



# Semeiotica osso

Dott. Riccardo Cau

[Riccardo.cau@unica.it](mailto:Riccardo.cau@unica.it)

# **Ruolo dell'imaging nella valutazione ossea**

- **Valutazione anatomica**
- **Valutazione fratture**
- **Valutazione tessuti molli peri-scheletrici**
- **Valutazione tumori ossee**

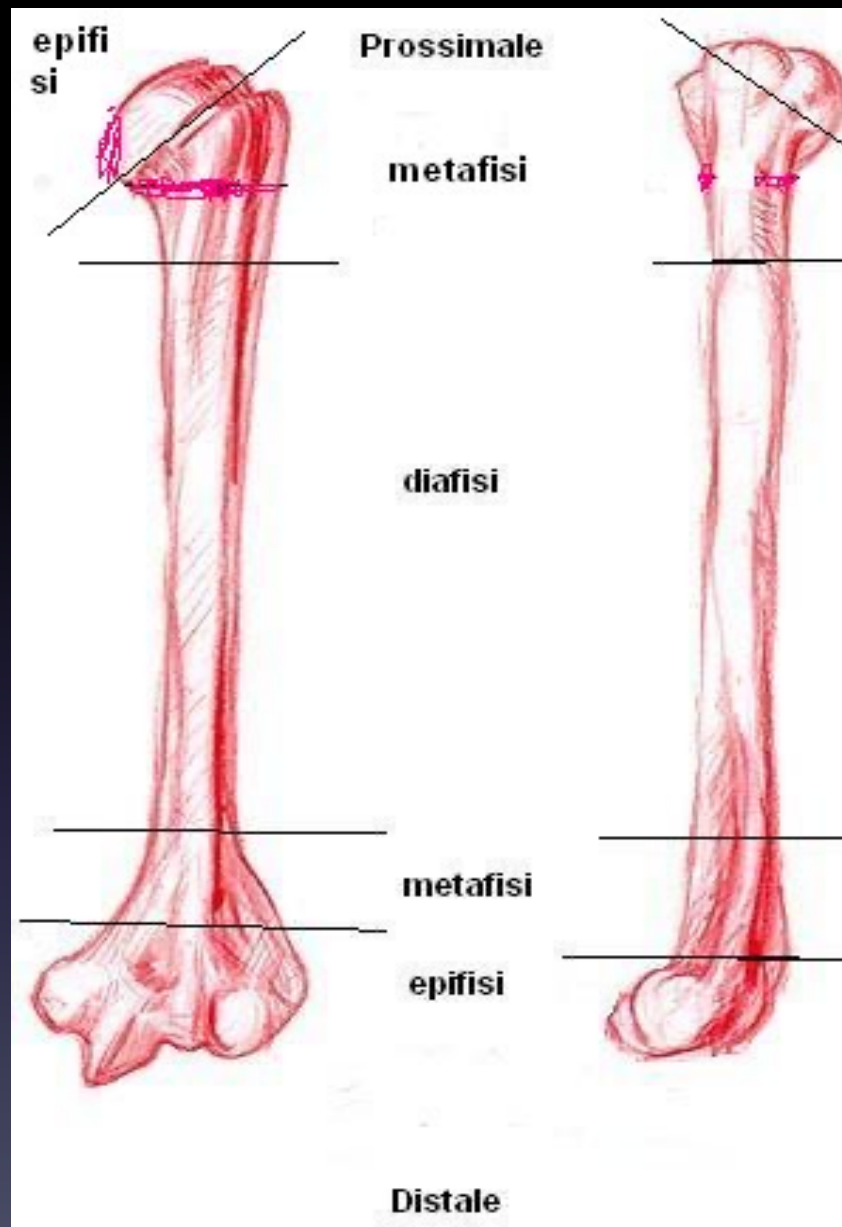
# Ruolo dell'imaging nella valutazione ossea

- **Valutazione anatomica**
- Valutazione fratture
- Valutazione tessuti molli peri-scheletrici
- Valutazione tumori ossee

- Le ossa le suddividiamo in :
- corte (metacarpi, metatarsi, falangi etc.);
- lunghe (omero, radio, ulna, femore tibia, perone, etc.);
- piatte (sterno, ossa della calotta cranica, scapola, coste, ali iliache, etc.);
- cuboidee (ossa del carpo e del tarso, corpi vertebrali, etc.)



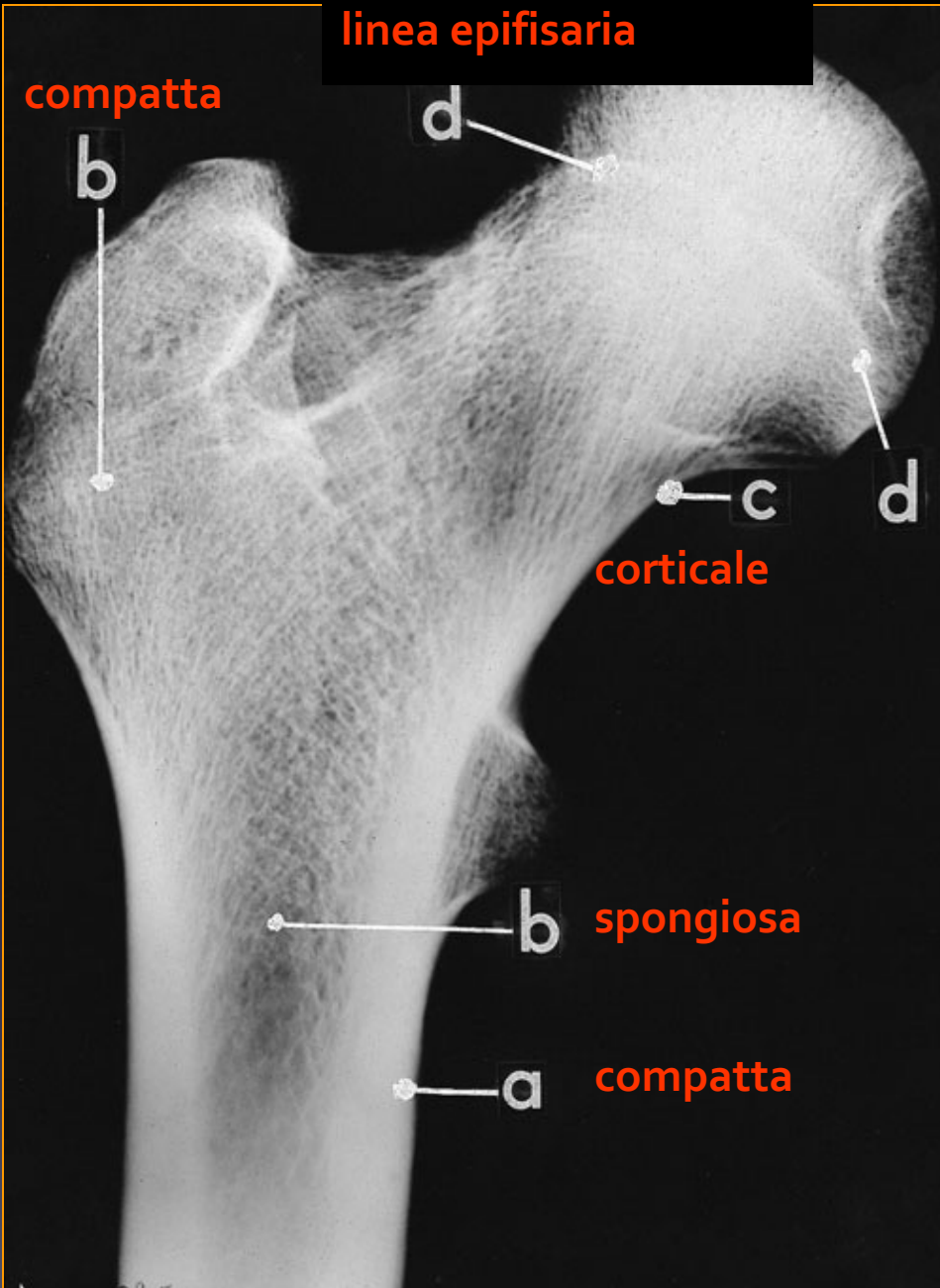




- **L'epifisi (dal greco epiphysis, "corpo che sta sopra") è l'estremità delle ossa lunghe. Fa parte dell'articolazione mobile e contiene il nucleo di accrescimento**
- **La parte centrale delle ossa lunghe è detta diafisi**
- **Tra epifisi e diafisi vi è la metafisi che contiene la cartilagine di accrescimento. Con l'ossificazione completa della metafisi si ha saldatura della metafisi all'epifisi e quindi l'osso non potrà più crescere in lunghezza.**

**linea epifisaria**

**compatta**



**MACROSTRUTTURA**

**OSSEA**



1st  
Metacarpal

Trapezium

Trapezoid

Capitate

Scaphoid

Radius

Hamate

Pisiform

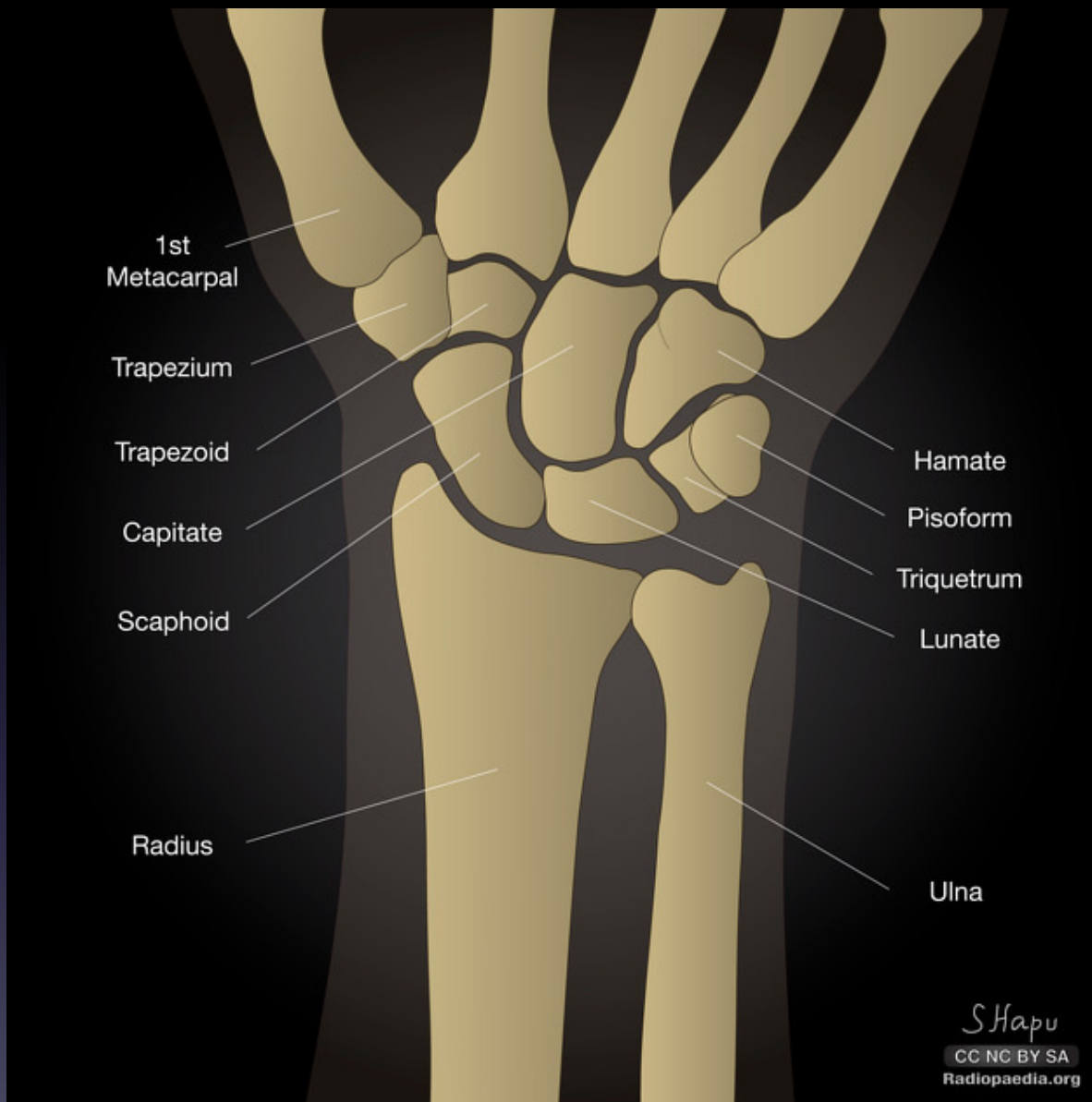
Triquetrum

Lunate

Ulna

*SHapu*

CC NC BY SA  
Radiopaedia.org



# Anatomia RX normale

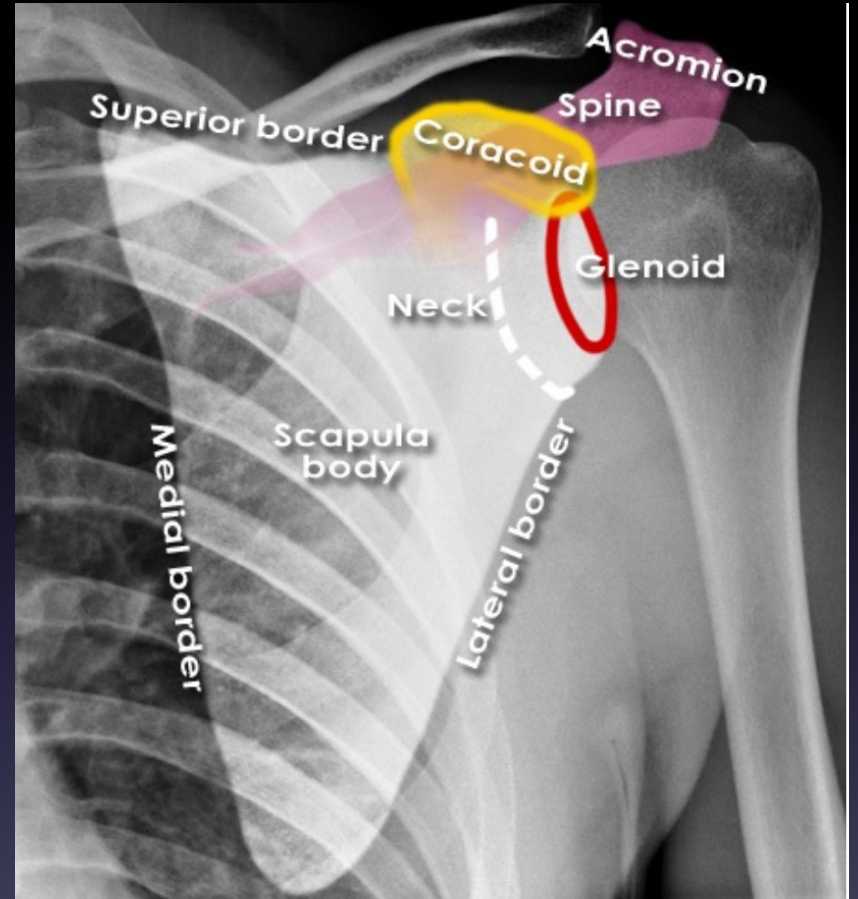


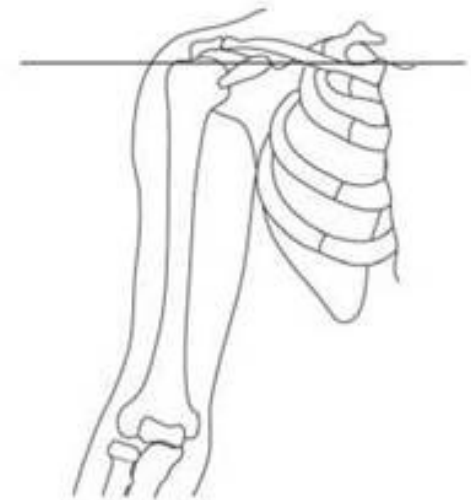
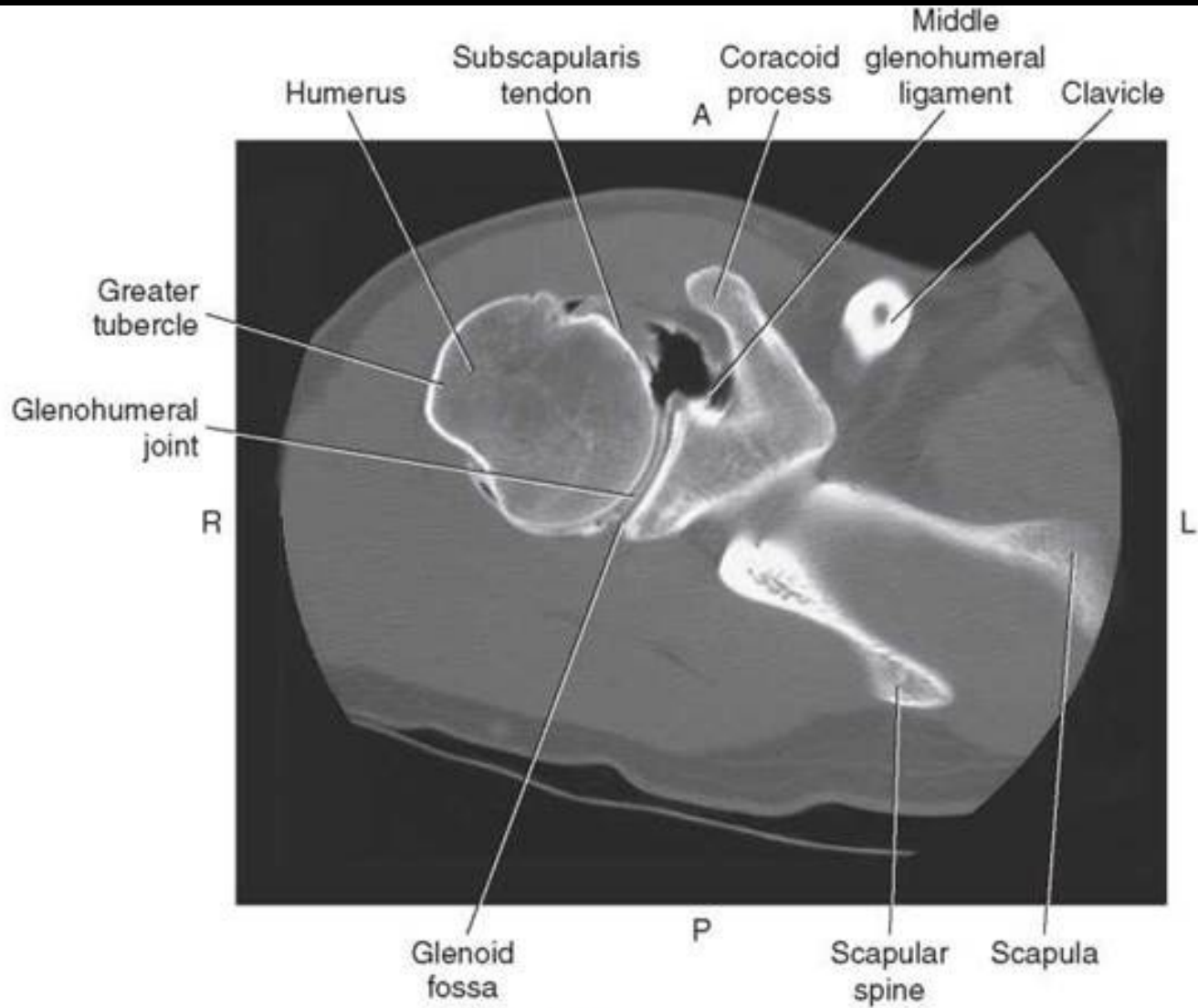




