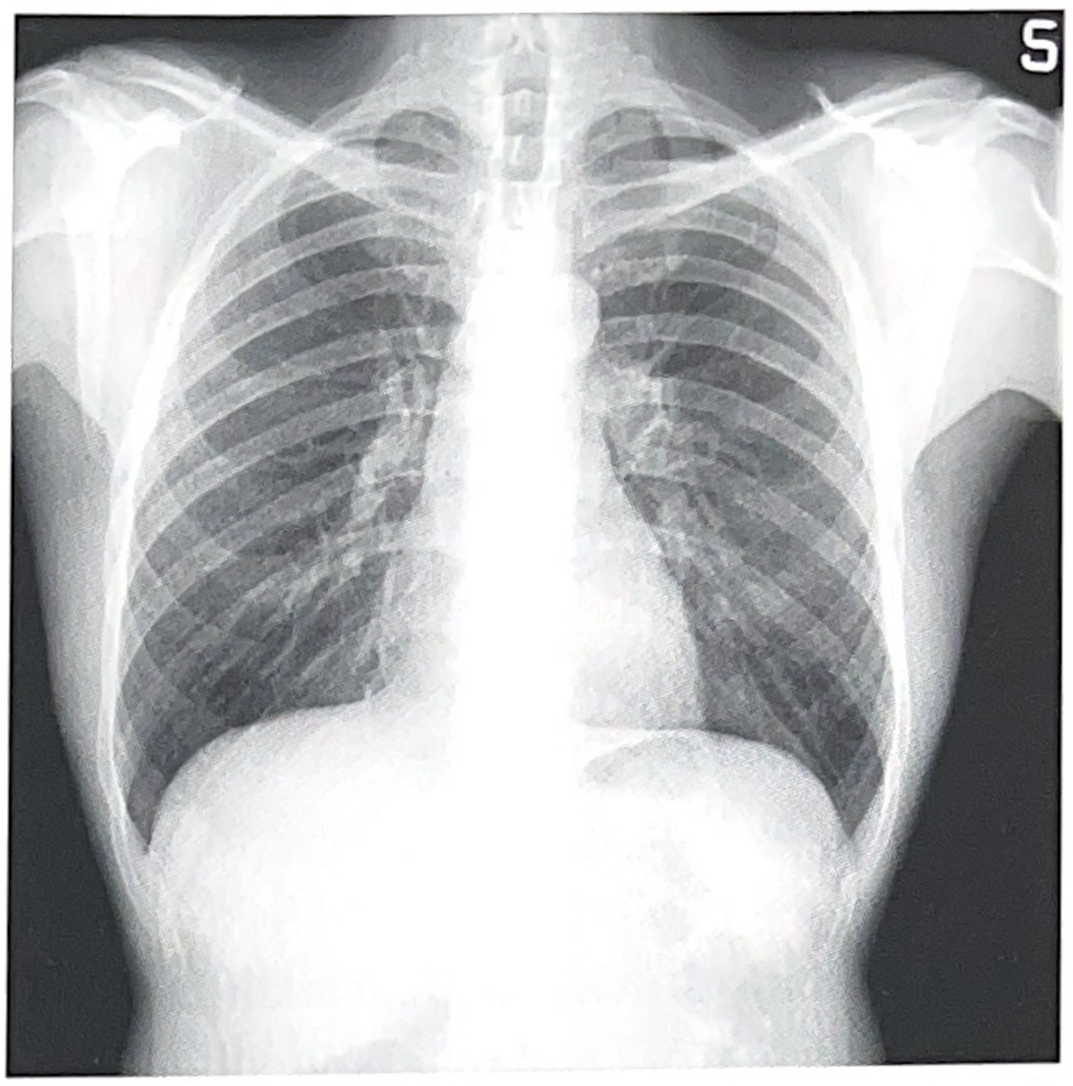


Figura 2.4 – Radiografia del torace digitale.

Il passaggio dalla immagine analogica, ottenuta tramite emulsioni fotografiche, all'immagine digitale, è avvenuto storicamente attraverso la tecnologia della Computed Radiography (CR), che si basa sul principio della luminescenza fotostimolabile:

- I rilevatori sono formati da strati di fosfori che vengono esposti alla radiazione che ha attraversato il paziente come nell'accoppiamento tradizionale schermo-film.
- Diversamente dalle pellicole il rivelatore CR mantiene l'energia assorbita in "trappole energetiche" e forma la cosiddetta "immagine latente".
- Per liberare la radiazione intrappolata si scansiona il rivelatore con una sorgente LASER che produce luminescenza.
- La luce emessa, proporzionale alla radiazione incidente, viene inviata ad un fotomoltiplicatore, a un convertitore analogico digitale e convertita in immagine digitale.

Nei rivelatori Digitali propriamente detti i Raggi X incidenti sono trasformati in carica elettrica accumulata in condensatori.

Si distinguono nei Rivelatori digitali due fondamentali sistemi di generazione del segnale.

Nei **Rivelatori Digitali Indiretti** la conversione dei Raggi X in carica elettrica avviene attraverso un passaggio intermedio con emissione di radiazione luminosa.

Nei **Rivelatori Digitali Diretti** la conversione dei Raggi X in carica elettrica avviene direttamente su un materiale semiconduttore, come il Selenio.

In entrambi i casi la Radiologia Digitale (DR) rappresenta la nuova frontiera dell'imaging in quanto dotata di un maggiore range dinamico, che consente di evitare in larga misura la ripetizione degli esami dovuta ad una sovra esposizione o sotto esposizione, di una maggiore efficienza, che consente di eseguire esami con una dose di radiazioni minore a parità di qualità di immagine e di inviare direttamente le immagini acquisite e processate quasi in tempo reale ad un computer, consentendo così la tele radiologia e la archiviazione digitale delle immagini (**Figura 2.4**).