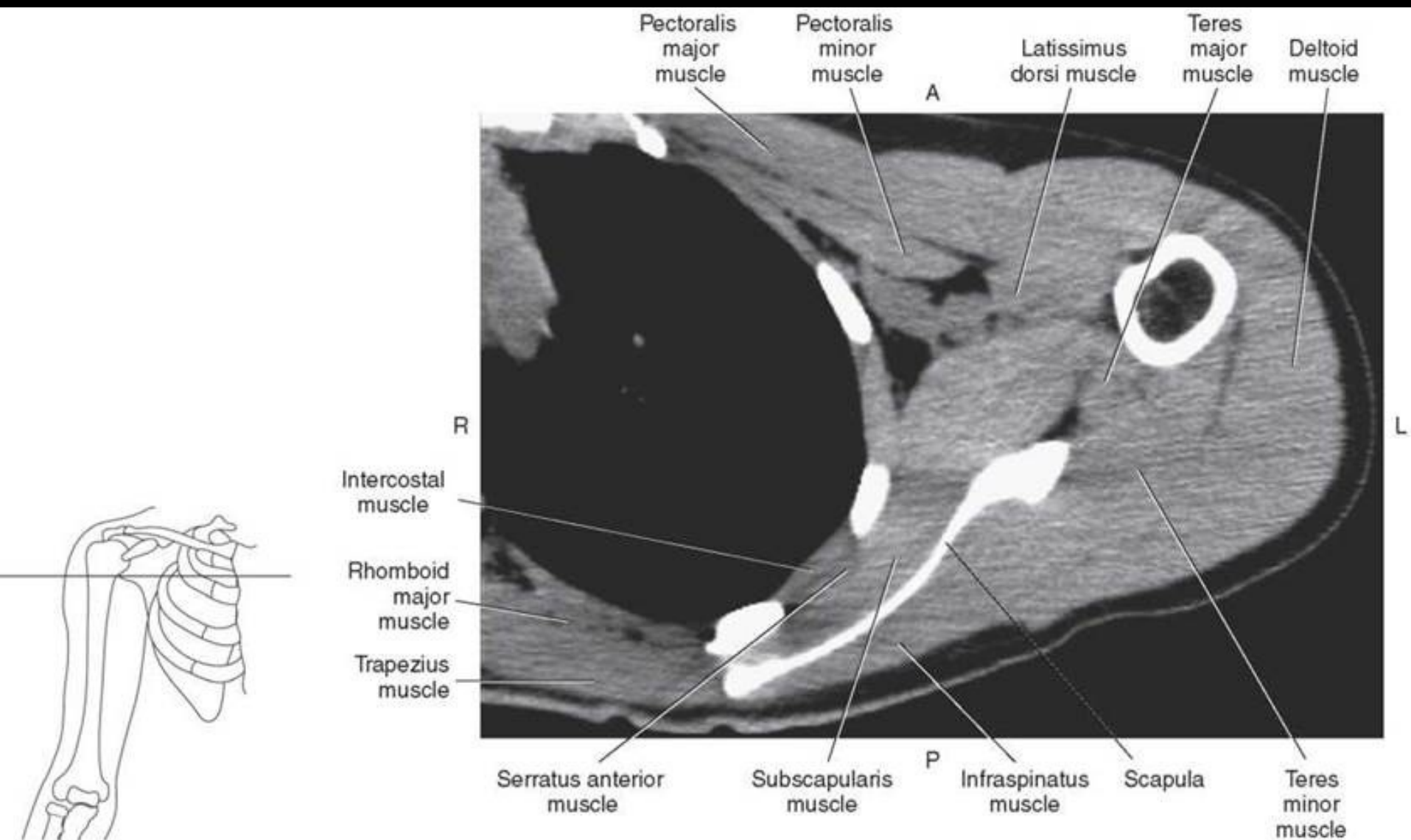
PTP





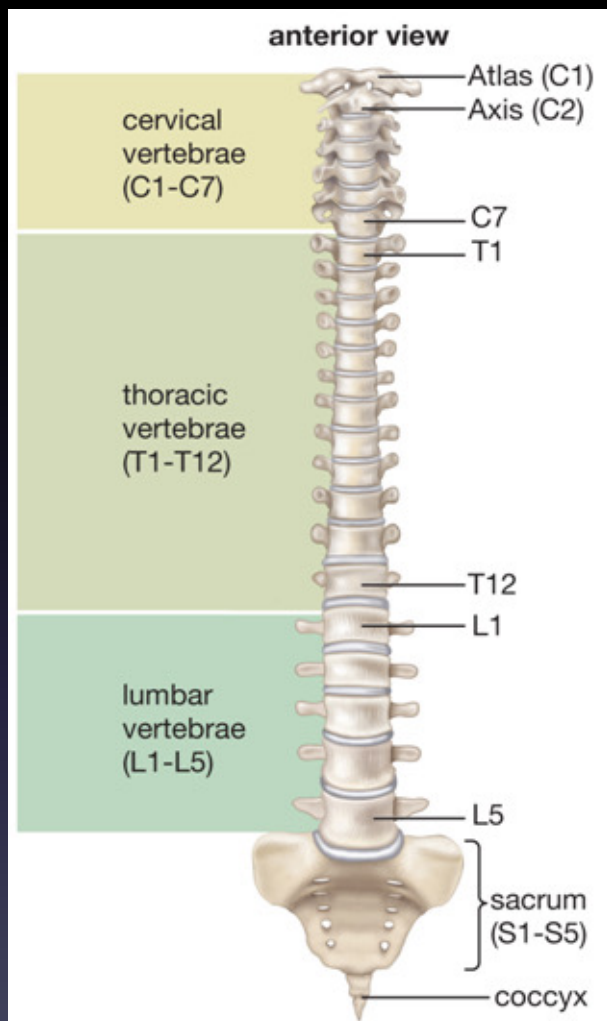


**FIG. 9.11** Axial CT of right shoulder, post-arthrogram.



**FIG. 9.42** Axial CT of left shoulder with pectoralis muscles.





Il **rachide** è un complesso formato da uno scheletro (la colonna vertebrale), unito da varie articolazioni e rivestito da muscoli intrinseci ed estrinseci che gli conferiscono stabilità e mobilità, con funzione di:

- *sostegno della testa e del tronco*
- *protezione del midollo spinale .*

La colonna è formata da 33/34 ossa (vertebre), suddivise in 5 segmenti:

- *Cervicale (C1-C7)*
- *Toracico (D1-D12)*
- *Lombare (L1-L5)*
- *Sacrale (fusione di 5 vertebre)*
- *Coccigeo (fusione di 4/5 vertebre).*

## Caratteri generali delle vertebre

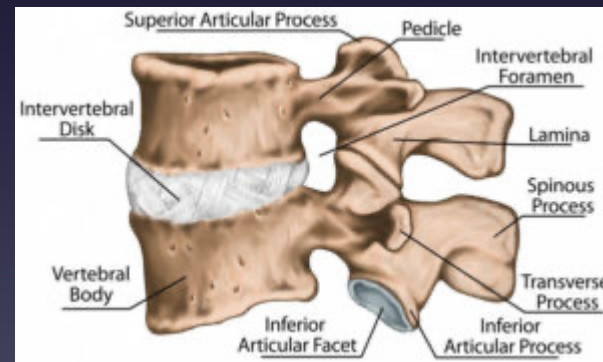
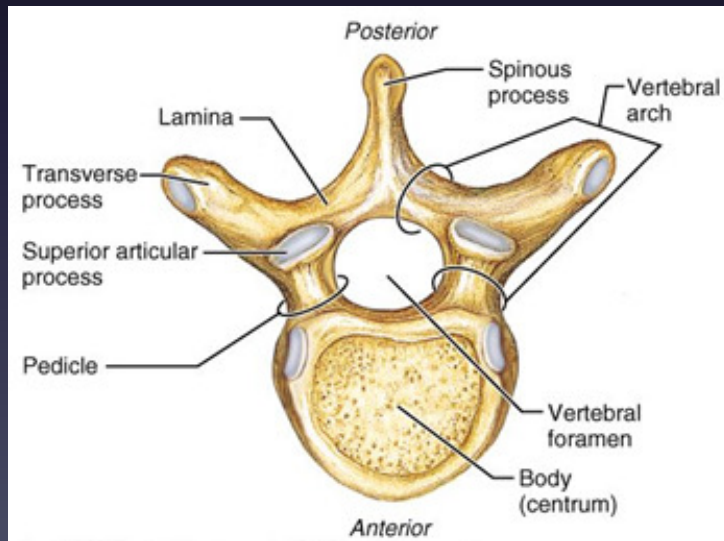
Indipendentemente dal segmento di appartenenza le v. presentano caratteri comuni.

Sono ossa brevi, costituite prevalentemente da osso spugnoso e rivestite da un sottile strato di osso compatto.

Presentano:

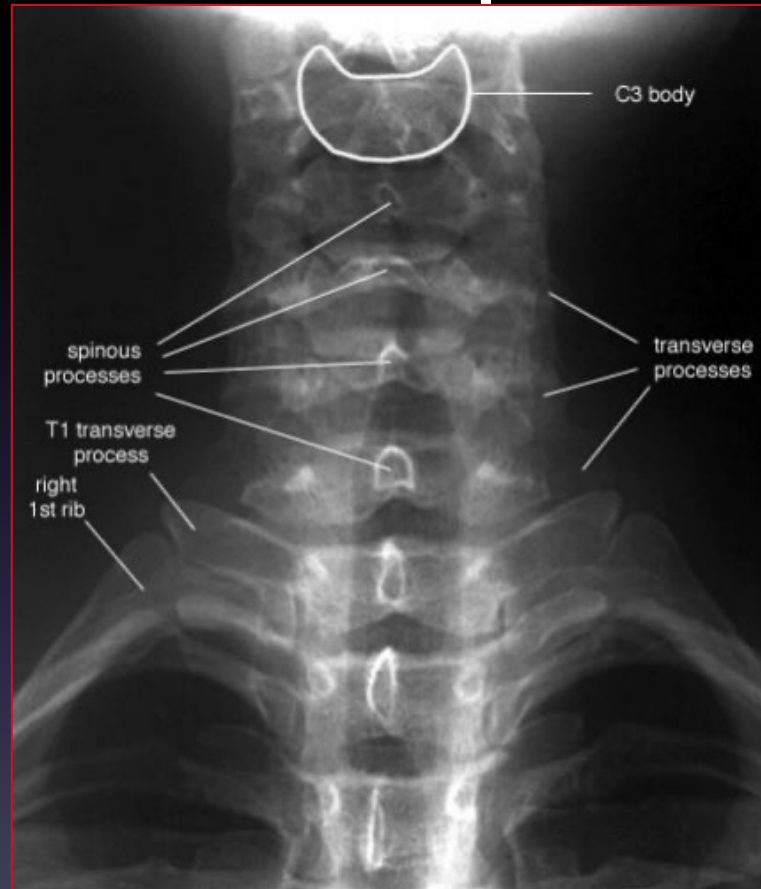
- Corpo
- Arco (peduncoli; lamine)
- Processi (Trasversi ; Articolari ; Spinoso)

I margini superiore ed inferiore dei peduncoli sono incavati e formano le incisure vertebrali sup e inf.





# Cervical Spine AP

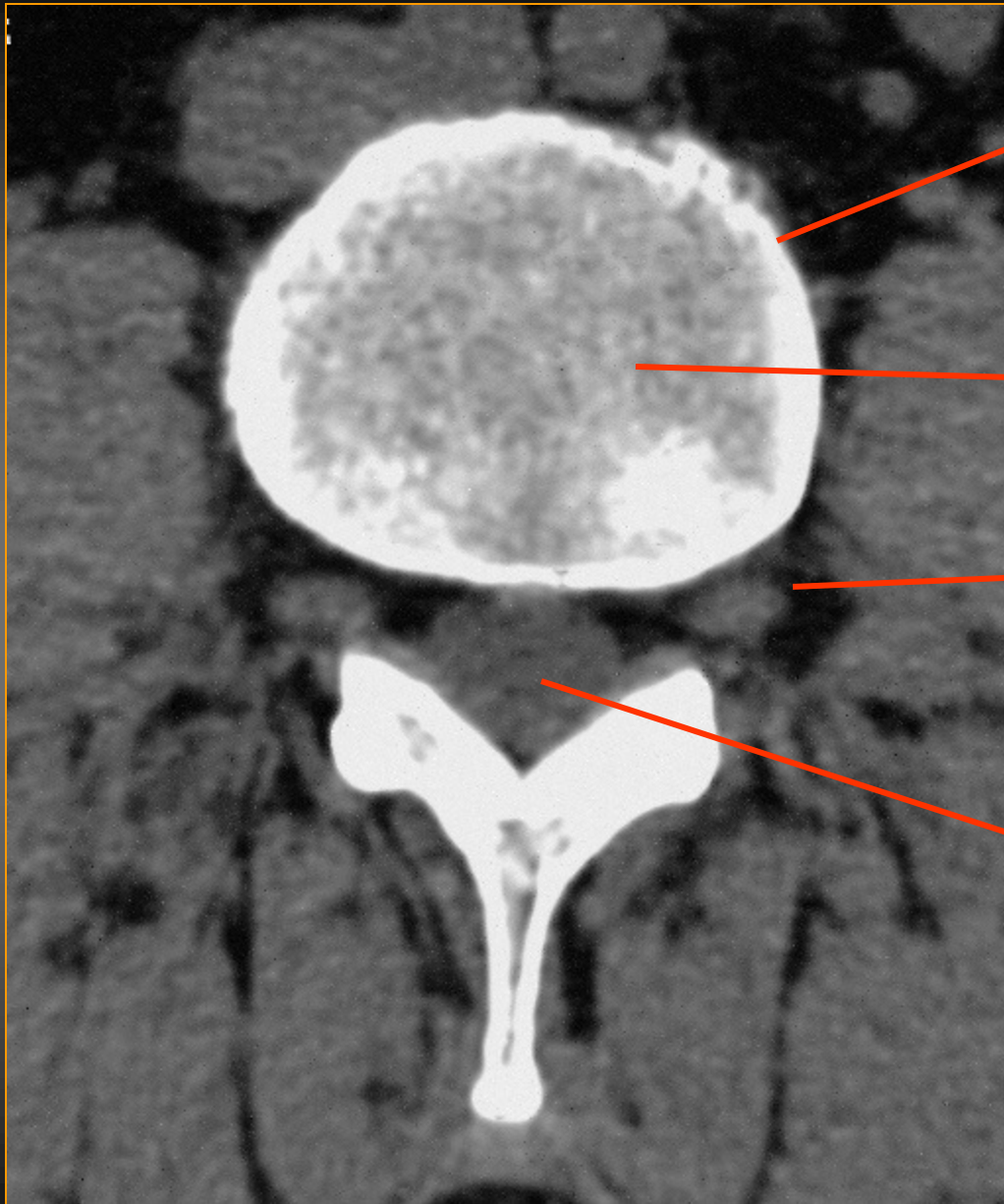


# Lateral cervical spine

- The normal cross-table lateral cervical spine X-ray must visualise the entire cervical spine, from the skull base to the cervico-thoracic junction.
- A film that does not show the upper border of T<sub>1</sub> is inadequate and should be repeated.
- Caudad traction on the arms will improve the view obtained.







corticale

spongiosa

radice

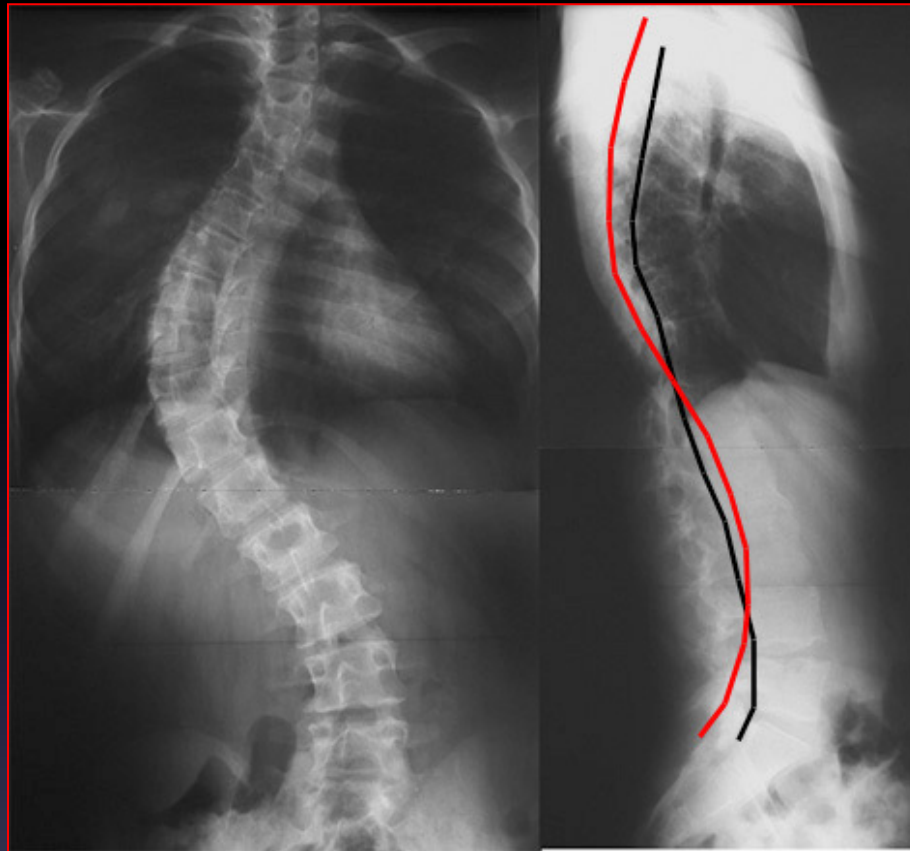
sacco durale



Assetto normale



scoliosi



Rosso: assetto sagittale teorico corretto

# Artrosi

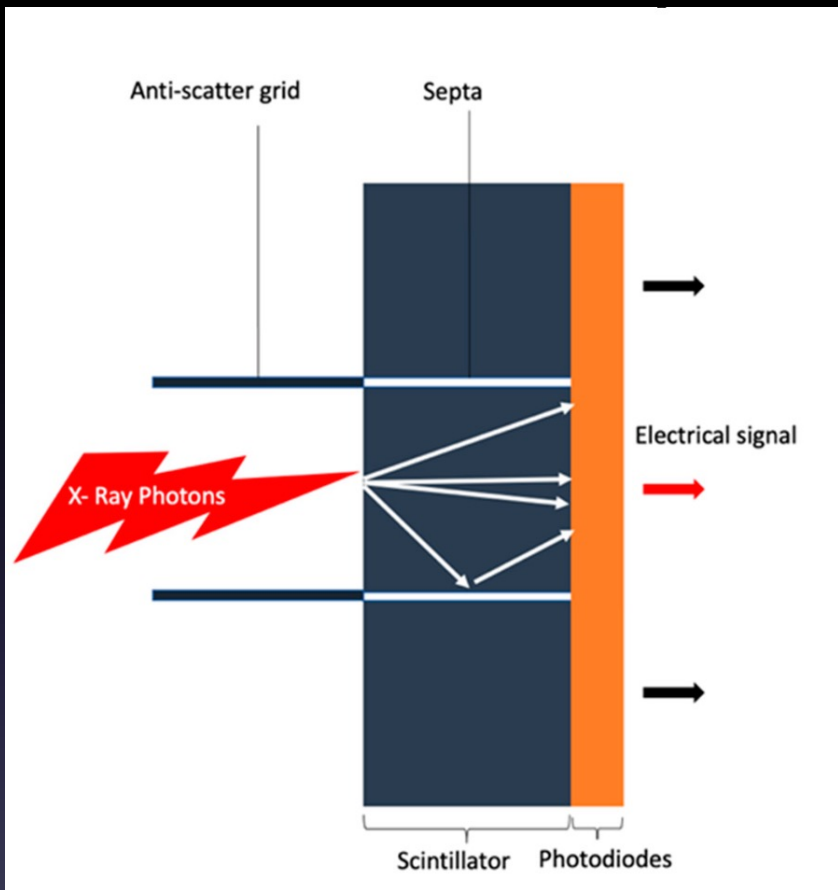
- Obesità: controverso
- Età e sesso: < 45 aa ♂ > 45 aa ♀
- Fattori occupazionali: -  
inattività - eccessiva attività
- Osteoporosi: correlazione  
inversa
- Traumatismo articolare
- Artropatie preesistenti