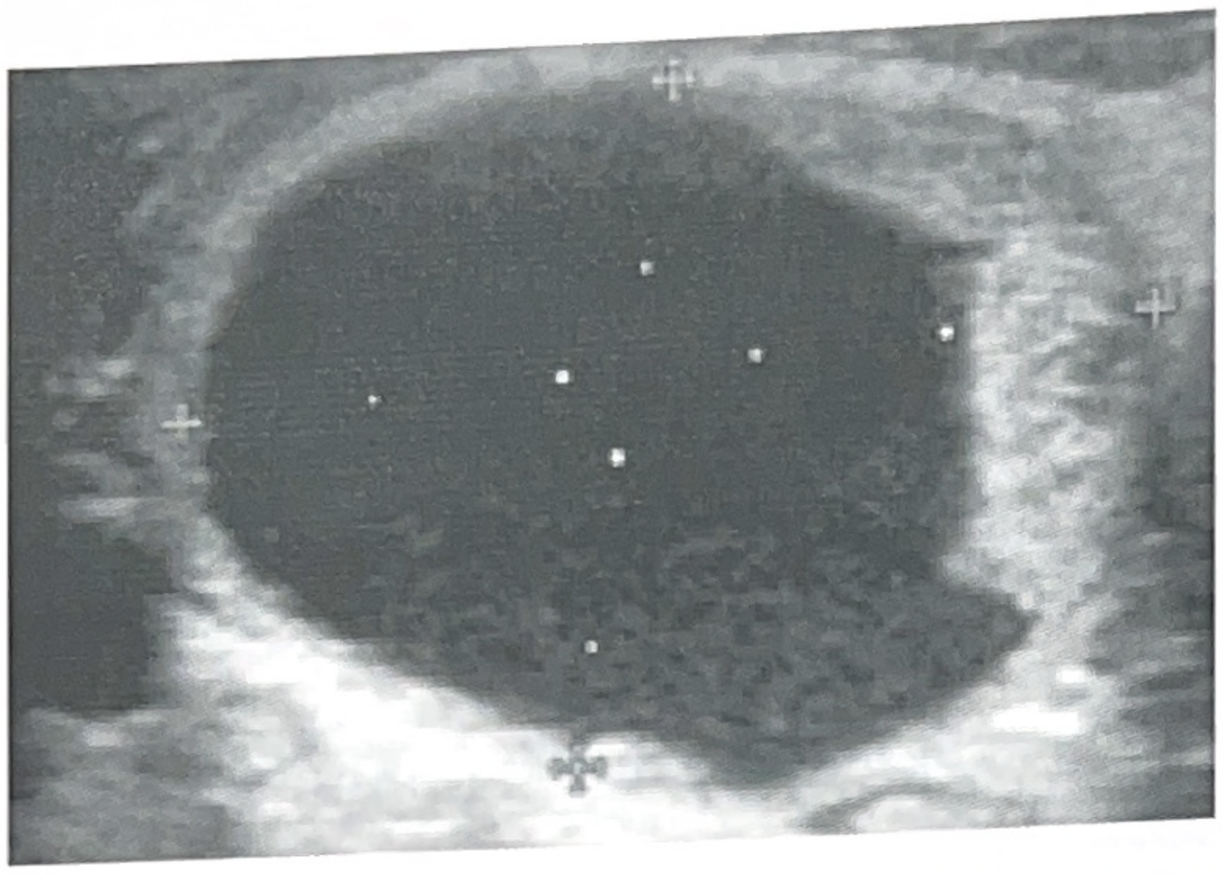


Figura 3.5 – Ecografia epatica. Formazione anecogena con rinforzo di parete posteriore (cisti del fegato).

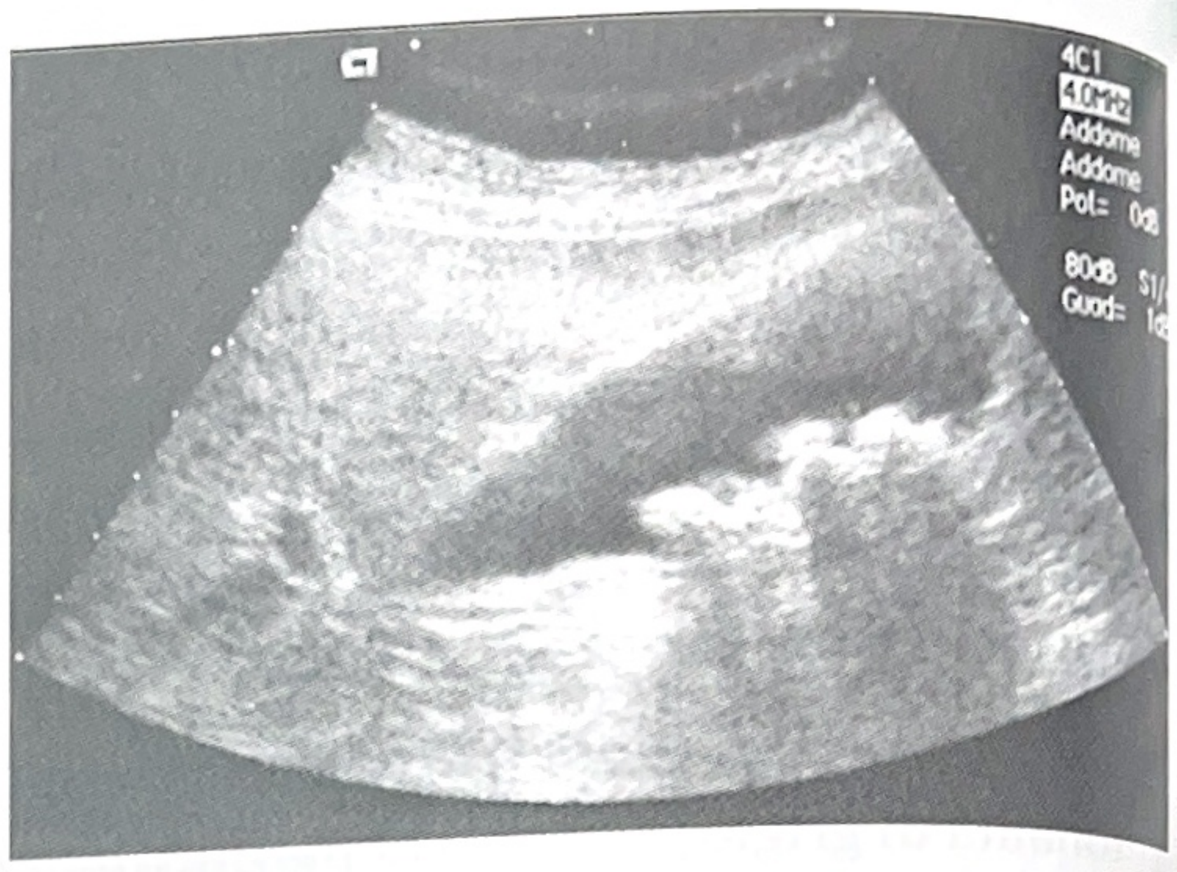


Figura 3.6 – Ecografia colecisti. Formazioni lineari marcatamente **iperecogene con sbarramento acustico posteriore** (calcoli della colecisti).

La Semantica Eco Color Doppler

Come precedentemente accennato integrando il color ed il power Doppler possiamo ottenere le informazioni necessarie per l'analisi morfo-funzionale di tutti i vasi sanguigni:

- **calibro** vasale (**Figura 3.7**);
- **colore del flusso** (rosso/blu): per convenzione il flusso che si avvicina alla sonda è **rosso**, mentre quello opposto è **blu**;
- **pervietà/stenosi** del vaso;
- **tipo di flusso** (laminare/turbolento): il **flusso** ideale in una struttura tubulare è di tipo **laminare** e ci appare di colore omogeneo all'interno del vaso, la presenza di un **mosaico di colori** in un vaso sanguigno invece indica la presenza di **flusso turbolento** (in caso di stenosi);
- **velocitogramma**, è ottenuto tramite il posizionamento del "gate" (campionatura del vaso), per analizzare quantitativamente la variazione di velocità nel tempo del flusso (permettendo di stimare l'eventuale grado di stenosi del vaso) (**Figura 3.8**).

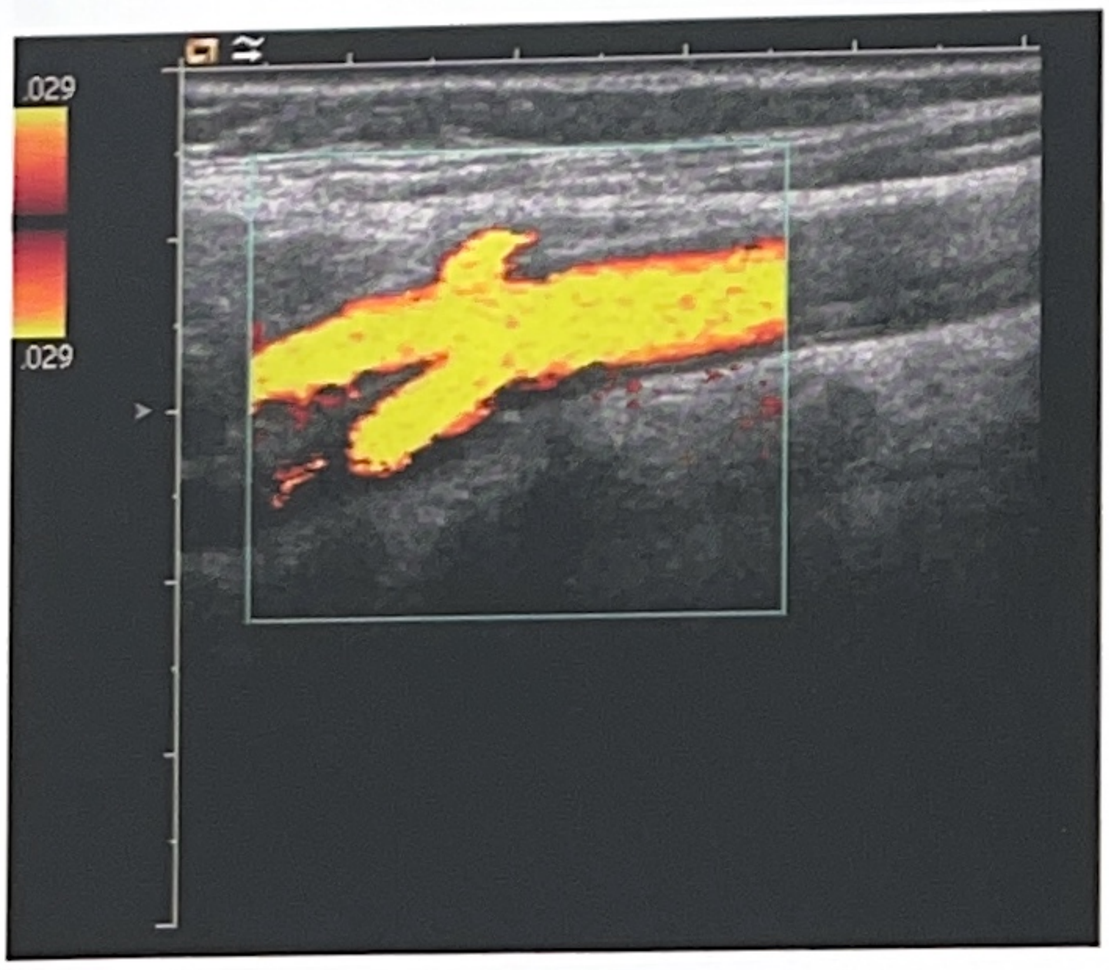


Figura 3.7 – Ecografia TSA. Flusso laminare in un'arteria carotide di normale calibro e pervietà.