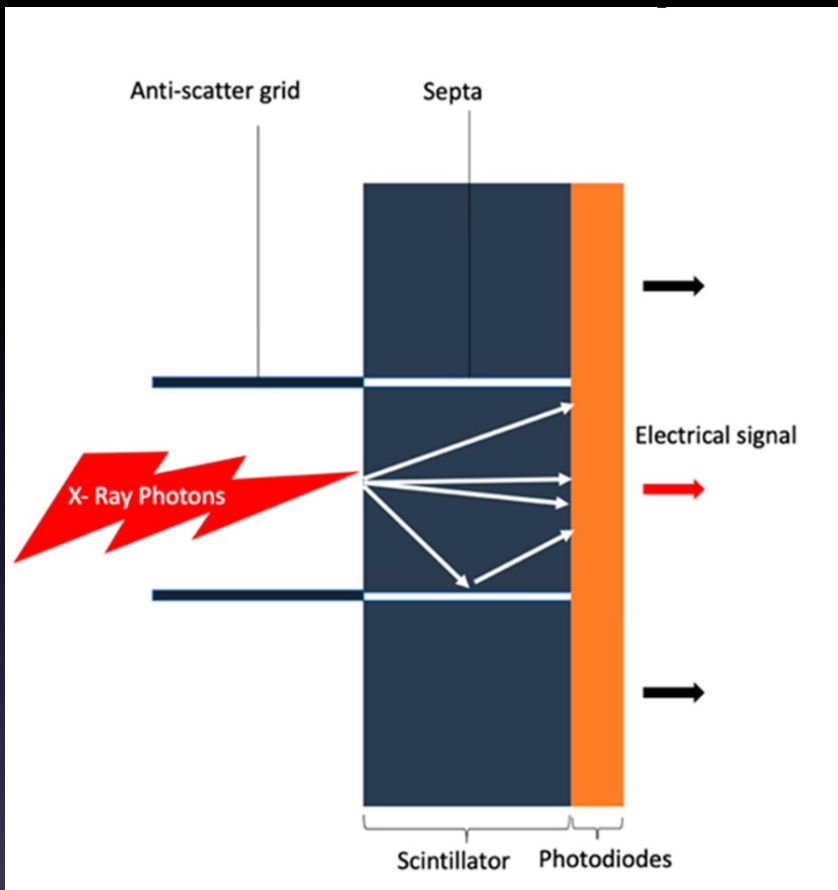
# PHOTON COUNTING



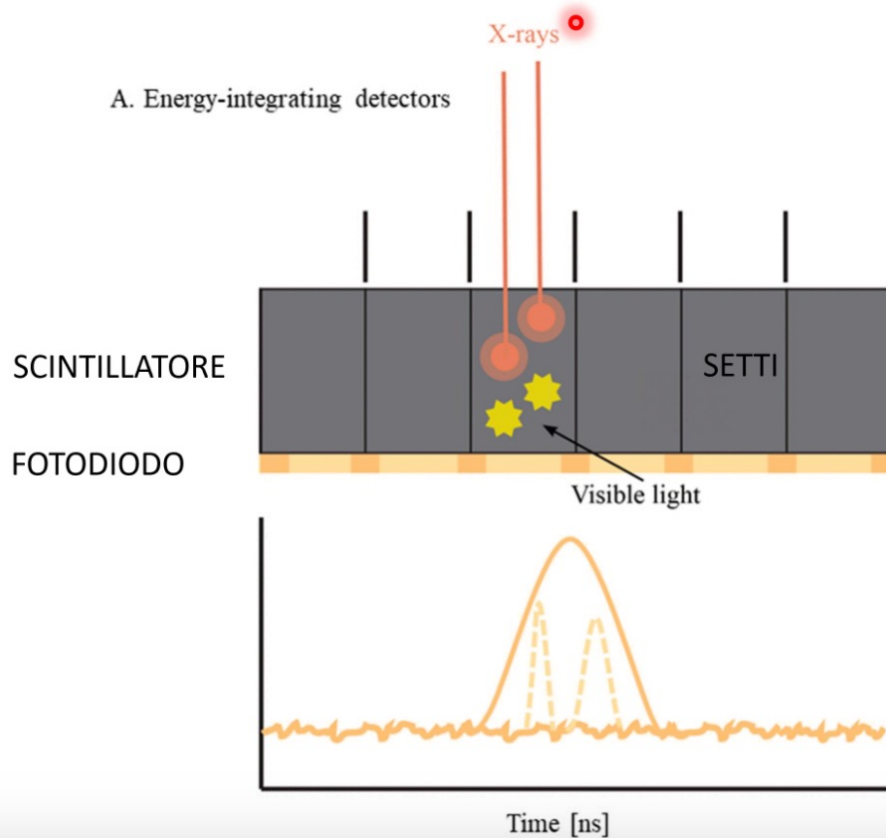




Rilevatori CT convenzionali si basano sulla tecnologia di conversione indiretta, che utilizza uno strato di scintillatori per convertire i fotoni a raggi X in luce visibile che viene successivamente rilevata da un fotodiodo e convertita in segnali elettronici

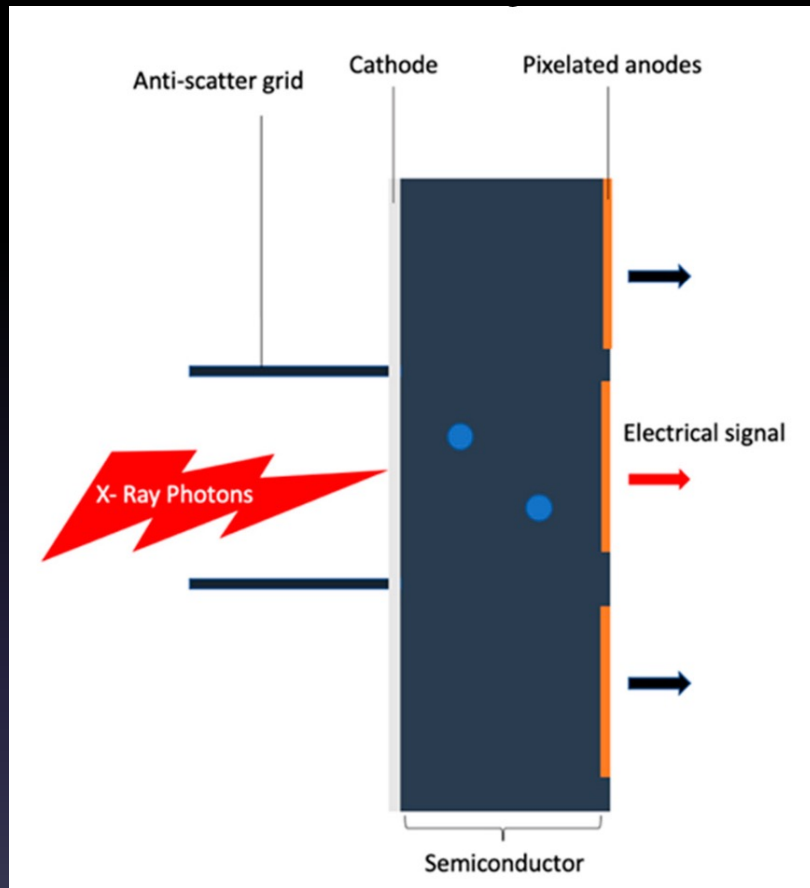


Il segnale di uscita del rivelatore è proporzionale all'energia totale depositata da tutti i fotoni a raggi X rilevati; pertanto, questo tipo di rivelatore è generalmente chiamato EID. Poiché le sorgenti di raggi X utilizzate nella tomografia computerizzata generano fasci polienertici, e un EID pondera il segnale misurato in base all'energia del fotone rilevato, i fotoni ad alta energia generano segnali più intensi rispetto ai fotoni a bassa energia. Inoltre, poiché il rivelatore integra l'energia proveniente da tutti i fotoni rilevati, il segnale del rivelatore non contiene informazioni sull'energia dei singoli fotoni



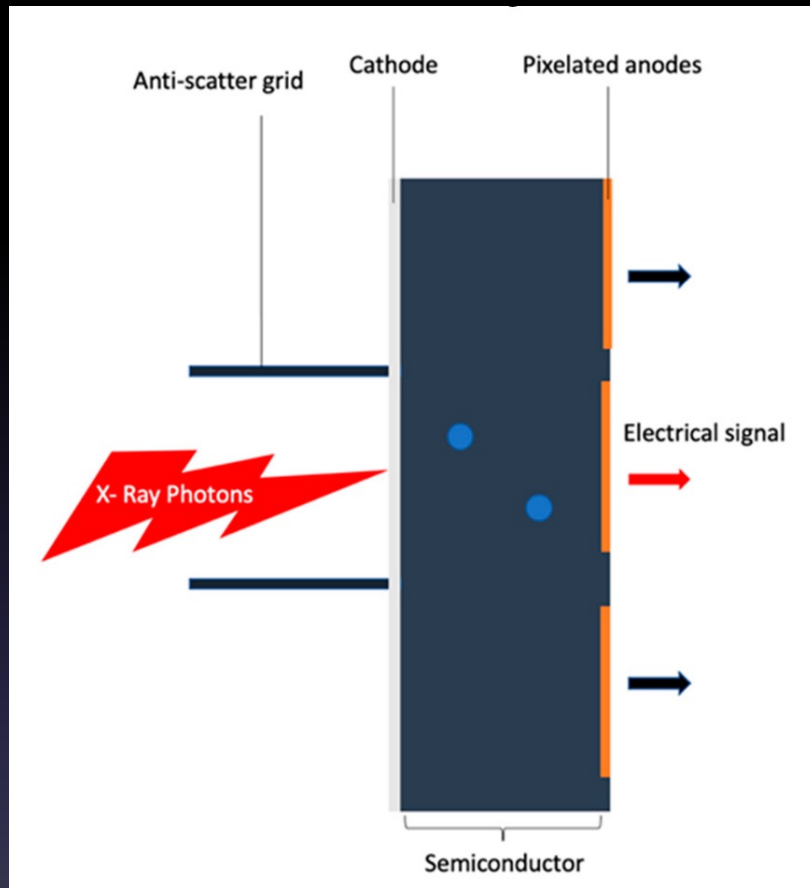
- Formazione dell'immagine in 2-step:
  1. Lo scintillatore assorbe il raggio X ed emette luce visibile;
  2. Il fotodiodo converte la luce in segnale elettrico.
- Necessità di setti per ridurre cross-talk → riduzione dell'area effettiva di detezione (dead space) → aumento della dose radiante;
- Fotoni di diversa energia vengono integrati in un unico segnale → perdita di informazione spettrale;





I detettori Photon Counting sono invece in grado di trasformare direttamente i fotoni dei raggi X in segnali elettrici.

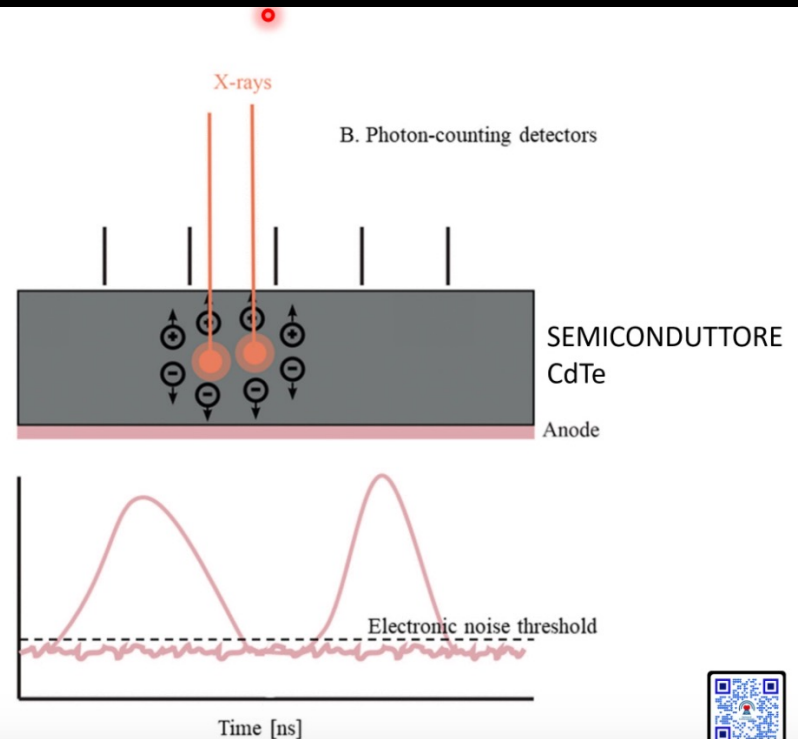
A differenza dei tradizionali rilevatori EID, che integrano i livelli di energia di tutti i fotoni rilevati, i PCD contano il numero di fotoni individuali che superano un livello di energia specificato. Per un dato fotone a raggi X, l'altezza dell'impulso del segnale creato dalla deposizione di carica sull'anodo è proporzionale all'energia del fotone. Pertanto, il segnale dei PCD porta con sé informazioni sull'energia di ciascun fotone rilevato. Pertanto, il segnale dei PCD porta con sé informazioni sull'energia di ciascun fotone rilevato



I materiali semiconduttori più comuni utilizzati nei PCD sono il tellururo di cadmio o il tellururo di cadmio-zinco, sebbene altri materiali come il silicio e l'arseniuro di gallio siano stati utilizzati



- Conversione **diretta** del fotone X in segnale elettrico tramite il semiconduttore;
- In assenza di cross-talk causato dai fotoni è possibile **eliminare i setti (comb-filters)** → riduzione del dead space;
- Misurazione **individuale** dei fotoni X → categorizzazione in livelli energetici (**energy bins**) → rimozione del rumore elettronico, imaging spettrale;



Properties and Characteristics	EIDs	PCDs
Detector material	Cadmium tungstate, gadolinium oxide, gadolinium oxysulfide	Cadmium telluride, cadmium zinc telluride, silicon, gallium arsenide, chromium compensated gallium arsenide
Detection mechanism	Energy integrating with a two-step process involving an x-ray scintillator and a photodiode, which converts x-rays to visible light and visible light to electric signal	Energy resolving with the use of a single-step process involving a semiconductor and the direct conversion of x-rays to electric signal

Spectral abilities	Inherently no x-ray energy-resolving capabilities owing to charge integration	Photon events are counted and binned in digital counters with user-defined energy thresholds.
Energy-resolving mechanism	X-rays converted to visible photons and visible photons converted to electronic signal; photon energy information is lost during this process	X-ray photon interactions form charge clouds (electron hole pairs) in the semiconducting layer, creating a signal whose magnitude is proportional to the photon energy.
Spatial resolution	Smaller detector pixels become dose inefficient owing to the finite-width septum required between detector pixels.	Smaller detector pixel sizes are possible because septa between detector pixels are not needed.
Electronic noise properties	Noticeable on conventional CT images at low doses or at scanning of obese patients	Can be excluded from the measured signal by selecting an energy threshold higher than the electronic noise floor
Photon weighting	High-energy x-rays receive more weighting than do low-energy x-rays, consequently deteriorating contrast between soft tissue and iodinated contrast material.	All photon energy levels receive uniform weighting, allowing improved contrast between soft tissue and iodinated contrast material.

I PCCT possono operare in due diverse modalità: convenzionale e spettrale. La prima corrisponde alla tomografia computerizzata a singola energia, in cui i fotoni a raggi X non vengono differenziati in base alla loro energia ma vengono solamente sommati. I dati spettrali possono essere utilizzati attraverso due meccanismi distinti: la ponderazione dell'energia e la decomposizione del materiale.

Con il primo approccio, i PCCT forniscono una migliore performance del rumore in confronto agli scanner TC convenzionali all'avanguardia. È infatti possibile assegnare pesi personalizzati a specifici intervalli di energia al fine di migliorare la qualità dell'immagine. Questo consente di normalizzare il peso dei fotoni a raggi X a bassa energia e porta a un miglioramento del rapporto di contrasto-rumore tra i tessuti molli o a una correzione degli artefatti di indurimento del fascio.

Spectral abilities	Inherently no x-ray energy-resolving capabilities owing to charge integration	Photon events are counted and binned in digital counters with user-defined energy thresholds.
Energy-resolving mechanism	X-rays converted to visible photons and visible photons converted to electronic signal; photon energy information is lost during this process	X-ray photon interactions form charge clouds (electron hole pairs) in the semiconducting layer, creating a signal whose magnitude is proportional to the photon energy.
Spatial resolution	Smaller detector pixels become dose inefficient owing to the finite-width septum required between detector pixels.	Smaller detector pixel sizes are possible because septa between detector pixels are not needed.
Electronic noise properties	Noticeable on conventional CT images at low doses or at scanning of obese patients	Can be excluded from the measured signal by selecting an energy threshold higher than the electronic noise floor
Photon weighting	High-energy x-rays receive more weighting than do low-energy x-rays, consequently deteriorating contrast between soft tissue and iodinated contrast material.	All photon energy levels receive uniform weighting, allowing improved contrast between soft tissue and iodinated contrast material.

Inoltre, la dimensione degli elementi del rivelatore nei PCCT è inferiore a quella nei rivelatori EID. Poiché i rivelatori PCCT convertono direttamente i fotoni a raggi X in cariche elettriche senza strati di scintillatori, la risoluzione spaziale nei PCCT non è limitata dalla necessità di separare elementi del rivelatore vicini tra loro, migliorando così la risoluzione spaziale. Questa tecnologia consente anche di evitare problemi legati all'assorbimento della radiazione e di migliorare la qualità dell'immagine



Reduction of beam-hardening and metal artifacts	Metal artifact reduction algorithms can be used to mitigate these artifacts.	The high-energy bin images are much less affected by these artifacts. Algorithms can be used to reduce any residual artifacts.
Multienergy imaging	Requires dual-source, dual-tube potentials, dual acquisitions, dual detector-layers, or dual beam filters to acquire the needed dual-energy data	Single-source, single-tube-potential, single acquisition, single-detector layer, single-filter simultaneous multienergy acquisition is inherently possible.
High-resolution imaging	Radiation dose inefficient owing to comb or grid filters or decreased detector fill factor due to requirement of additional septa	Radiation dose efficient high-spatial-resolution imaging is possible owing to inherently smaller detector pixels.
Energy-selective imaging	Limited options owing to lack of energy discrimination	Energy binning allows K-edge imaging customized to gadolinium, gold, bismuth, ytterbium, and other high-Z contrast agents.





Detector-pixel di dimensioni ridotte



Eliminazione del rumore elettronico



Capacità spettrale intrinseca



Ugual contributo di quanti a bassa ed alta energia

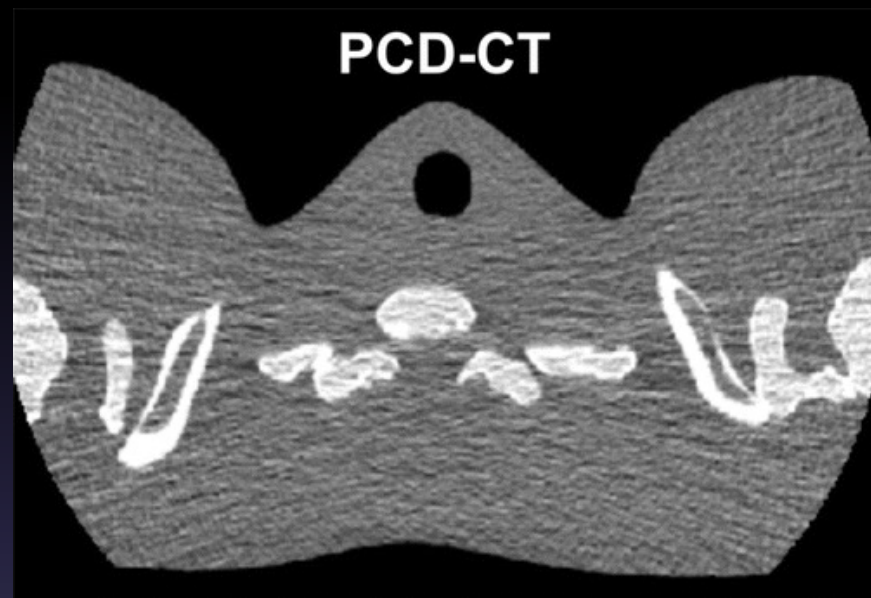
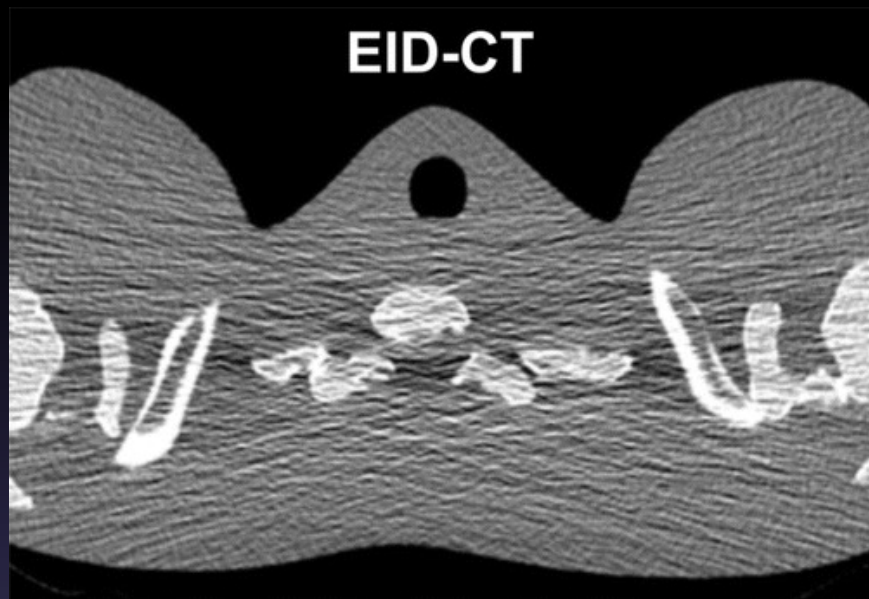


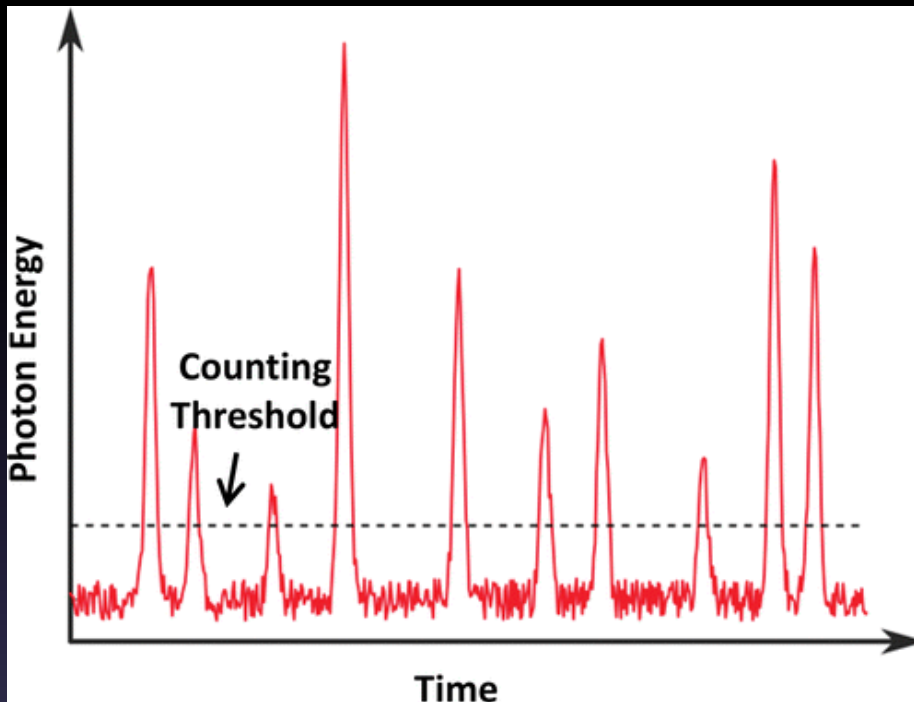
## Reduced Electronic Noise

Il rumore nelle immagini TC ha origine da due fonti principali: il rumore quantico e il rumore elettronico. Il rumore quantico è dovuto alla natura casuale delle interazioni dei fotoni a raggi X ed è determinato dal numero di fotoni rilevati. D'altra parte, il rumore elettronico deriva principalmente dai circuiti elettronici analogici nel sistema di rilevazione a raggi X ed è indipendente dal numero di fotoni rilevati.