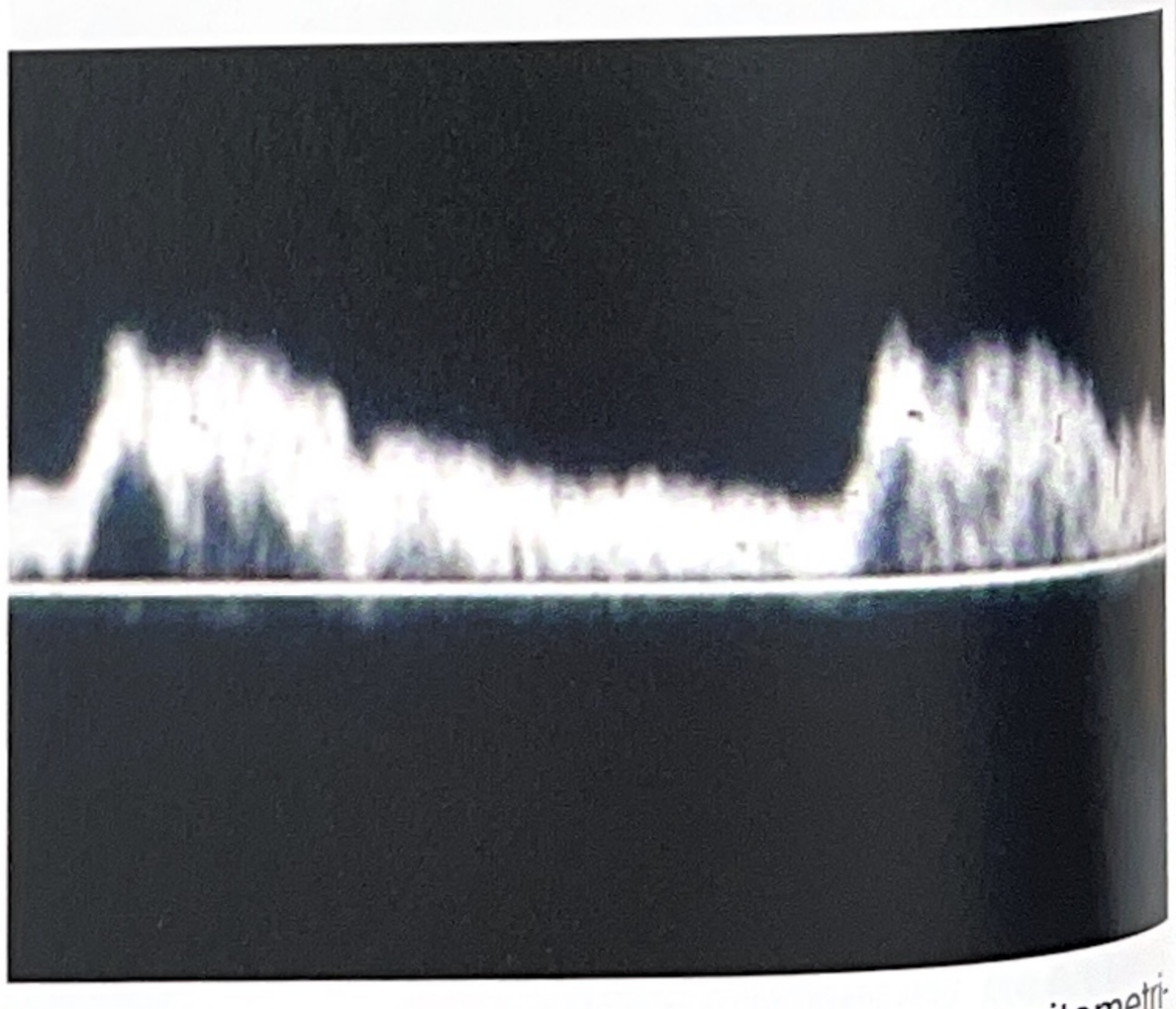


Figura 3.8 – Ecodoppler TSA. Tracciato velocitometrico normale dell'arteria carotide comune.

Quando si analizza un vaso venoso, un'informazione importante e preliminare da fornire è la **comprimibilità/incomprimibilità** alla compressione della sonda.

Una zona di flusso anomalo può significare la presenza di una placca aterosclerotica, in questo caso bisogna procedere alla descrizione morfologica della placca in superficie ed internamente (liscia, irregolare, ulcerata, omogenea, eterogenea).

L'integrazione color-power Doppler è utilizzata anche durante un esame ecografico standard per discriminare una lesione **avascolare** da una **vascolare**, e in questo caso analizzare il tipo di vascolarizzazione: peri-lesionale, centro-lesionale o mista (**Figura 3.9**).