La relativa influenza di queste due fonti di rumore è determinata dal flusso di fotoni incidenti. In situazioni di alto flusso di fotoni incidenti, il rumore quantico prevale nella quantità totale di rumore, mentre l'effetto del rumore elettronico è trascurabile. Tuttavia, quando il numero di fotoni rilevati è ridotto, la magnitudine del rumore elettronico può essere paragonabile o addirittura superiore a quella del rumore quantico. Nei moderni sistemi TC con rilevatori EID, il rumore elettronico di solito è trascurabile quando si utilizzano protocolli con dosi di radiazione clinicamente accettabili per pazienti di taglia media. Tuttavia, in caso di scansioni a bassa dose o in pazienti obesi, il rumore elettronico può deteriorare la qualità dell'immagine, specialmente lungo percorsi ad elevata attenuazione, come attraverso le spalle.

## Reduced Electronic Noise



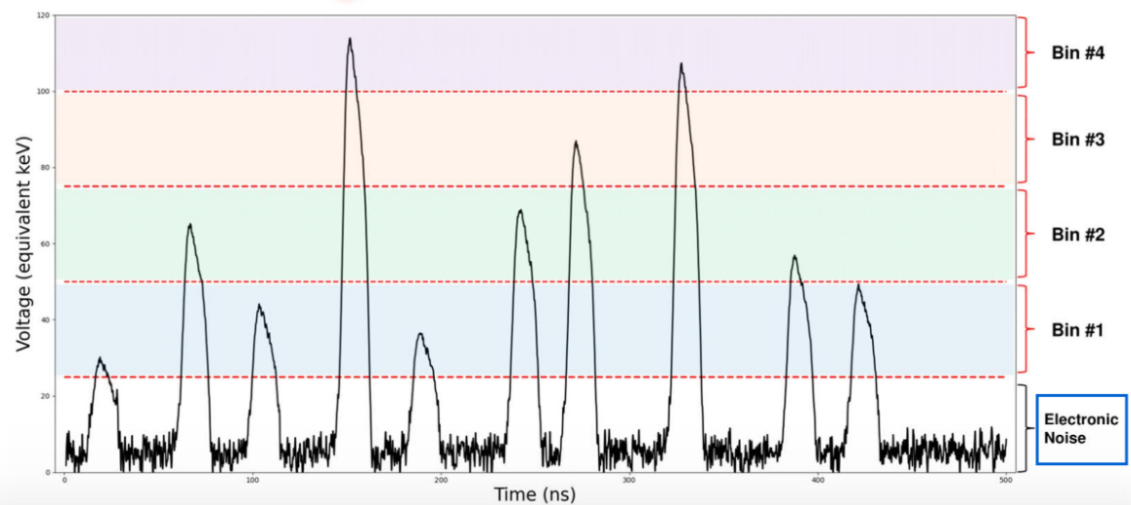


Poiché il rumore elettronico di solito è rilevato come un segnale a bassa ampiezza, viene interpretato da un PCD come un fotone con energia situata nella parte inferiore dello spettro tipico dei raggi X. Pertanto, impostando la soglia di energia bassa in modo che sia leggermente superiore al livello di energia associato all'ampiezza del segnale di rumore elettronico (ad esempio, 25 keV), il rumore elettronico può essere facilmente escluso dai dati di conteggio misurati. Poiché un segnale con un livello di energia inferiore a questa soglia è molto improbabile che sia causato da un fotone primario trasmesso attraverso l'oggetto di interesse dell'immagine, di solito non contiene informazioni significative vitali per qualsiasi compito clinico



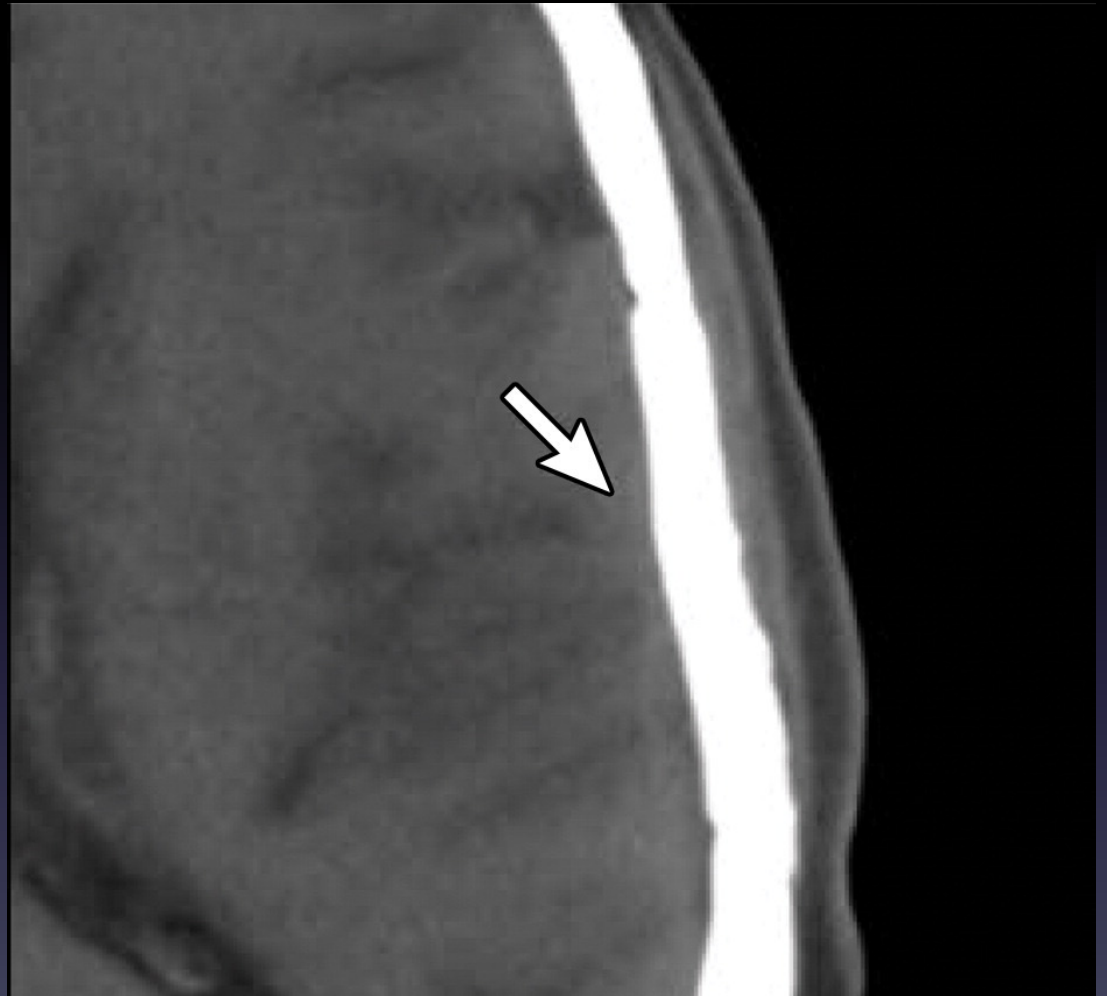
## Eliminazione del rumore elettronico

PCD-CT processa il segnale dei singoli fotoni, senza integrare la loro energia. In questo modo, è possibile eliminare il rumore elettronico, proveniente da fotoni ad energia troppo bassa (in genere  $< 25$  keV)



# Reduction of Beam-hardening and Metal Artifacts

- A mano a mano che i fotoni attraversano l'oggetto sottoposto a scansione, i fotoni a bassa energia vengono preferenzialmente attenuati rispetto a quelli ad alta energia. Poiché nelle TC si utilizzano fasci polienergetici, ciò fa sì che l'energia effettiva dei fotoni venga spostata verso la parte superiore dello spettro (un fenomeno noto come indurimento del fascio). Ciò introduce artefatti, che di solito si manifestano come aree scure adiacenti a oggetti ad alta attenuazione come l'osso corticale e gli impianti metallici, influenzando l'aspetto dell'immagine e l'accuratezza dei numeri TC per i tessuti molli circostanti.

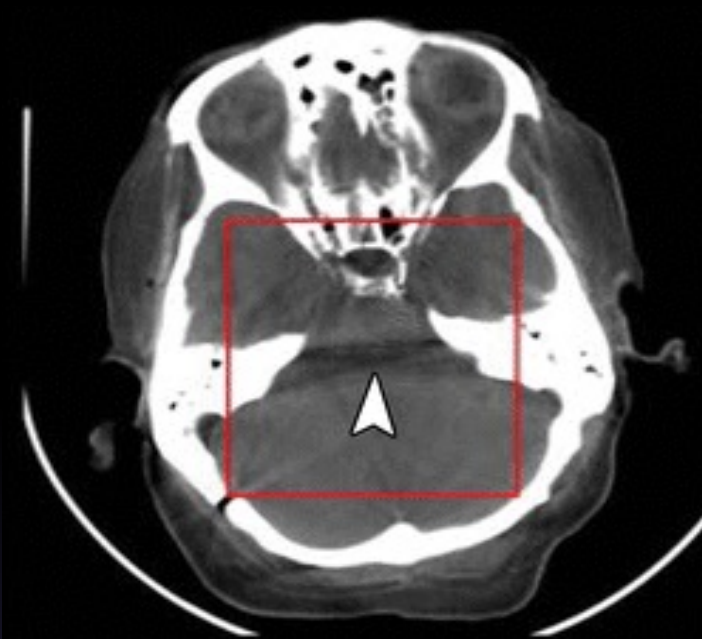




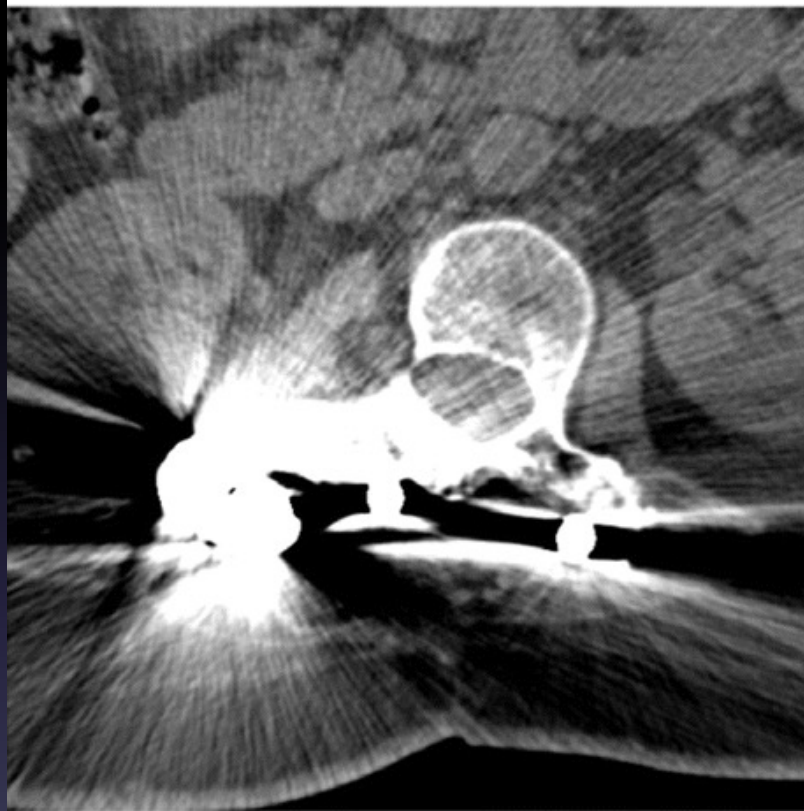
# Reduction of Beam-hardening and Metal Artifacts

- In quanto ciascun singolo fotone è suddiviso in base al suo livello di energia nella TC PCD, è possibile generare un'immagine a intervalli di energia utilizzando solo i fotoni ad alta energia. Rispetto all'immagine TC convenzionale ottenuta con rilevatori EID o all'immagine con soglia di energia bassa in una scansione PCD, l'immagine a intervalli di energia elevata mostra una maggiore resistenza agli effetti di indurimento del fascio nelle aree circostanti le ossa dense, come nell'area attorno alla fossa posteriore. Inoltre, l'immagine a intervalli di energia elevata mostra una riduzione del fenomeno di "blooming" del calcio, fenomeno solitamente osservato nell'area di interfaccia tra la calotta cranica e il cervello.





**EID-CT**



**PCD-CT**



# High-Spatial-Resolution CT

- I rilevatori EID convenzionali, utilizzati in tomografia computerizzata, sono progettati con una struttura che include una sorta di barriera riflettente chiamata "setto" tra i pixel del rilevatore. Questo setto serve a impedire che il segnale, che in questo caso è la luce visibile prodotta dai rilevatori scintillanti, fuoriesca da un pixel e si diffonda nei pixel adiacenti. Tuttavia, quando si progettano pixel del rilevatore più piccoli, la dimensione del setto in rapporto al materiale scintillante diventa relativamente più grande, e questo comporta un calo del "fattore di riempimento". Il fattore di riempimento rappresenta la percentuale dell'area del pixel del rilevatore che è effettivamente utilizzata per raccogliere il segnale

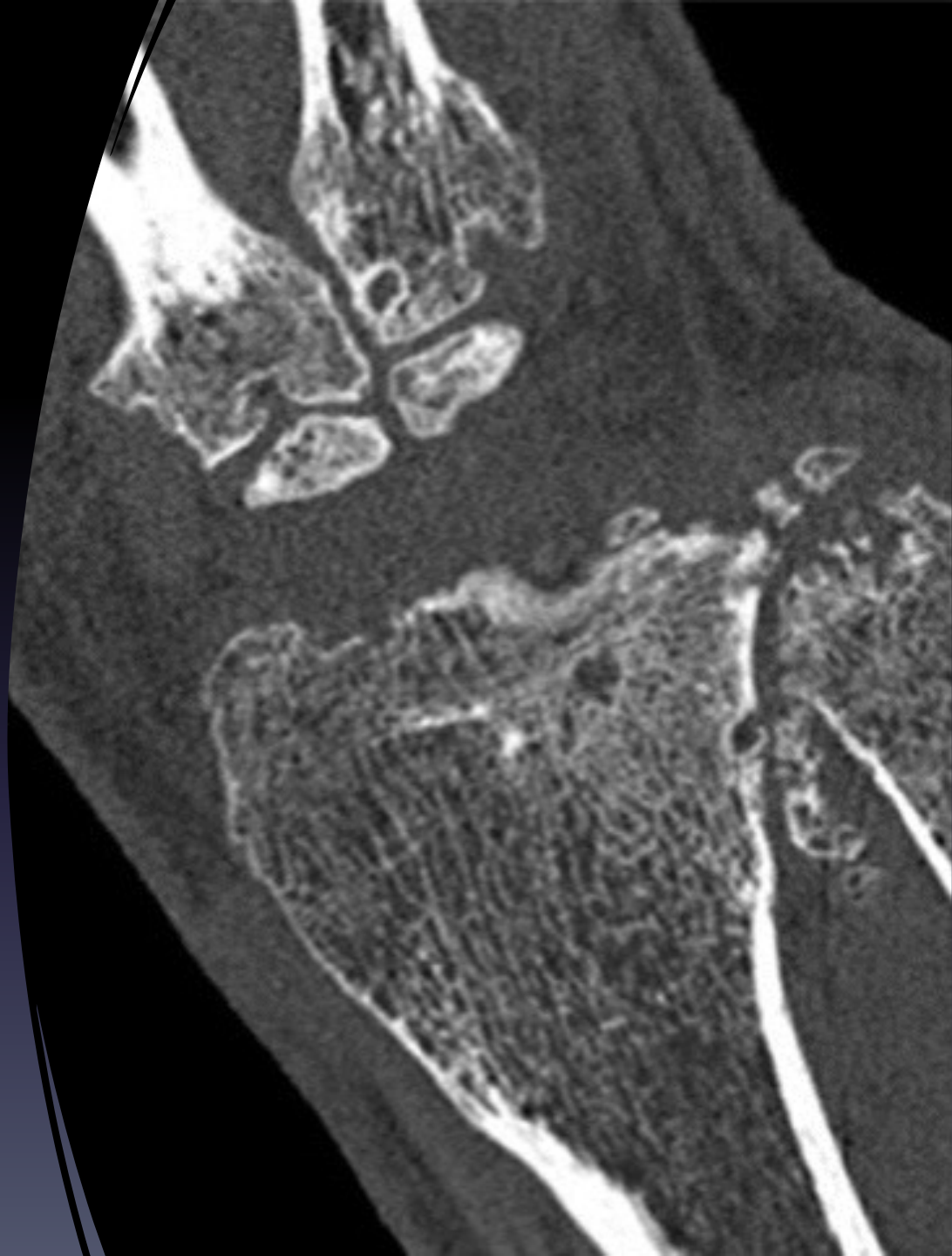
# High-Spatial-Resolution CT

- Un altro approccio per ottenere immagini ad alta risoluzione spaziale consiste nel posizionare un filtro attenuante appositamente progettato di fronte all'array del rivelatore. Questo filtro può assumere la forma di un "pettine" o di una "griglia". Il suo compito è ridurre l'apertura del pixel del rivelatore, diminuendo di conseguenza la dimensione effettiva del pixel del rivelatore.
- Tuttavia, c'è una controindicazione in questo approccio. Poiché il filtro ad alta risoluzione spaziale è posizionato direttamente davanti al rivelatore, i raggi X che vengono bloccati da questo filtro hanno già attraversato il paziente e contribuito alla dose complessiva di radiazione. Tuttavia, poiché questi raggi X bloccati dal filtro non vengono rilevati dal rivelatore, l'uso di questo filtro riduce l'efficienza della dose di radiazione complessiva. In altre parole, una parte della radiazione viene assorbita dal filtro e non contribuisce all'immagine, il che comporta una maggiore esposizione del paziente alla radiazione senza un corrispondente vantaggio in termini di qualità dell'immagine.

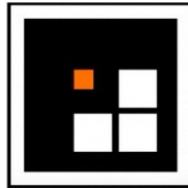
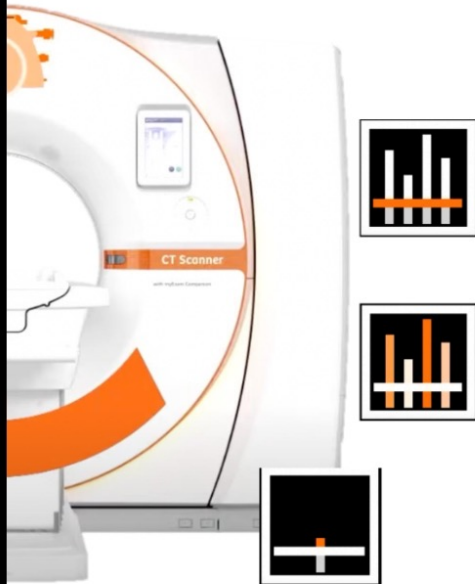


# High-Spatial-Resolution CT

- "I rilevatori PCD utilizzano una tecnologia di conversione diretta, che consente di progettare i pixel del rilevatore senza una separazione meccanica (setto), migliorando di conseguenza l'efficienza geometrica della dose. L'uso di pixel PCD più piccoli elimina la necessità di utilizzare filtri a pettine o a griglia ad alta risoluzione spaziale, consentendo così un'immagine ad alta risoluzione spaziale efficiente dal punto di vista della dose di radiazione.



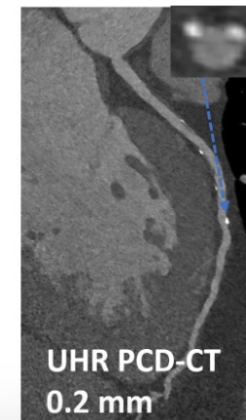
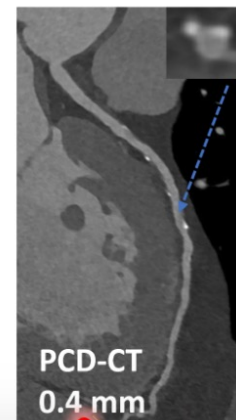
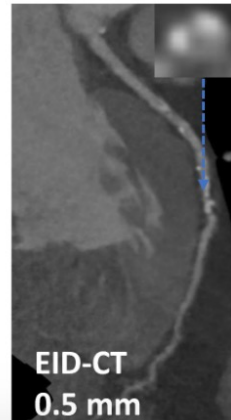




## Detector-pixel di dimensioni ridotte

L'assenza di setti o comb filters permette di ridurre le dimensioni dei pixel senza aumentare il dead space. Questo determina un **aumento della risoluzione spaziale**.

- Standard mode → 0.4 mm
- Ultra High-Resolution mode → 0.2 mm

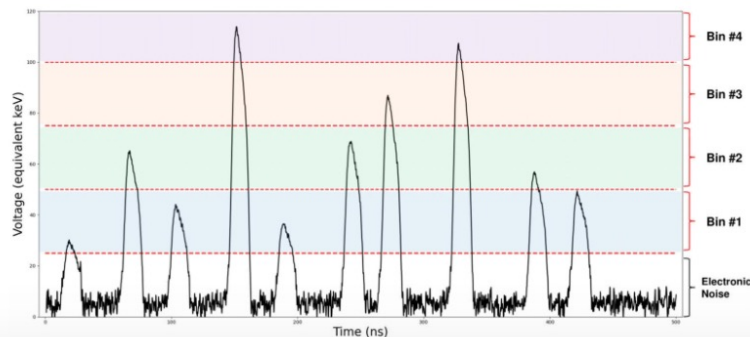




## Capacità spettrale intrinseca

La capacità di discriminare i diversi livelli energetici dei singoli fotoni permette di avere ad ogni acquisizione, senza aumento di dose né perdita della risoluzione temporale, informazioni spettrali (**material decomposition**).

L'utilizzo di più **energy bin** permette di caratterizzare la composizione dei voxel e distinguere tra diversi materiale (p.e. calcio vs iodio)



# Ruolo dell'imaging nella valutazione ossea

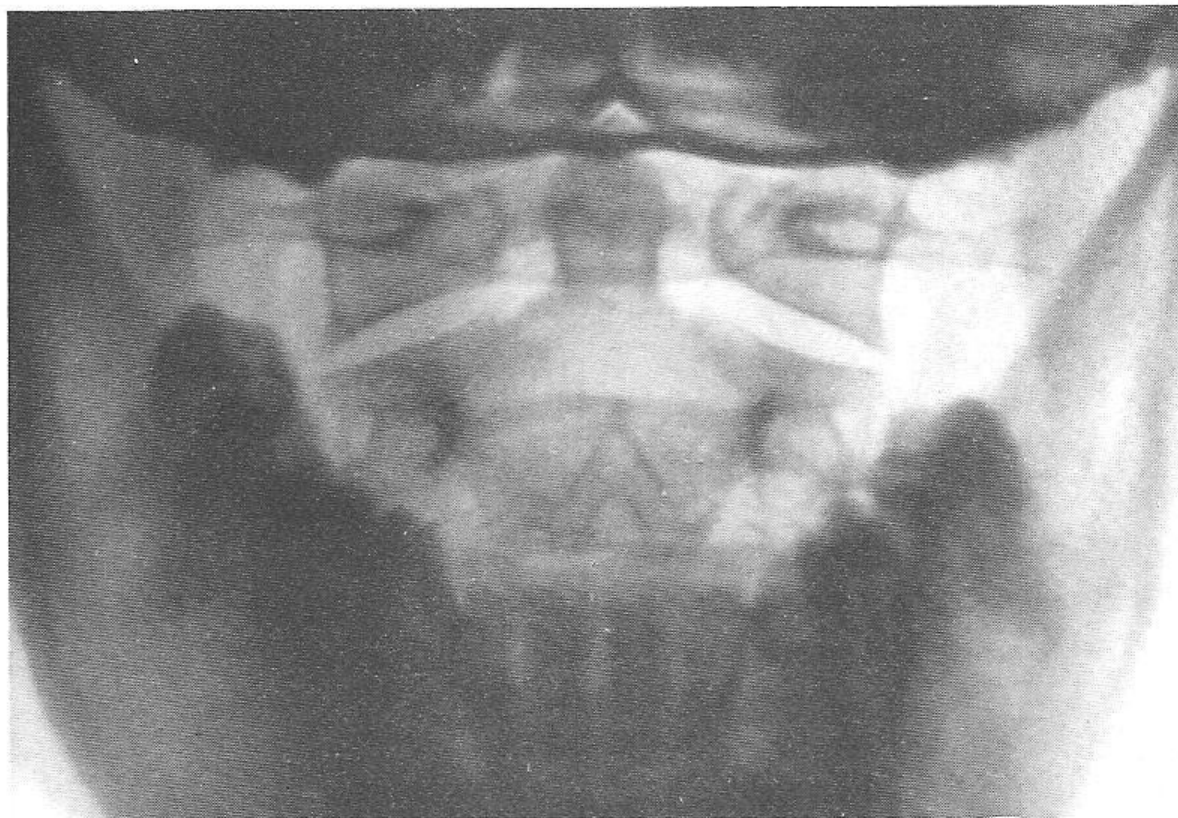
- Valutazione anatomica
- **Valutazione fratture**
- Valutazione tessuti molli peri-scheletrici
- Valutazione tumori ossee

# Lateral cervical spine

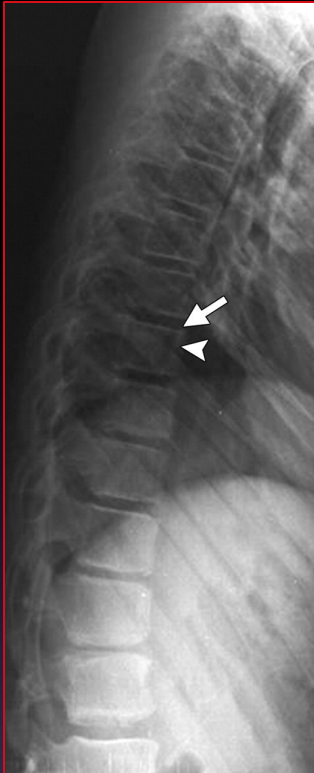
## traumi

- The anterior vertebral line, posterior vertebral line and spinolaminar line should have a smooth curve with no steps or discontinuities.
- A translation of  $> 3.5\text{mm}$  is significant anywhere.
- Spinal canal diameter (between posterior cortex of vertebral bodies and spinolaminar line) should be  $18\text{mm}$  or greater.
- Narrowing of the canal is definitely present if this is reduced to  $14\text{mm}$  or less.





Risultato radiografico.



generalized severe osteopenia, with increased radiolucency of vertebral bodies and radiodensity of the cortical rim.



wedge fracture (arrow) associated with severe osteopenia and causing a kyphotic deformity.

Osteoporosi :  
fratture da compressione





# Indice di Saville

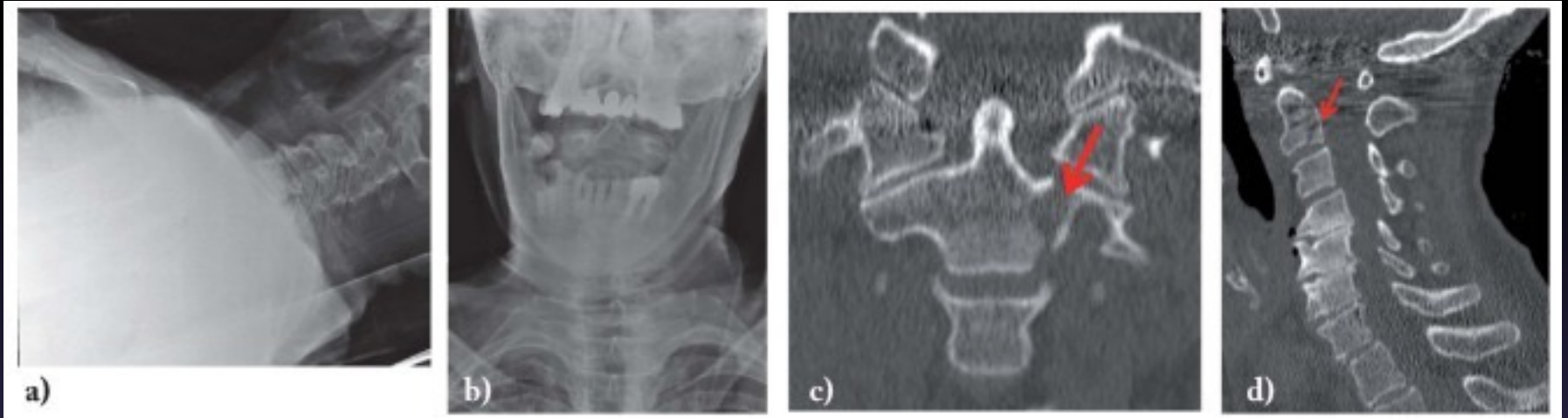


**GRADO 4**  
**DEFORMAZIONE A “LENTE BICONCAVA”**  
**DEI CORPI VERTEBRALI**

# Cervical fractures

- a non-displaced fracture of the transverse process of C1 with extension to a lateral mass;
- type III odontoid fracture of the axis;
- isolated non-displaced fracture of the transverse process and lamina of C7;
- fracture of the lamina of C6;
- isolated fracture of the anterior process of C1.

# Cervical fractures



[Acta Biomed.](#), 2018; 89(Suppl 1): 111–123.

doi: [10.23750/abm.v89i1-S.7015](https://doi.org/10.23750/abm.v89i1-S.7015)

PMCID: PMC6179080

PMID: [29350641](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29350641/)

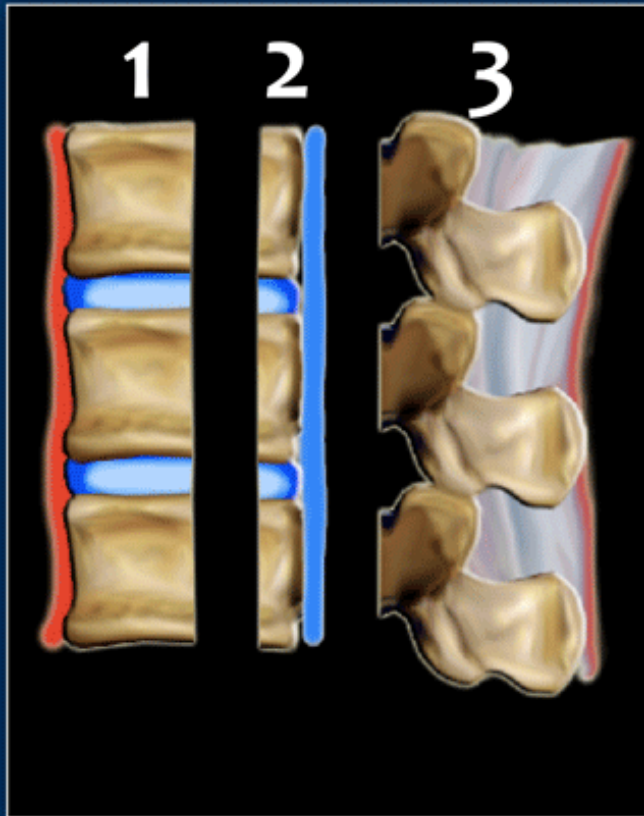
Traumatic fractures in adults: missed diagnosis on plain radiographs in the Emergency Department

[Antonio Pinto](#),<sup>1</sup> [Daniela Berritto](#),<sup>2</sup> [Anna Russo](#),<sup>3</sup> [Federica Riccitiello](#),<sup>4</sup> [Martina Caruso](#),<sup>4</sup> [Maria Paola Belfiore](#),<sup>3</sup> [Vito Roberto Papapietro](#),<sup>5</sup> [Marina Carotti](#),<sup>6</sup> [Fabio Pinto](#),<sup>7</sup> [Andrea Giovagnoni](#),<sup>8</sup> [Luigia Romano](#),<sup>1</sup> and [Roberto Grassi](#)<sup>3</sup>

# Thoraco-lumbar fractures

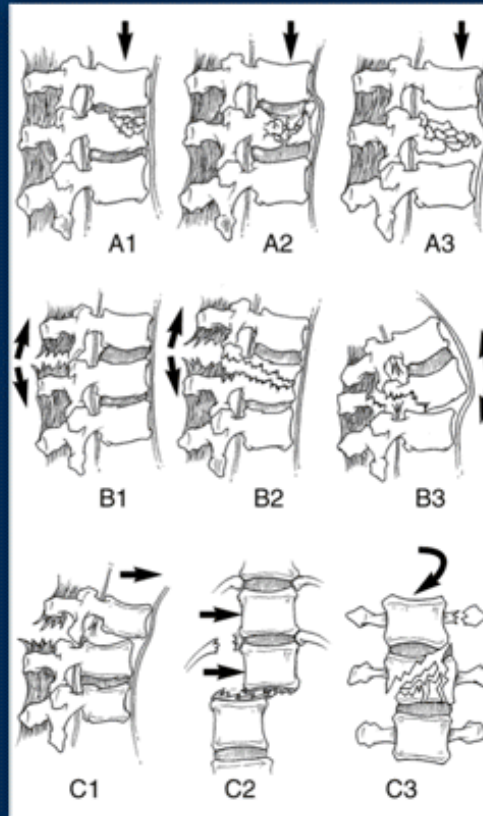
## Denis

3-column classification



## AO

classification



## TLICS

classification



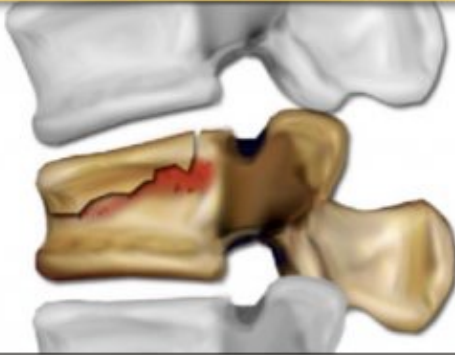
## Thoraco-lumbar fractures

### TLICS 3 independent predictors

1	<b>Morphology</b> immediate stability	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compression</li> <li>- Burst</li> <li>- Translation/rotation</li> <li>- Distraction</li> </ul>	1 2 3 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radiographs</li> <li>- CT</li> </ul>
2	<b>Integrity of PLC</b> longterm stability	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intact</li> <li>- Suspected</li> <li>- Injured</li> </ul>	0 2 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MRI</li> </ul>
3	<b>Neurological status</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intact</li> <li>- Nerve root</li> <li>- Complete cord</li> <li>- Incomplete cord</li> <li>- Cauda equina</li> </ul>	0 2 2 3 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Physical examination</li> </ul>
<b>Predicts</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Need for surgery</li> </ul>	0 – 3 4  > 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nonsurgical</li> <li>- surgeon's choice</li> <li>- surgical</li> </ul>

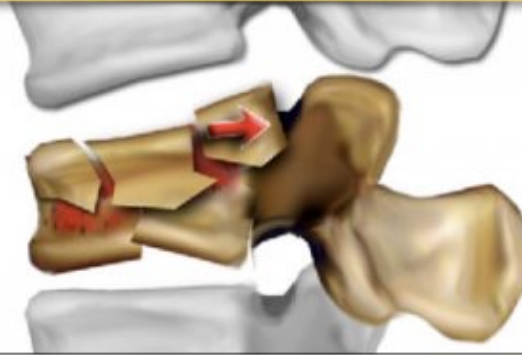
## Thoraco-lumbar fractures

### Compression 1 pnt



- Simple compression
- Wedge deformity

### Burst 2 pnts



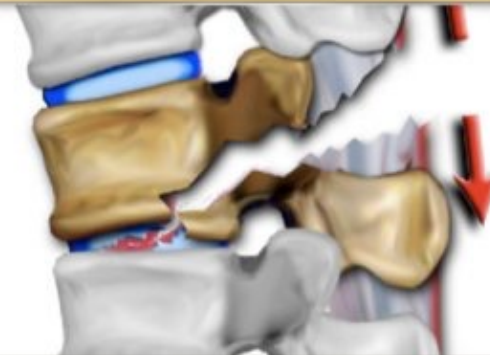
- Compression with retro-pulsion of superoposterior body fragment

### Translation/rotation 3 pnts



- Rotatory / shearing
- Anterior or lat displacement
- Facet joint displacement

### Distraction 4 pnts



- Horizontal fracture of posterior elements
- Separation of posterior elements



## Thoraco-lumbar fractures





## Thoraco-lumbar fractures



## Thoraco-lumbar fractures

### TLICS 3 independent predictors

1	<b>Morphology</b> immediate stability	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compression</li> <li>- Burst</li> <li>- Translation/rotation</li> <li>- Distraction</li> </ul>	1 2 3 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radiographs</li> <li>- CT</li> </ul>
2	<b>Integrity of PLC</b> longterm stability	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intact</li> <li>- Suspected</li> <li>- Injured</li> </ul>	0 2 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MRI</li> </ul>
3	<b>Neurological status</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intact</li> <li>- Nerve root</li> <li>- Complete cord</li> <li>- Incomplete cord</li> <li>- Cauda equina</li> </ul>	0 2 2 3 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Physical examination</li> </ul>
<b>Predicts</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Need for surgery</li> </ul>	0 – 3 4  > 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nonsurgical</li> <li>- surgeon's choice</li> <li>- surgical</li> </ul>

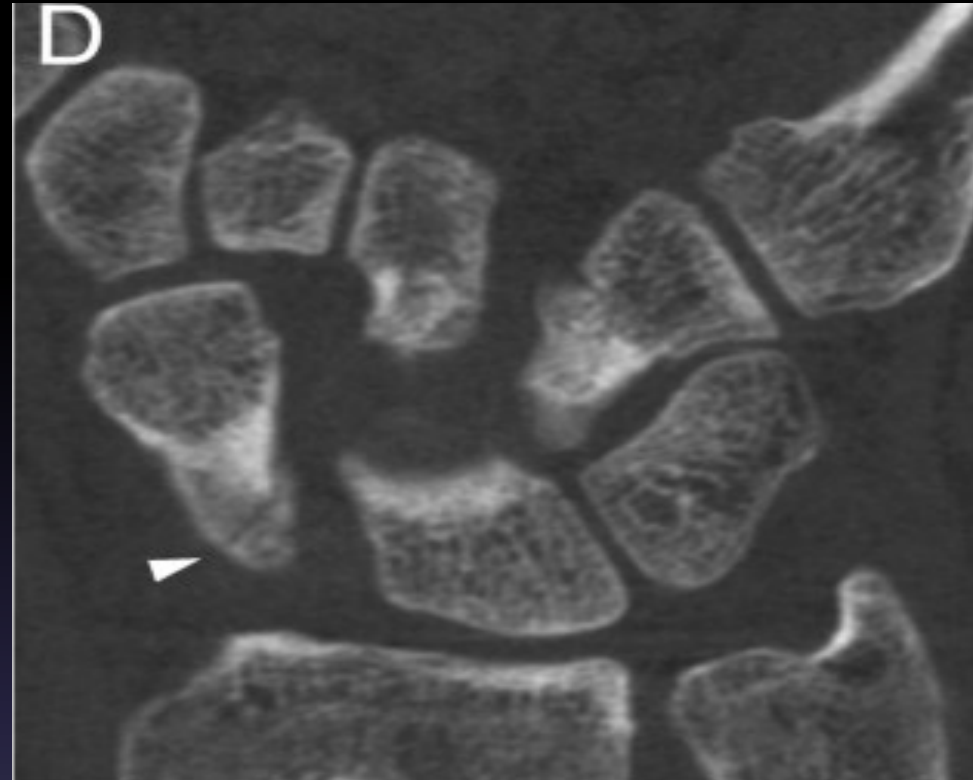
## Thoraco-lumbar fractures



## Thoraco-lumbar fractures



## Upper extremity fractures



## Upper extremity fractures



L'osso scafoide è l'osso del carpo più frequentemente lesionato, rappresentando il 50-80% delle lesioni del carpo. Questo tipo di lesione colpisce principalmente individui giovani e in buona salute. Le fratture dello scafoide presentano notevoli sfide nella diagnosi clinica perché possono occorrere fino a 6 settimane prima che queste fratture diventino chiaramente visibili nelle normali RX. Si stima che fino al 40% delle fratture dello scafoide vengano inizialmente trascurate durante la prima valutazione.