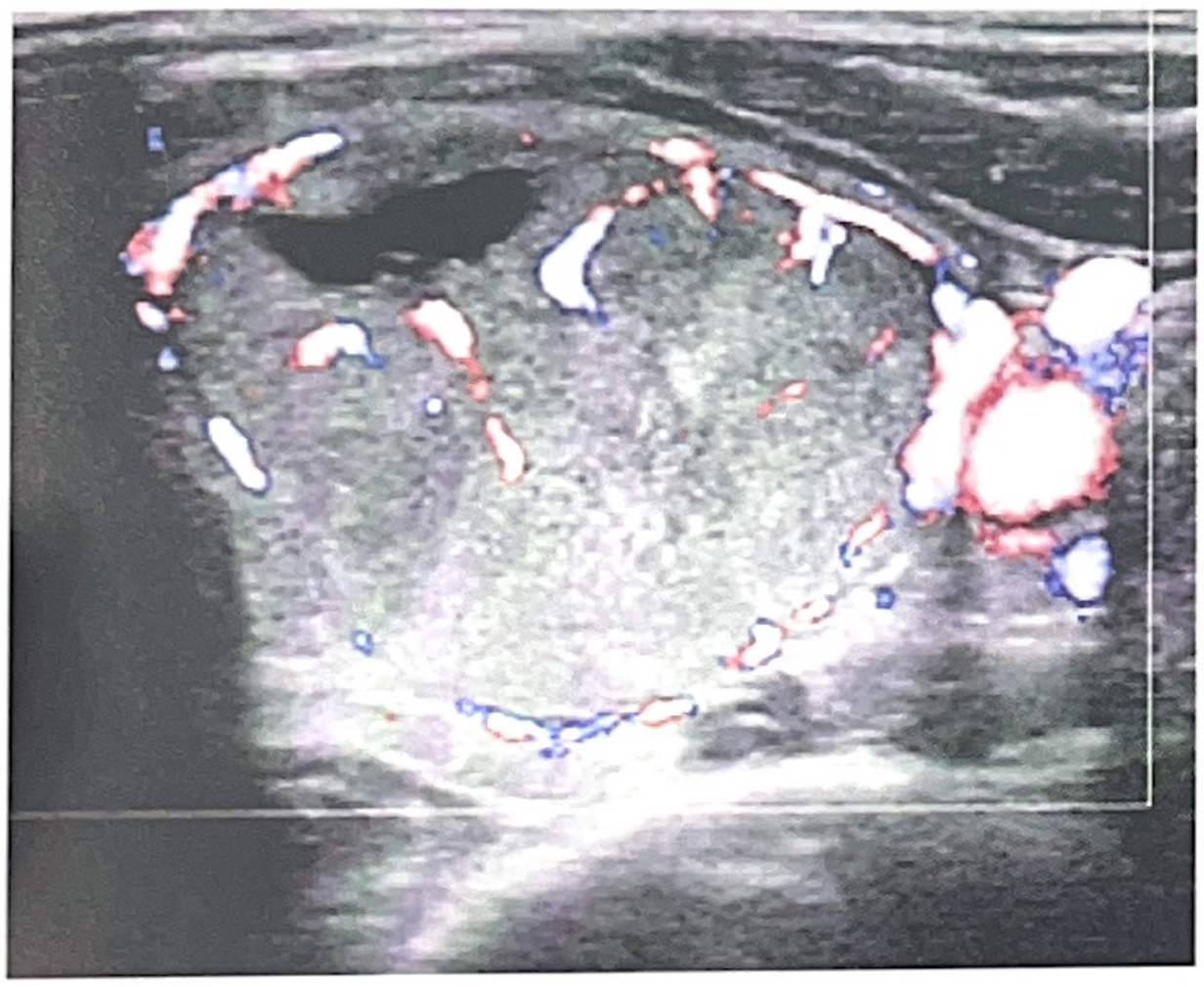


Figura 3.9 – Ecografia tiroidea. Nodulo isoecogeno al parenchima tiroideo con area ipoecogena, caratterizzato da vascolarizzazione prevalentemente peri-lesionale ma con alcuni spot intra-lesionali.

La Semantica Elastografica

Come accennato precedentemente l'elastografia descrive il grado di elasticità di una lesione.

I diversi pattern di elasticità vengono rappresentati graficamente in una scala cromatica che va dal giallo (ES1), il più "**soft**", al blu (ES4), il più "**hard**". Questa gradazione cromatica vale nella tecnica "free hand", mentre è opposta nella "shear wave" (**Figura 3.10** e **3.11**).

Esistono delle classi di durezza o elasticità – ELASTICITY SCORE (ES)

- ES 1: noduli che presentano elasticità in tutta l'area esaminata
- ES 2: noduli che presentano elasticità nella maggior parte dell'area esaminata
- ES 3: noduli che presentano durezza nella maggior parte dell'area esaminata
- ES 4: noduli completamente anelastici.

Scintigrafia miocardica di perfusione con Tc99m-sestamibi

L'esame scintigrafico studia la perfusione cardiaca nei pazienti con malattia coronarica sospetta o nota. A questo scopo il radiofarmaco viene iniettato dopo sforzo (fisico o farmacologico) e a riposo. Le immagini ricostruite mostrano il ventricolo sinistro secondo i tre assi; le aree ipoperfuse appaiono come aree ipocaptanti (**Figure 6.5**, **6.6** e **6.7**).