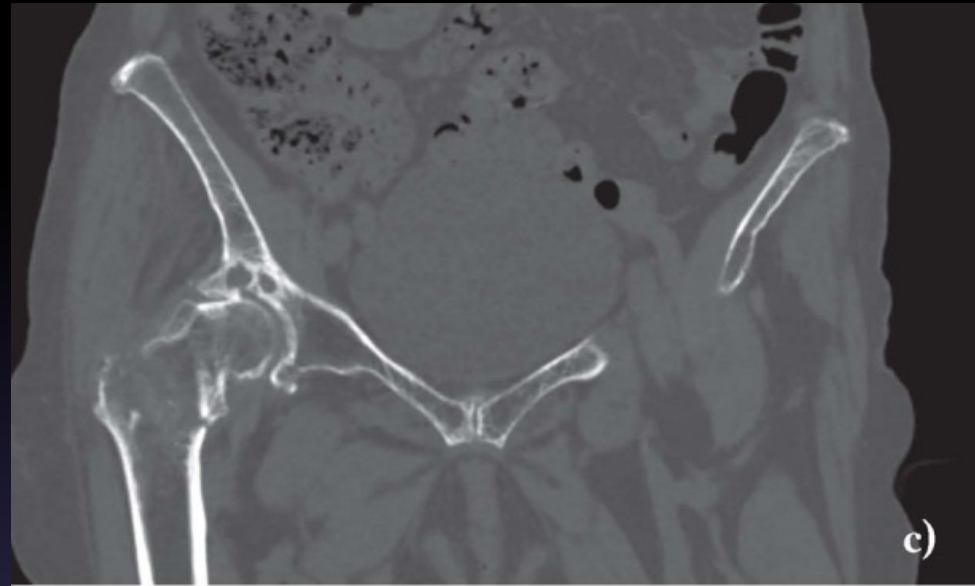
## Upper extremity fractures



La TC del polso mostra una frattura non consolidata. Si osserva una sottile sclerosi del polo prossimale dello scafoide rispetto al polo distale, suggerendo un'iniziale necrosi avascolare come complicanza della frattura. La necrosi avascolare è un'indicazione per il trattamento chirurgico della frattura al fine di prevenire futuri problemi di funzionalità



# Pelvic ring and lower extremity fractures



*Acta Biomed.*, 2018; 89(Suppl 1): 111–123.

doi: [10.23750/abm.v89i1-S.7015](https://doi.org/10.23750/abm.v89i1-S.7015)

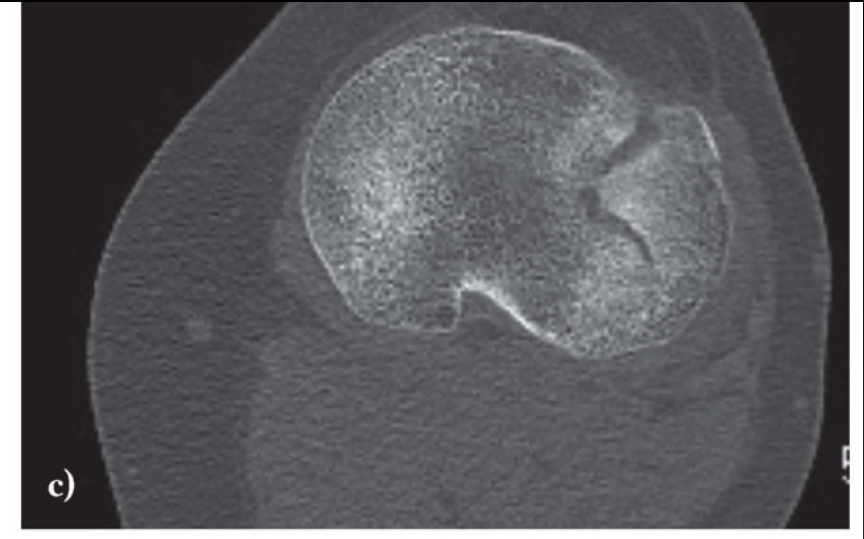
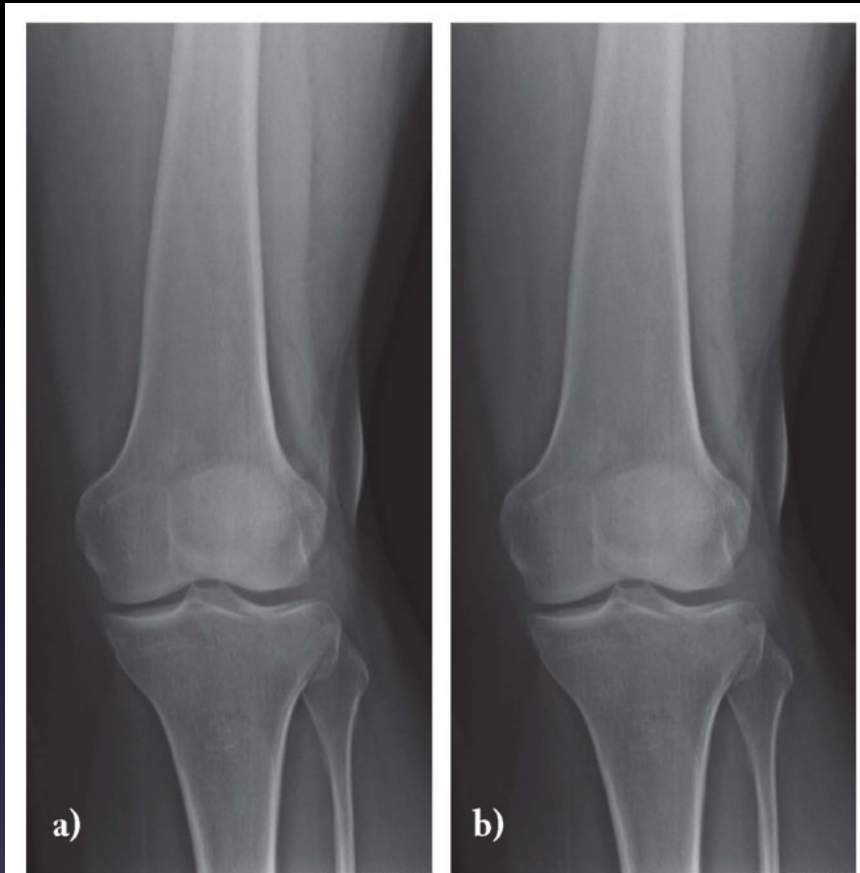
PMCID: PMC6179080

PMID: [29350641](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29350641/)

Traumatic fractures in adults: missed diagnosis on plain radiographs in the Emergency Department

[Antonio Pinto](#),<sup>1</sup> [Daniela Berritto](#),<sup>2</sup> [Anna Russo](#),<sup>3</sup> [Federica Riccitiello](#),<sup>4</sup> [Martina Caruso](#),<sup>4</sup> [Maria Paola Belfiore](#),<sup>3</sup> [Vito Roberto Papapietro](#),<sup>5</sup> [Marina Carotti](#),<sup>6</sup> [Fabio Pinto](#),<sup>7</sup> [Andrea Giovagnoni](#),<sup>8</sup> [Luigia Romano](#),<sup>1</sup> and [Roberto Grassi](#)<sup>3</sup>

# Pelvic ring and lower extremity fractures



*Acta Biomed.* 2018; 89(Suppl 1): 111–123.

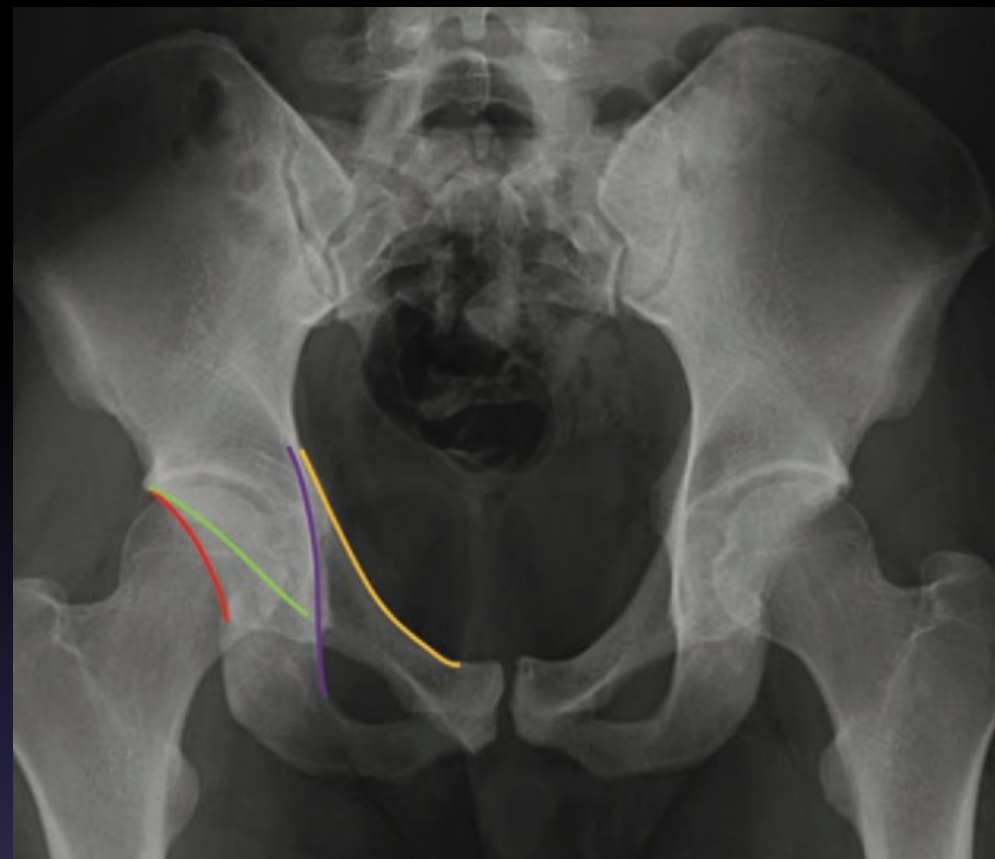
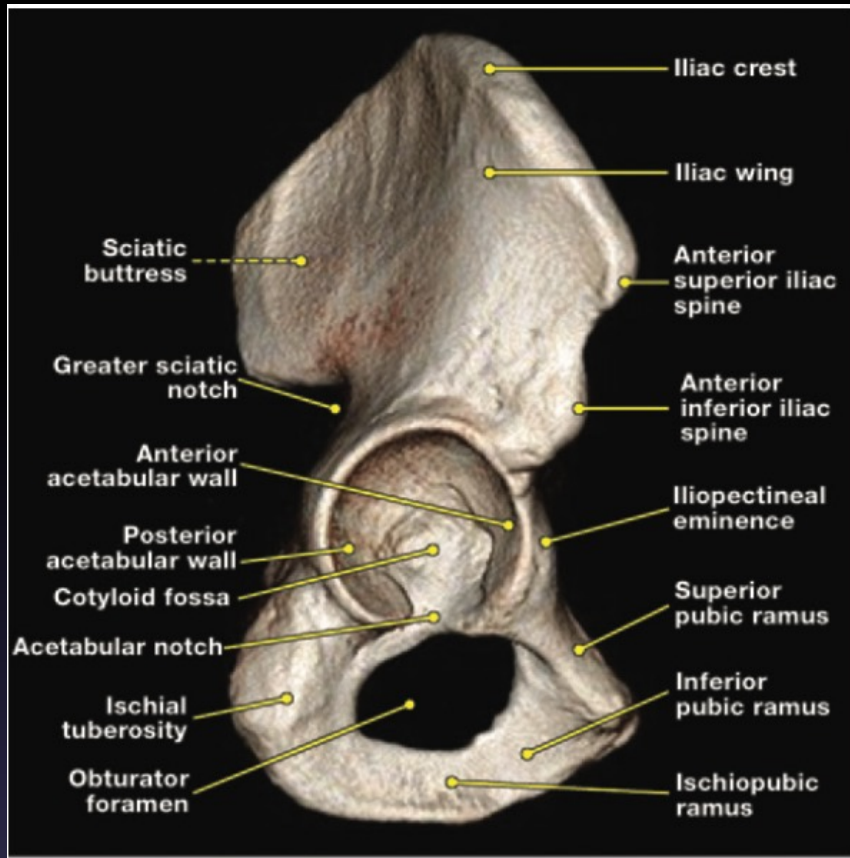
doi: [10.23750/abm.v89i1-S.7015](https://doi.org/10.23750/abm.v89i1-S.7015)

PMCID: PMC6179080

PMID: [29350641](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29350641/)

Traumatic fractures in adults: missed diagnosis on plain radiographs in the Emergency Department

[Antonio Pinto](#),<sup>1</sup> [Daniela Berritto](#),<sup>2</sup> [Anna Russo](#),<sup>3</sup> [Federica Riccitiello](#),<sup>4</sup> [Martina Caruso](#),<sup>4</sup> [Maria Paola Belfiore](#),<sup>3</sup> [Vito Roberto Papapietro](#),<sup>5</sup> [Marina Carotti](#),<sup>6</sup> [Fabio Pinto](#),<sup>7</sup> [Andrea Giovagnoni](#),<sup>8</sup> [Luigia Romano](#),<sup>1</sup> and [Roberto Grassi](#)<sup>3</sup>



Frontal radiograph of the pelvis shows the iliopectineal line (yellow line), ilioischial line (purple line), anterior acetabular wall (green line), and posterior acetabular wall (red line).



## Elementary Acetabular Fractures



Anterior Wall



Posterior Wall



Anterior Column



Posterior Column



Transverse

## Associated Acetabular Fractures



T-shaped



Transverse with  
Posterior Wall



Posterior Column  
with Posterior Wall

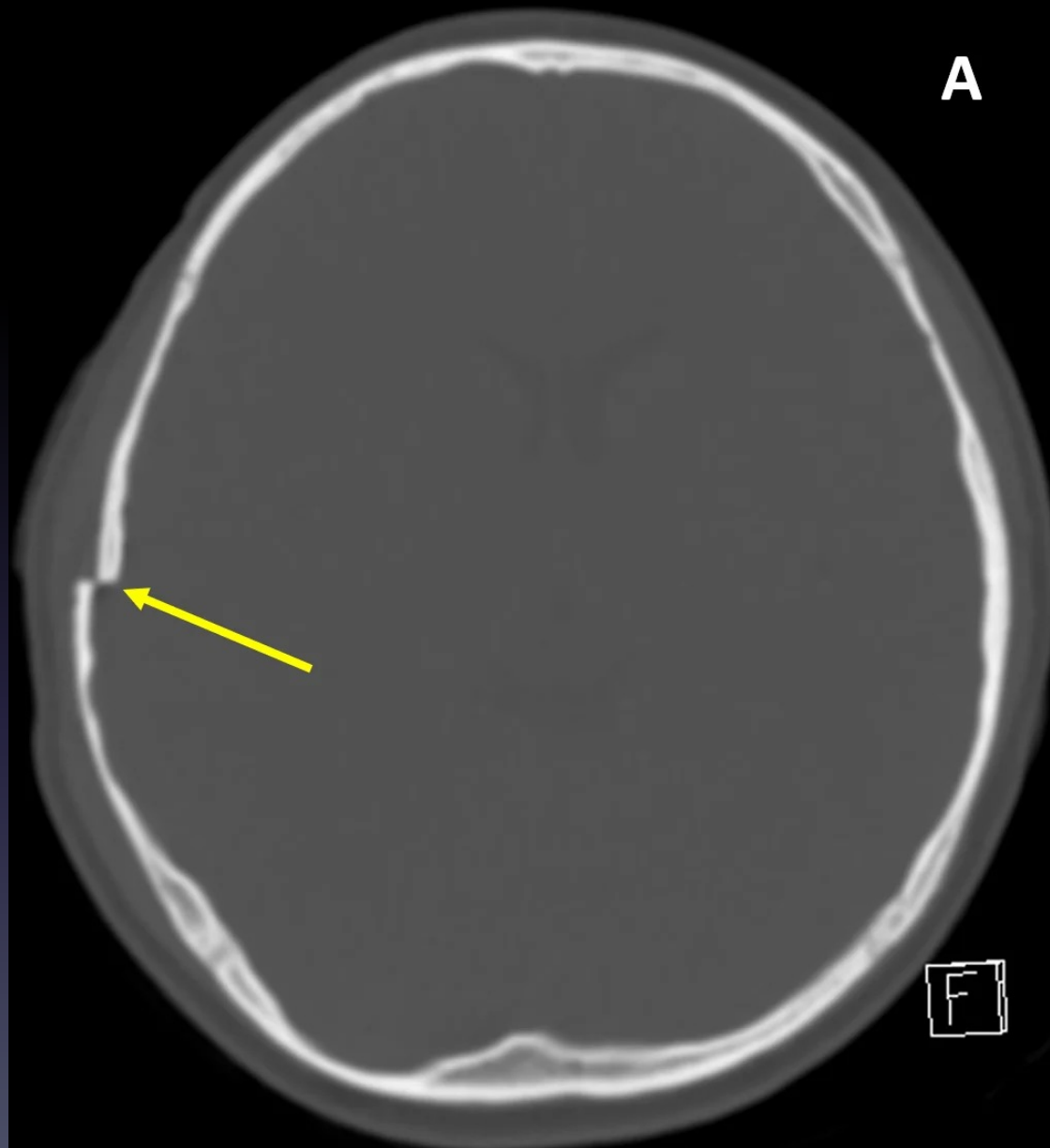


Both-Column

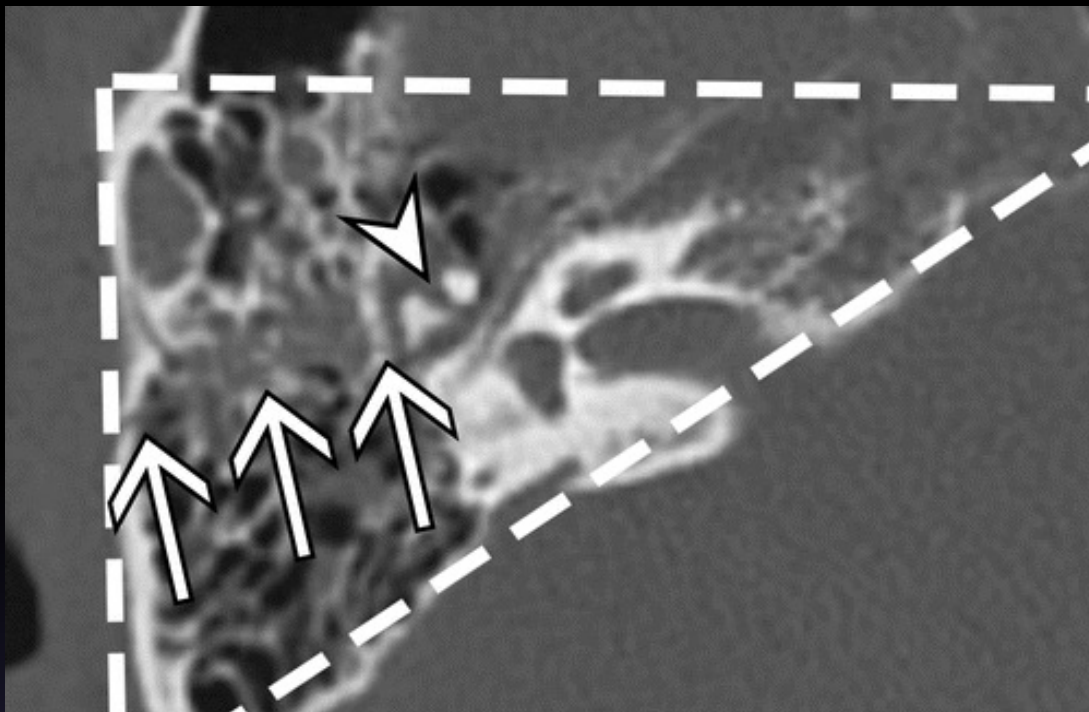


Anterior Column/Wall  
with Posterior  
Hemitransverse









# LE FORT CLASSIFICATION



**LE FORT I**



**LE FORT II**



**LE FORT III**

## LE FORT I



Le fratture del mascellare immediatamente sopra l'arcata dentale superiore

La frattura si estende dal setto nasale ai bordi laterali dell'apertura piriforme, si dirige orizzontalmente al di sopra degli apici dentari, incrocia sotto la sutura zigomatico-mascellare e attraversa la sutura sfeno-mascellare fino ad interrompere i processi pterigoidei dello sfenoide.