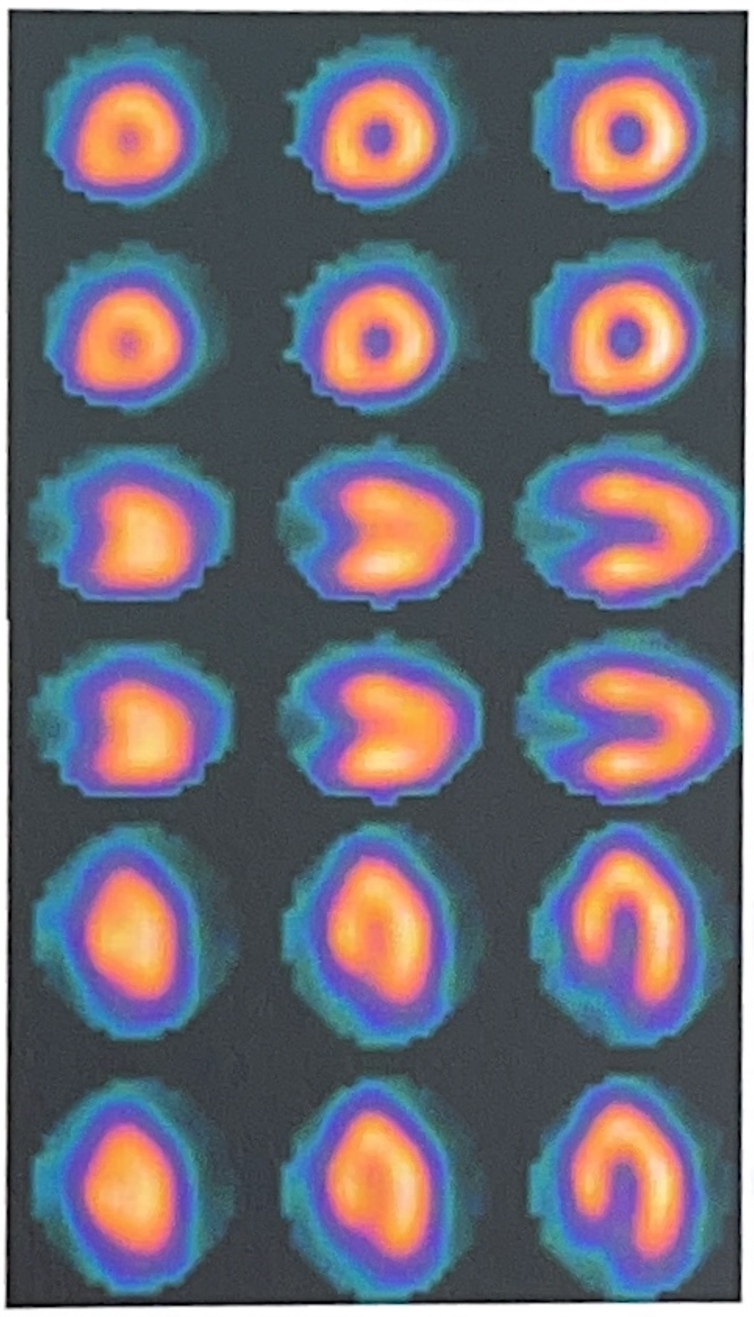


Figura 6.5 – Miocardio normoperfuso. La distribuzione del tracciante appare omogenea sia nelle rilevazioni post-stress che a riposo.

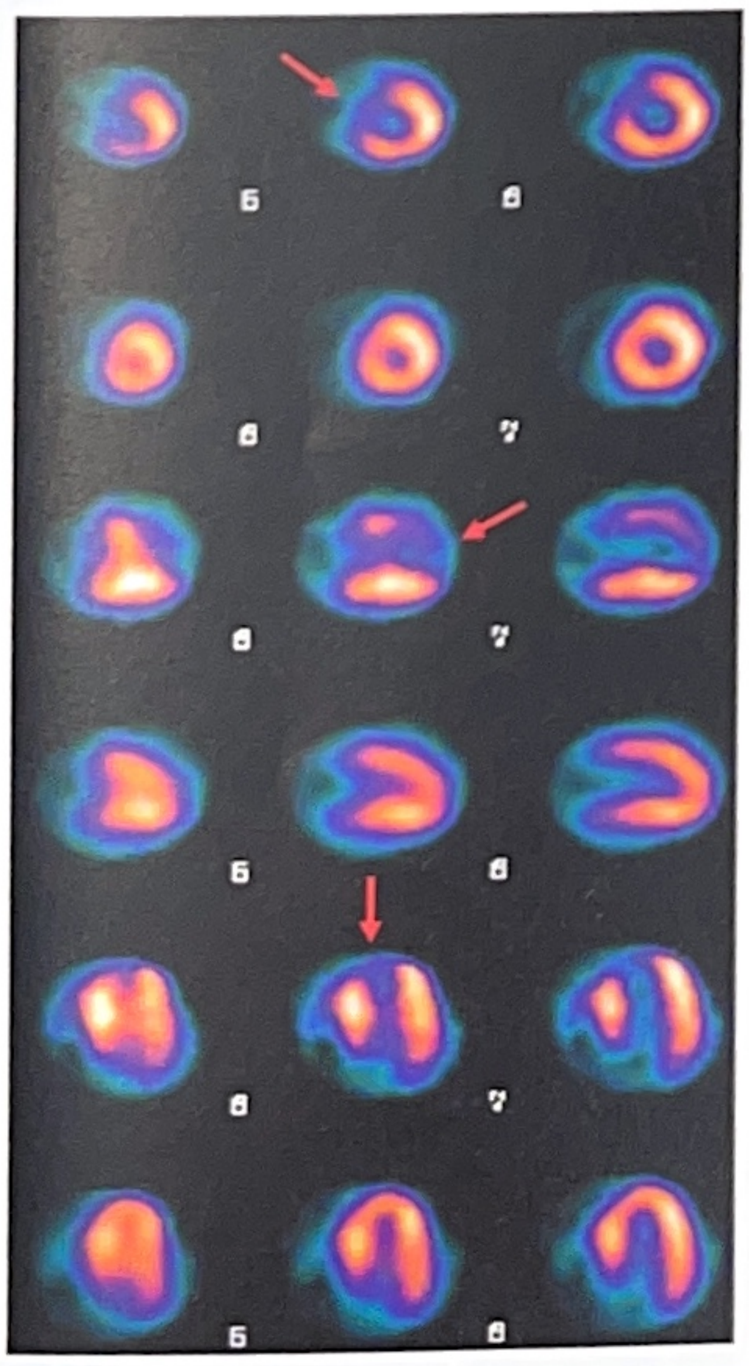


Figura 6.6 – Miocardio ischemico. In presenza di ischemia da sforzo: la distribuzione del tracciante è ridotta post-stress (frecce rosse) e normale nelle rilevazioni a riposo.