## LE FORT II



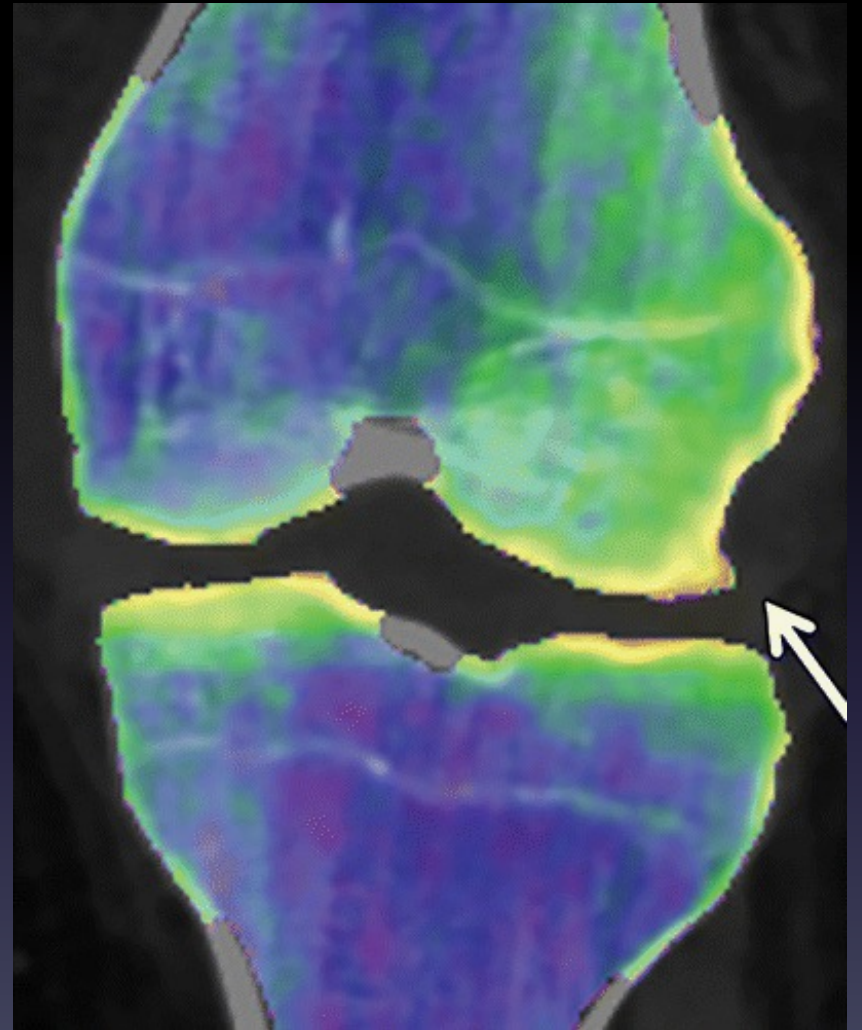
L'arco di frattura passa attraverso la cresta alveolare posteriore, le pareti laterali dei seni mascellari, la cresta orbitale inferiore e le ossa nasali

## LE FORT III



La linea di frattura trasversale passa attraverso la sutura naso-frontale, la sutura maxillo-frontale, la parete orbitale e l'arco zigomatico/la sutura zigomatico-frontale







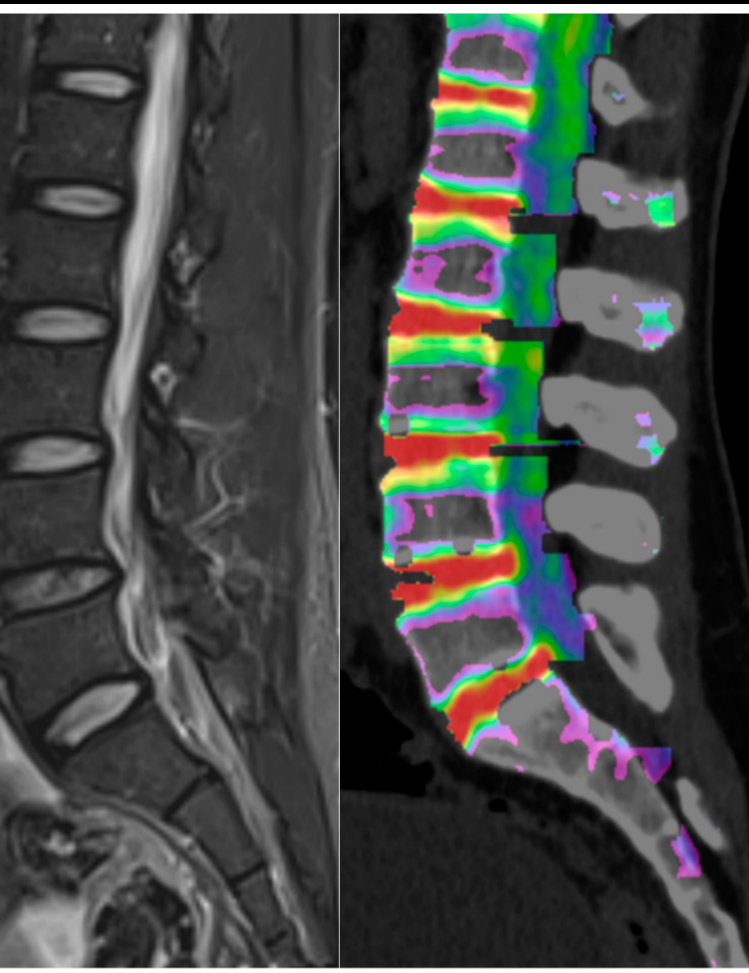
Dual energy CT



Caratterizzazione tissutale



Edema midollare



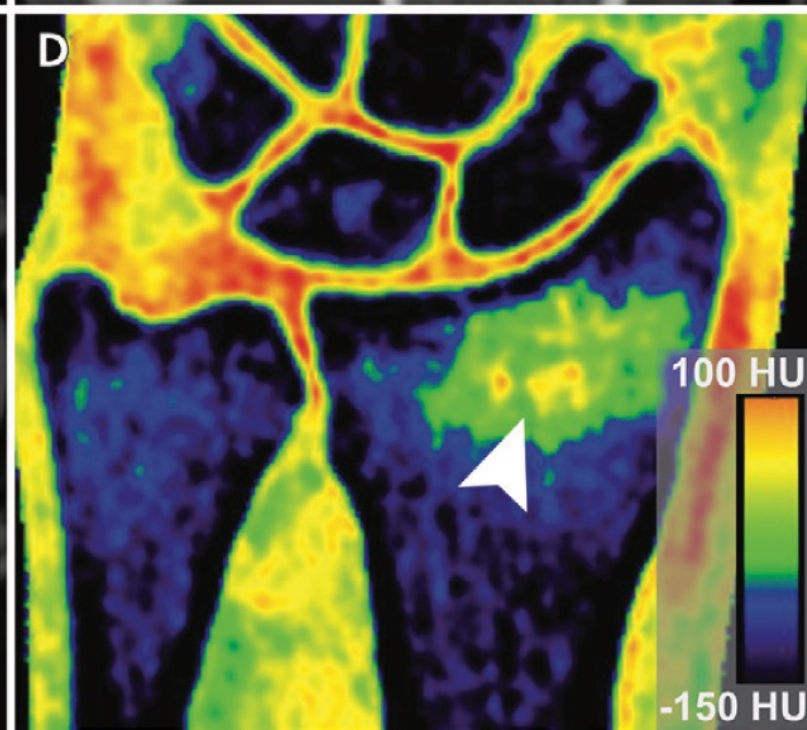
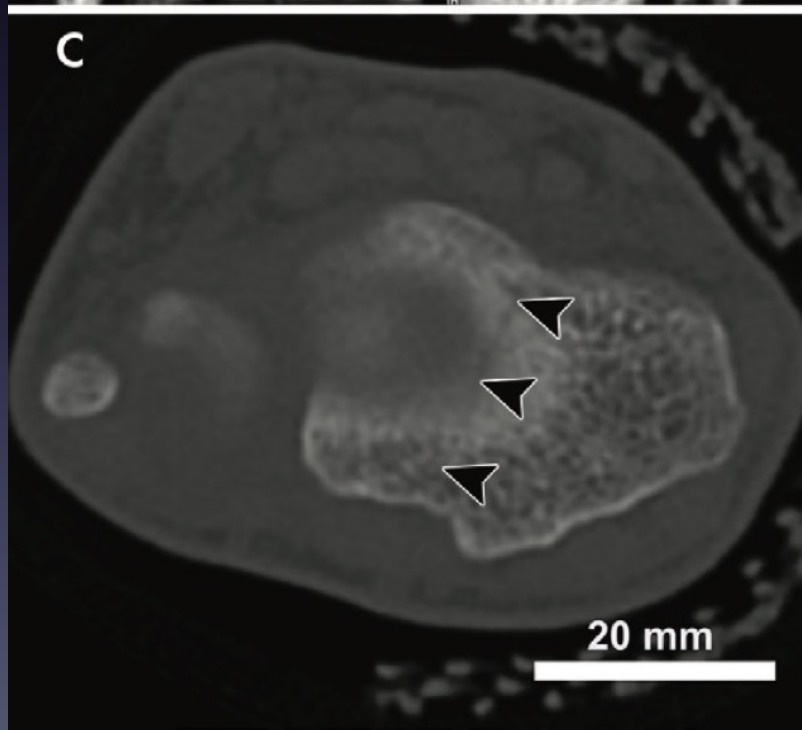
Le fratture senza una distinta interruzione corticale sono da tempo una sfida nell'ambito dell'imaging. La radiografia convenzionale è la modalità di imaging primaria per la rappresentazione di lesioni traumatiche acute dello scheletro appendicolare e del bacino, mentre la TC è ampiamente utilizzata per la caratterizzazione tridimensionale di lesioni traumatiche in tutto lo scheletro assiale e appendicolare. Le fratture occulte non sono facilmente evidenti alla radiografia a causa della mancanza di interruzione corticale o di uno spostamento trabecolare

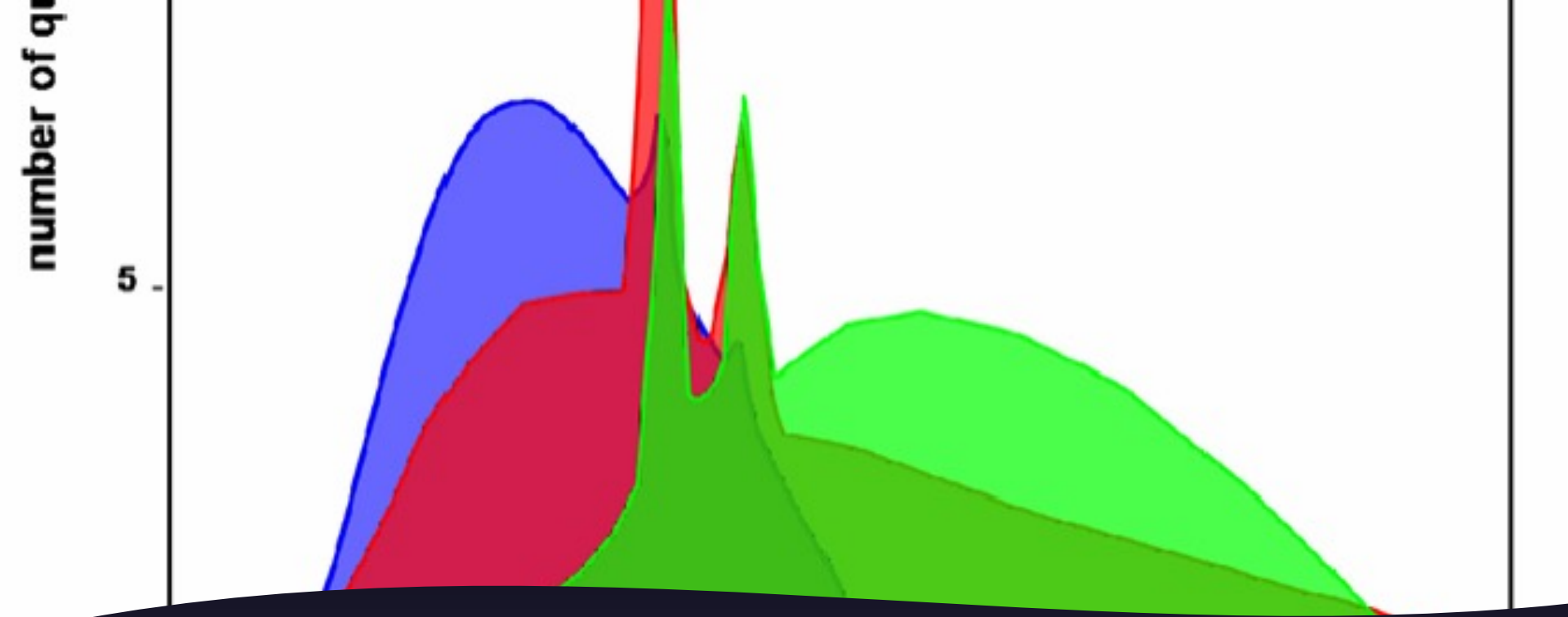


La risonanza magnetica (RM) è considerata lo standard per la rappresentazione di tali fratture, poiché è sensibile all'edema midollare osseo associato. Nonostante la sua eccellente performance diagnostica, ci sono diverse barriere per eseguire la RM in situazioni di emergenza, a causa dei costi, delle limitazioni nell'accesso, della necessità di condurre screening approfonditi dei pazienti, dell'esame relativamente lungo e dell'incompatibilità con alcuni pacemaker e altri impianti. Protocolli di imaging personalizzati possono essere utilizzati in determinate circostanze, come la riduzione dei tempi di valutazione delle fratture dell'anca occulte, ma eseguire la RM può rimanere logisticamente complesso nel reparto di emergenza

I meccanismi proposti per l'edema midollare osseo includono

- microfratture trabecolari che causano la rottura dei capillari, con conseguente perdita di sangue e accumulo di fluido e prodotti ematici nello spazio midollare
- Un aumento della pressione intramidollare o intravascolare dovuto a stasi venosa causata da un'affluenza venosa disturbata, come da lesioni venose.
- Un aumento della vascolarizzazione con dilatazione dei vasi sanguigni porta ad un aumento del fluido interstiziale negli spazi intertrabecolari e sinusoidali, causando l'edema midollare osseo.

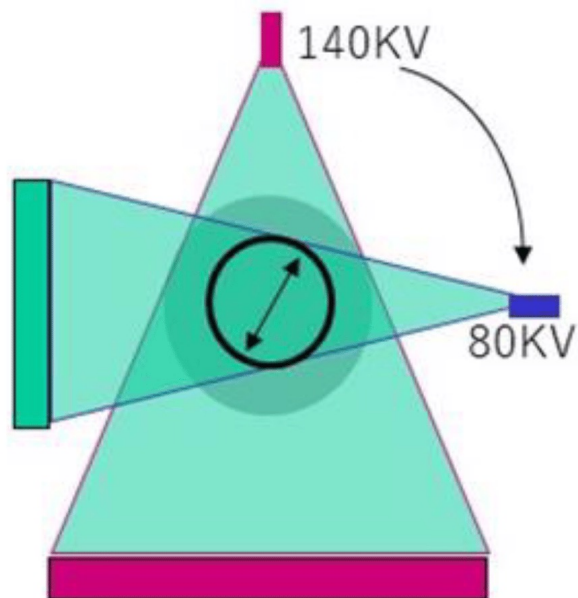




- La TC dual-energy può aiutare a differenziare i materiali in base alle loro diverse caratteristiche di assorbimento dei raggi X evidenziando i diversi comportamenti dei materiali con diversi numeri atomici. La TC dual-energy acquisisce dati con due spettri di energia dei raggi X diversi e aiuta a differenziare i materiali in base ai loro comportamenti di assorbimento dei raggi X dipendenti dall'energia

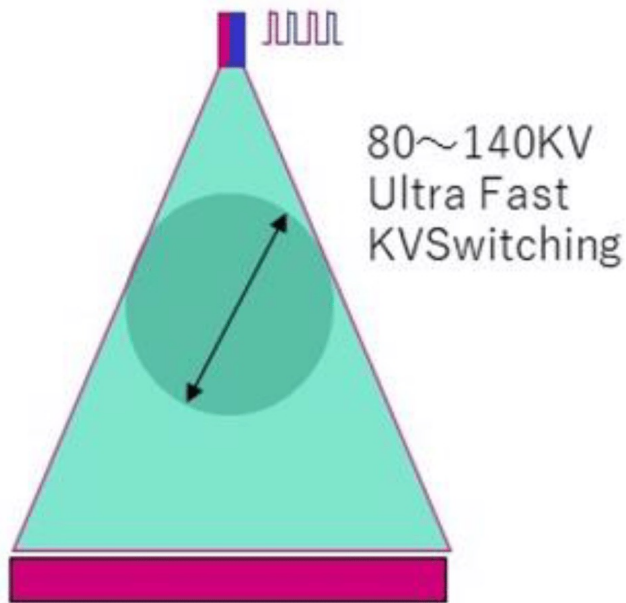


a

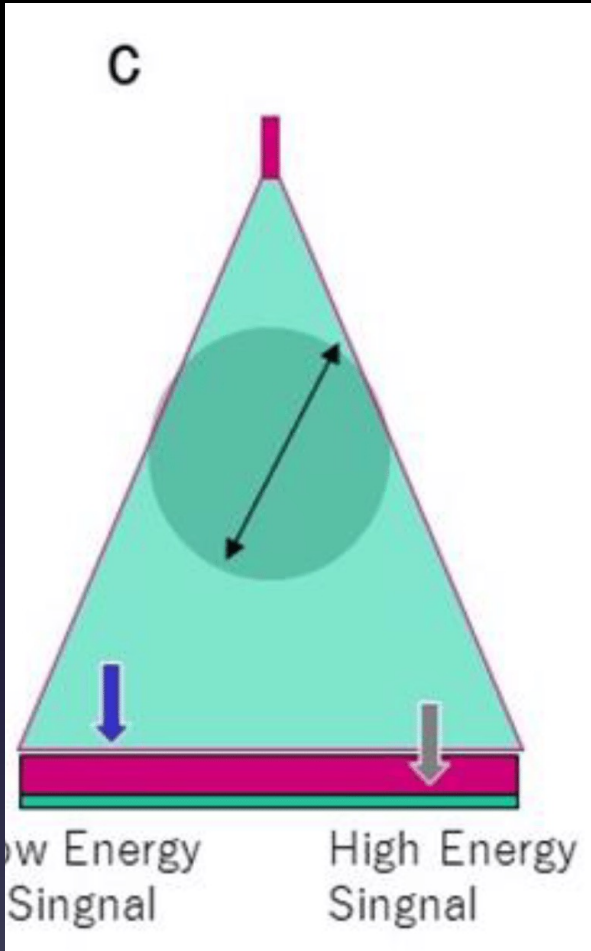


TC a doppia sorgente (DSCT), composte da due tubi a raggi X che generano due fasci a diverse tensioni installati a circa  $90^\circ$  l'uno dall'altro, vantano un'elevata risoluzione temporale

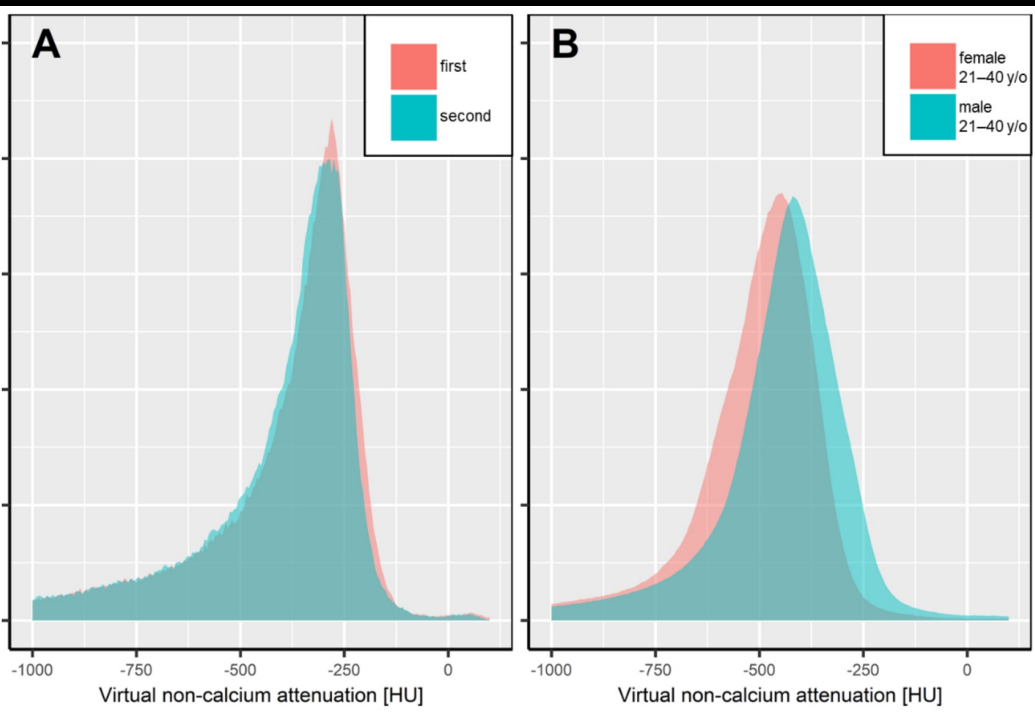
b



TC a singola sorgente con acquisizione sequenziale, che consistono in due scansioni acquisite consecutivamente a diverse potenzialità del tubo, seguite da una co-registrazione per l'elaborazione post-acquisizione, offrono il vantaggio di un campo visivo completo ma presentano lo svantaggio di una scarsa risoluzione temporale in quanto il paziente viene sottoposto a due scansioni, con un aumento della dose di radiazione.



TC con rilevatore a doppio strato coinvolgono uno strato superficiale e uno strato profondo all'interno della stessa piastra del rilevatore, che raccolgono contemporaneamente dati a bassa energia attraverso lo strato superficiale e dati ad alta energia attraverso lo strato profondo



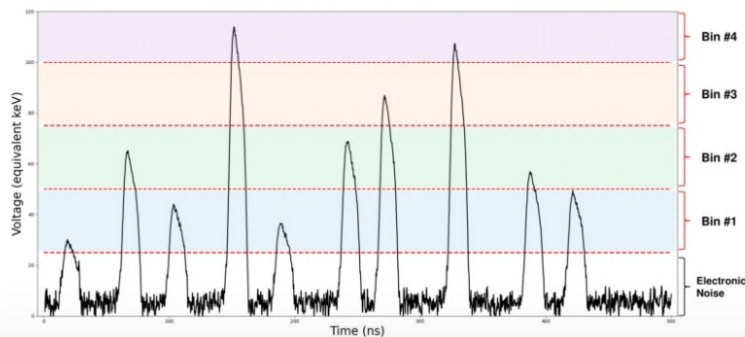
Grazie alla decomposizione a tre materiali, l'algoritmo Virtual Non Calcium (VNCa) stima la quantità di calcio nel dataset DECT e la sottrae dalle immagini per evidenziare le strutture anatomiche che possono essere coperte da minerali ossei o calcificazioni evidenti.