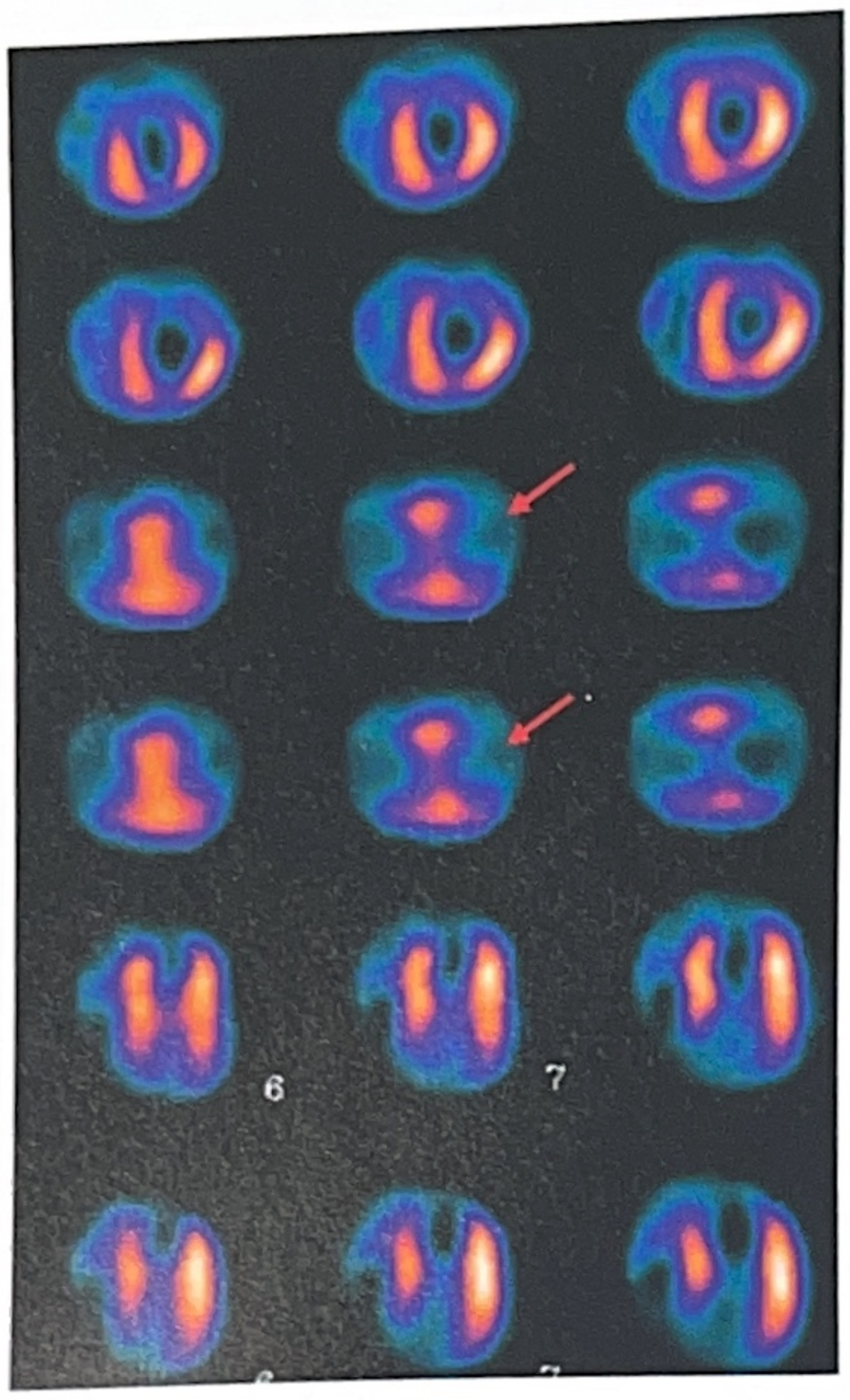


Figura 6.7 – Miocardio necrotico. In presenza di necrosi: la distribuzione del tracciante è ridotta sia nelle rilevazioni post-stress che a riposo (frecce rosse).

Scintigrafia ossea dopo somministrazione di Tc99m-MDP (metil-difosfonato)

La scintigrafia ossea è una metodica per lo studio del distretto scheletrico. Il Tc99-MDP si accumula nei siti ad elevata attività osteoblastica (**Figure 6.8** e **6.9**).

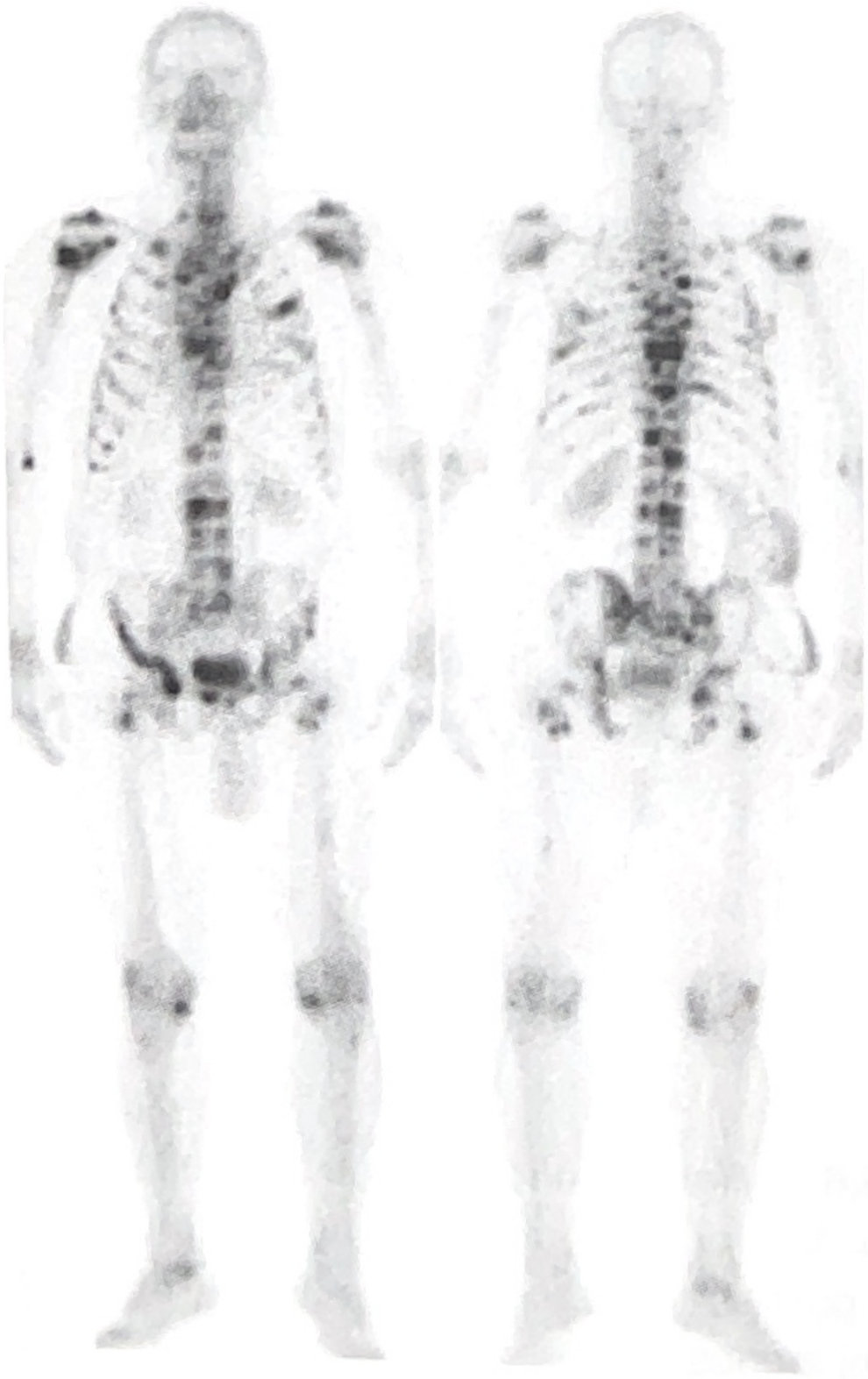


Figura 6.8 – Ricerca di metastasi ossee. Paziente con adenocarcinoma prostatico: multiple aree di accumulo del tracciante in corrispondenza di numerosi distretti ossei sede di metastasi.

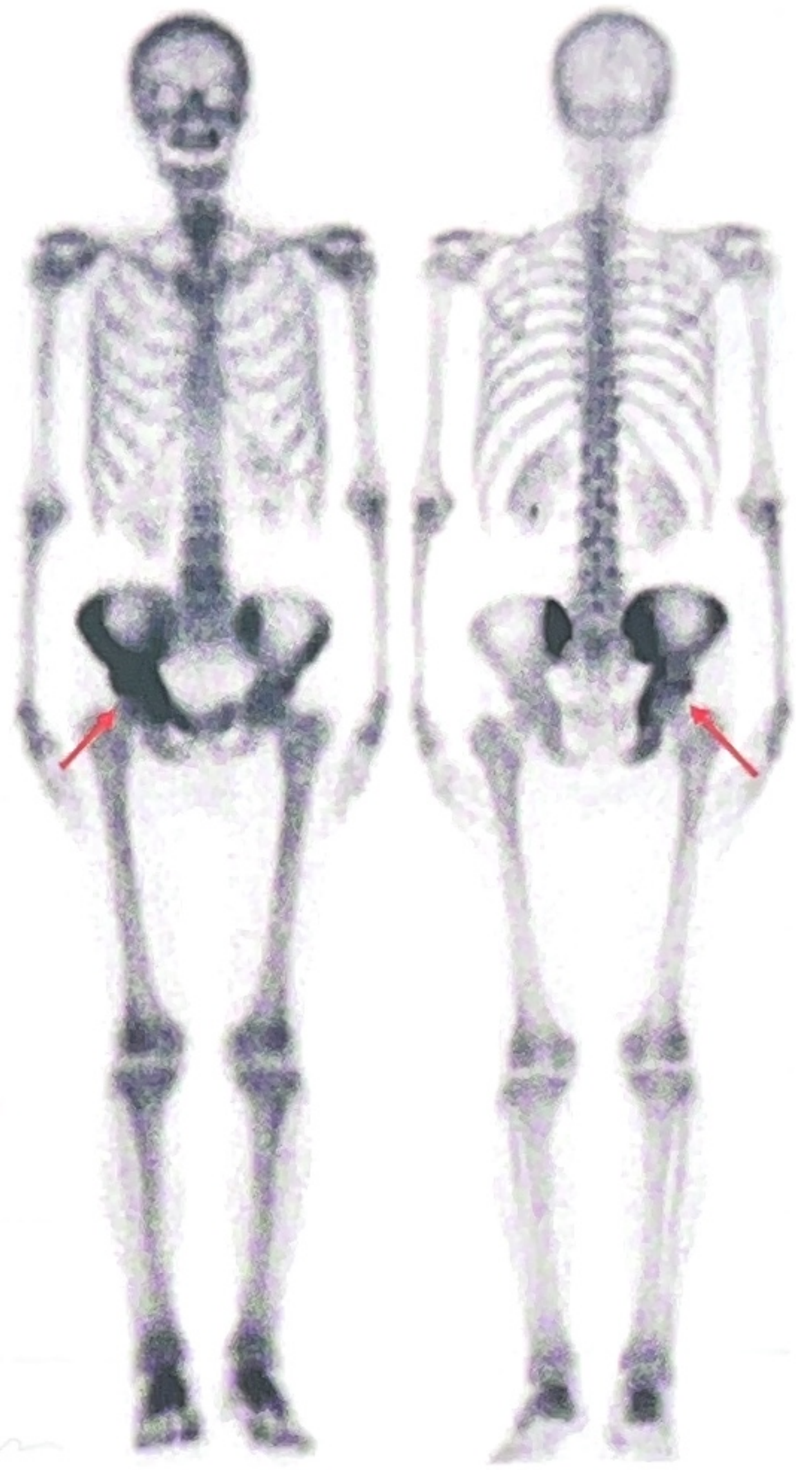
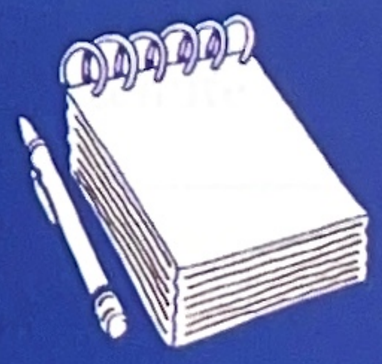


Figura 6.9 – Patologia ossea benigna. Paziente con Morbo di Paget. Area di intenso accumulo del tracciante in corrispondenza dell'emibacino destro (frecce rosse).

Take Home Points



- La medicina nucleare utilizza radionuclidi γ emittenti
- I radionuclidi sono somministrati al paziente in forma libera o coniugata con altre molecole
- Ogni radiofarmaco studia uno specifico processo biologico, organo e apparato
- Le radiazioni emesse sono rilevate dalla gamma-camera, composta da: collimatori, cristallo, fotomoltiplicatori, circuito elettronico
- Le immagini scintigrafiche rappresentano la distribuzione corporea del radiofarmaco
- Semantica: Ipercaptazione, ipocaptazione, area calda, area fredda