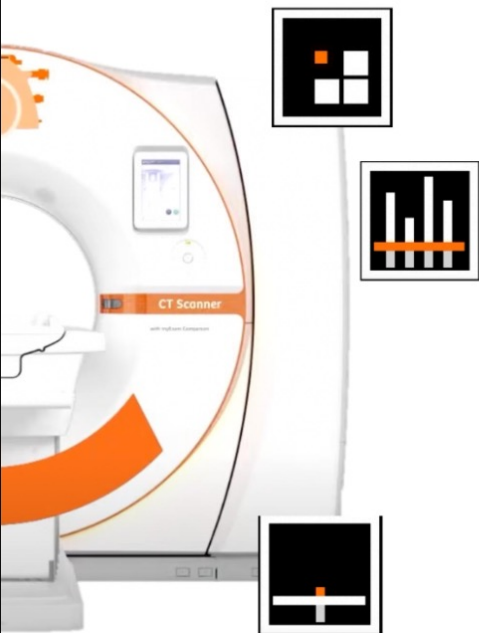


## Capacità spettrale intrinseca

La capacità di discriminare i diversi livelli energetici dei singoli fotoni permette di avere ad ogni acquisizione, senza aumento di dose né perdita della risoluzione temporale, informazioni spettrali (**material decomposition**).

L'utilizzo di più **energy bin** permette di caratterizzare la composizione dei voxel e distinguere tra diversi materiale (p.e. calcio vs iodio)

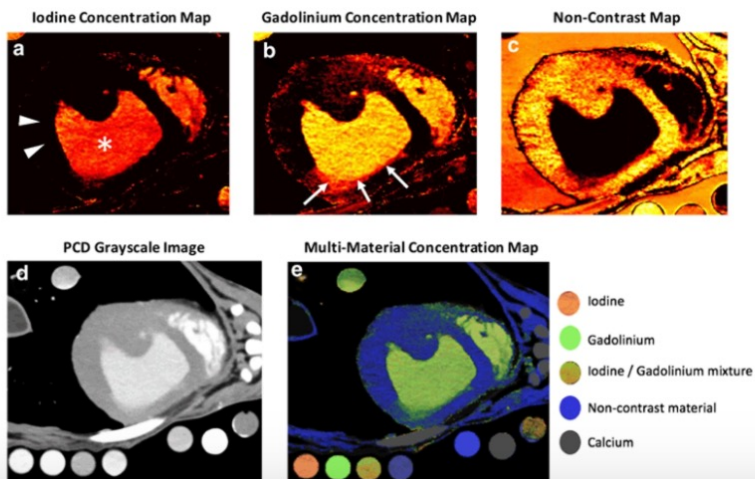




## Capacità spettrale intrinseca

La capacità spettrale intrinseca permette di ottenere molteplici ricostruzioni della stessa immagine, senza scan aggiuntivi e con overlap perfetto tra le ricostruzioni:

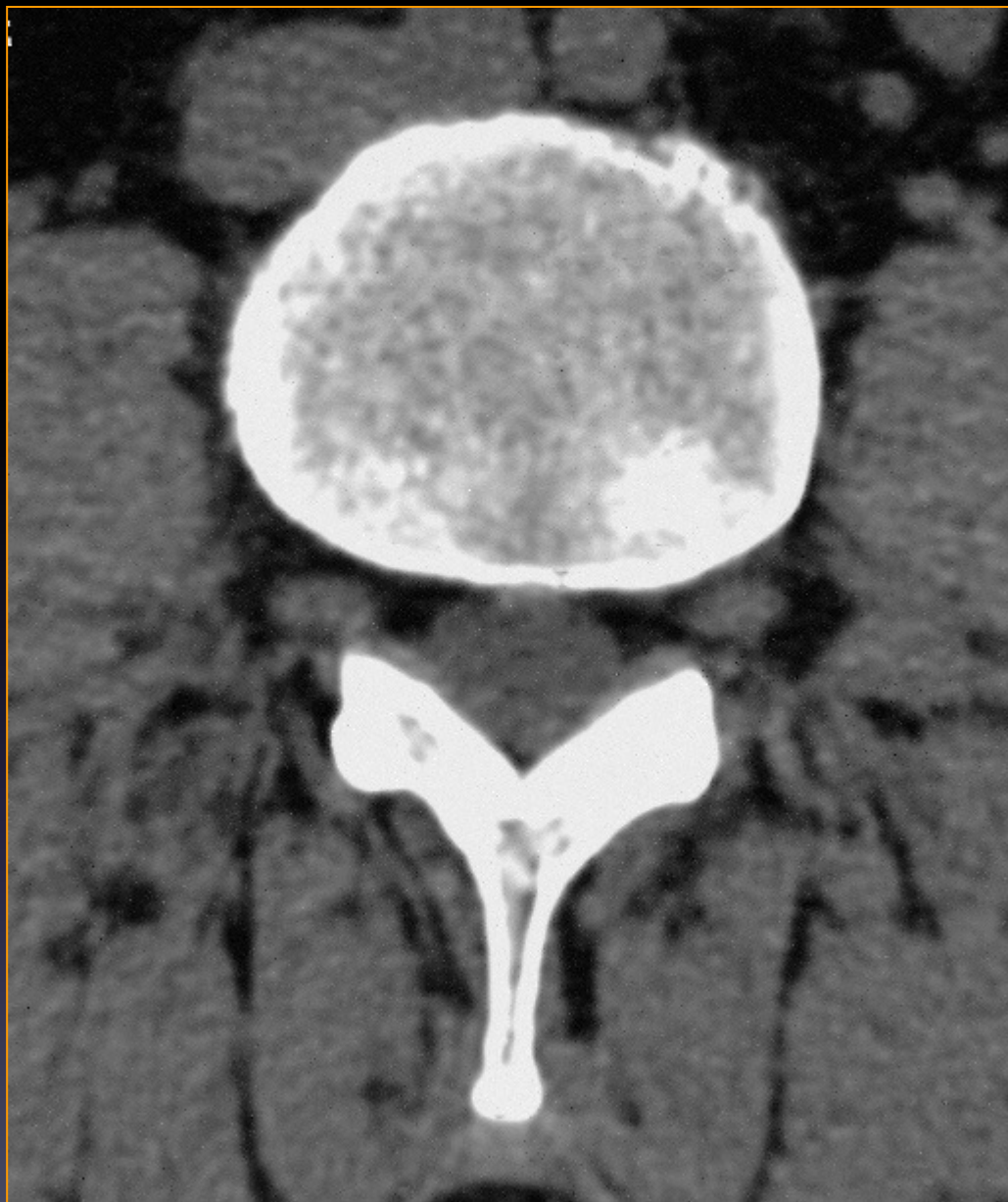
- K-edge imaging

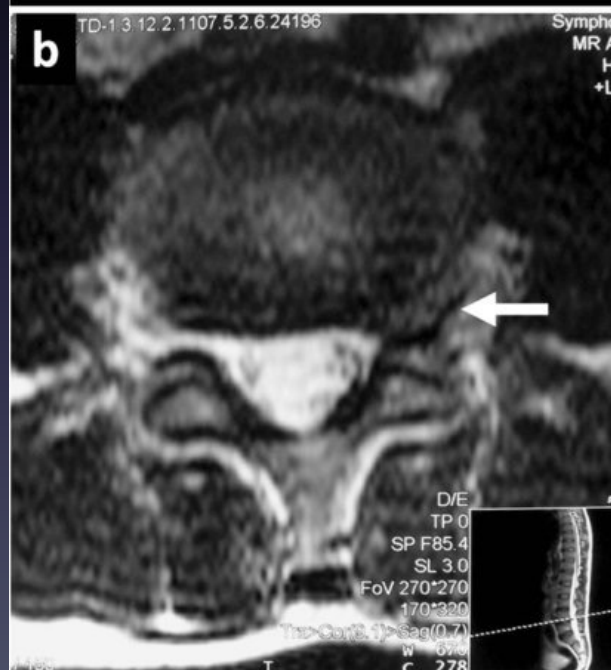
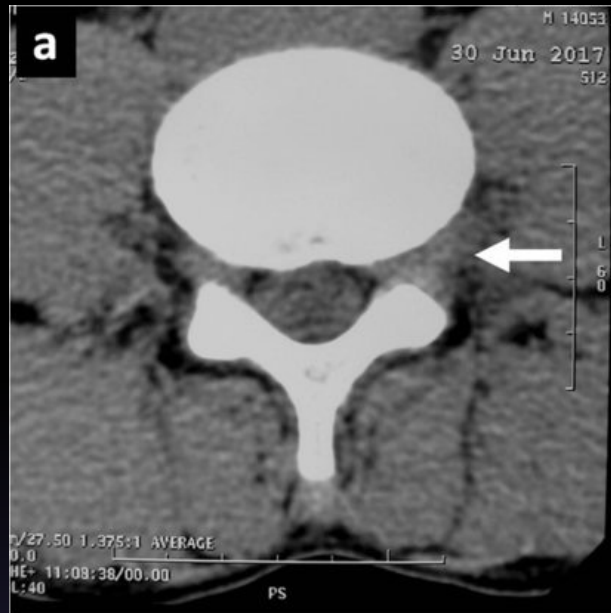


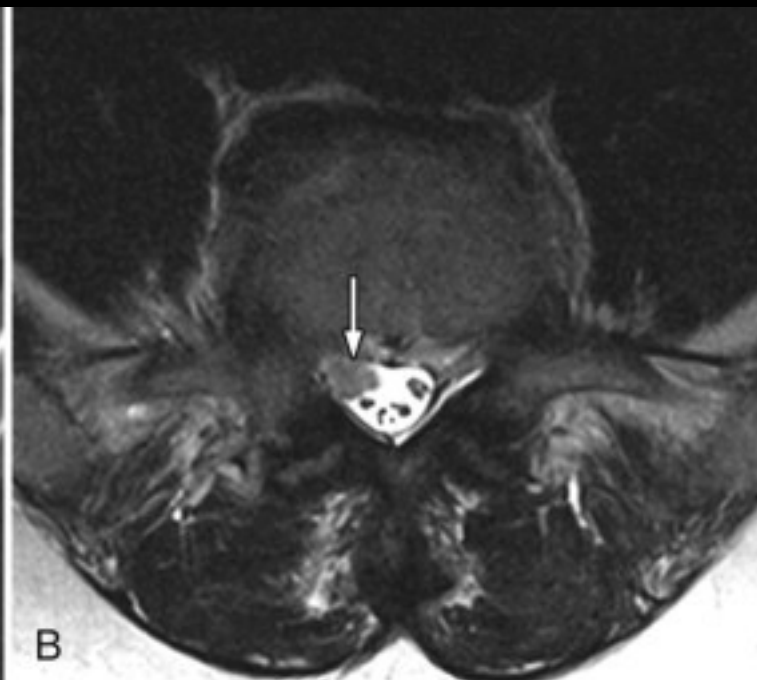
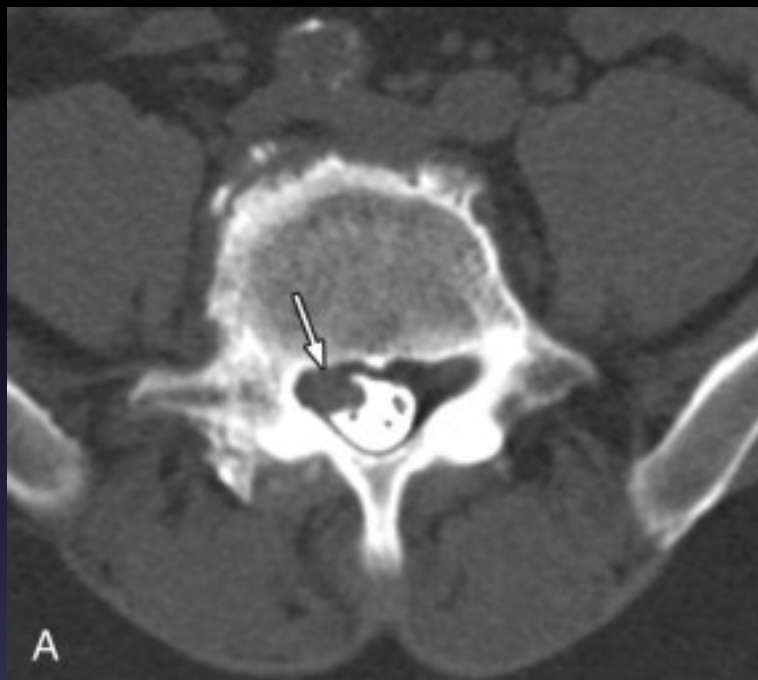


# Ruolo dell'imaging nella valutazione ossea

- Valutazione anatomica
- Valutazione fratture
- **Valutazione tessuti molli peri-scheletrici**
- Valutazione tumori ossee









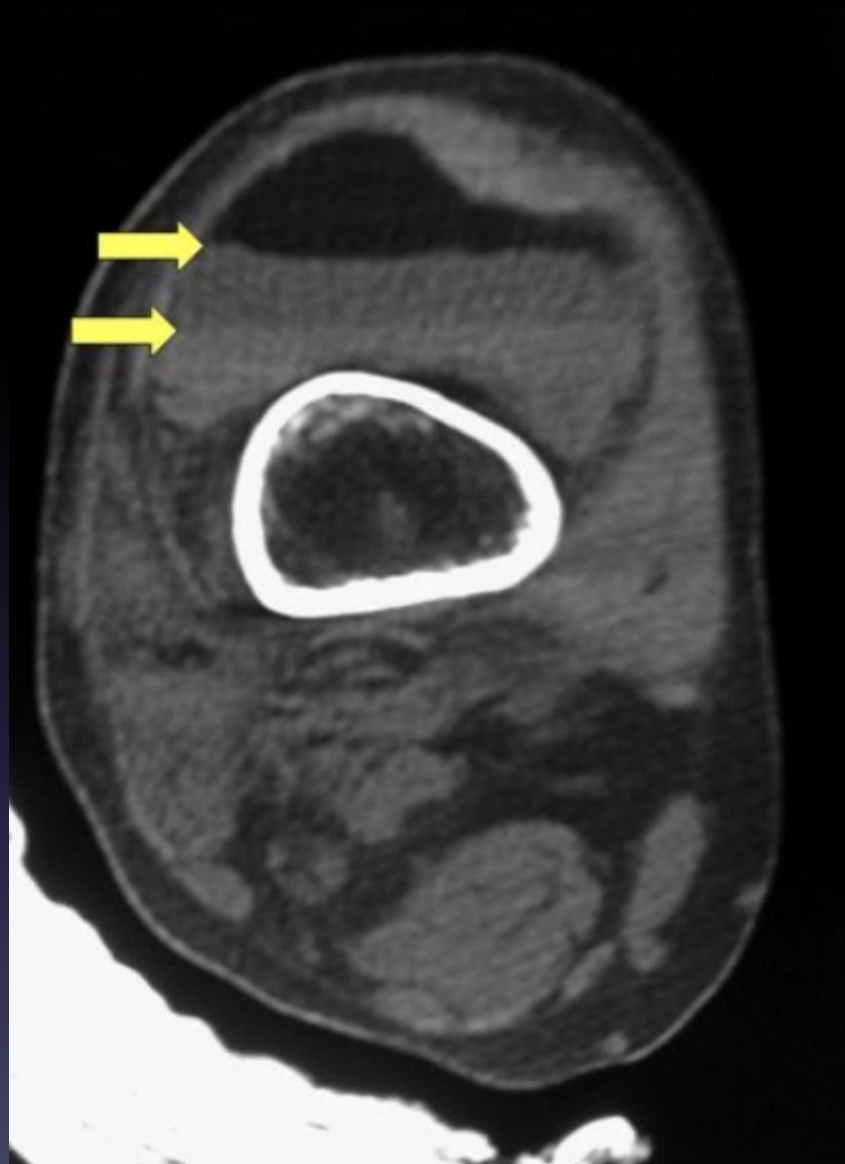






La lipoemartrosi è il risultato di una frattura intra-articolare in cui il grasso e il sangue provenienti dal midollo osseo vengono espulsi nello spazio articolare





# **Ruolo dell'imaging nella valutazione ossea**

- **Valutazione anatomica**
- **Valutazione fratture**
- **Valutazione tessuti molli peri-scheletrici**
- **Valutazione tumori ossei**

I tumori ossei includono neoplasie benigne e maligne, anomalie metaboliche e lesioni simili a tumori..

### Epidemiologia

- La stragrande maggioranza dei tumori ossei sono benigni. Le lesioni ossee maligne primarie rappresentano fino al 5% dei tumori infantili e meno dell'1% dei tumori negli adulti. L'osteosarcoma, il condrosarcoma e l'Ewing sarcoma sono i tumori ossei maligni più comuni.

### IMAGING

E

Radiografia  
convenzionale

Primo passo nella  
valutazione delle lesioni  
ossee

Modalità di imaging  
ottimale per studiare le  
loro caratteristiche

TC

Visualizzazione della  
mineralizzazione del  
tumore, piccole  
calcificazioni,  
cambiamenti corticali e  
reazioni periostali  
Valutazione per fratture  
patologiche

Scintigrafia ossea

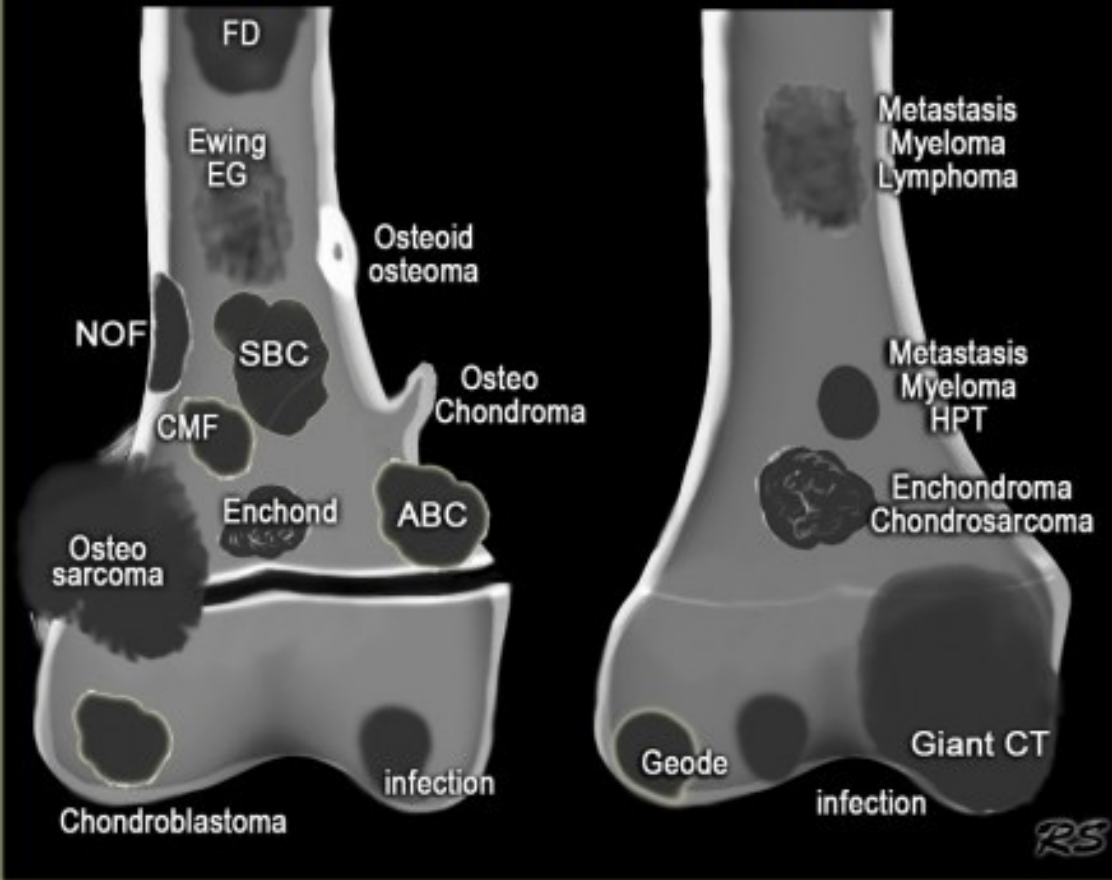
Alta sensibilità per  
valutare le modifiche  
ossee  
Strumento di screening  
per lesioni primarie e  
distanti

Risonanza Magnetica

Stadiazione locale dei  
tumori ossei  
Coinvolgimento dei  
tessuti molli  
Visualizzazione del  
midollo osseo  
Valutazione della  
vascolarità e  
dell'enhancement

< 30 years

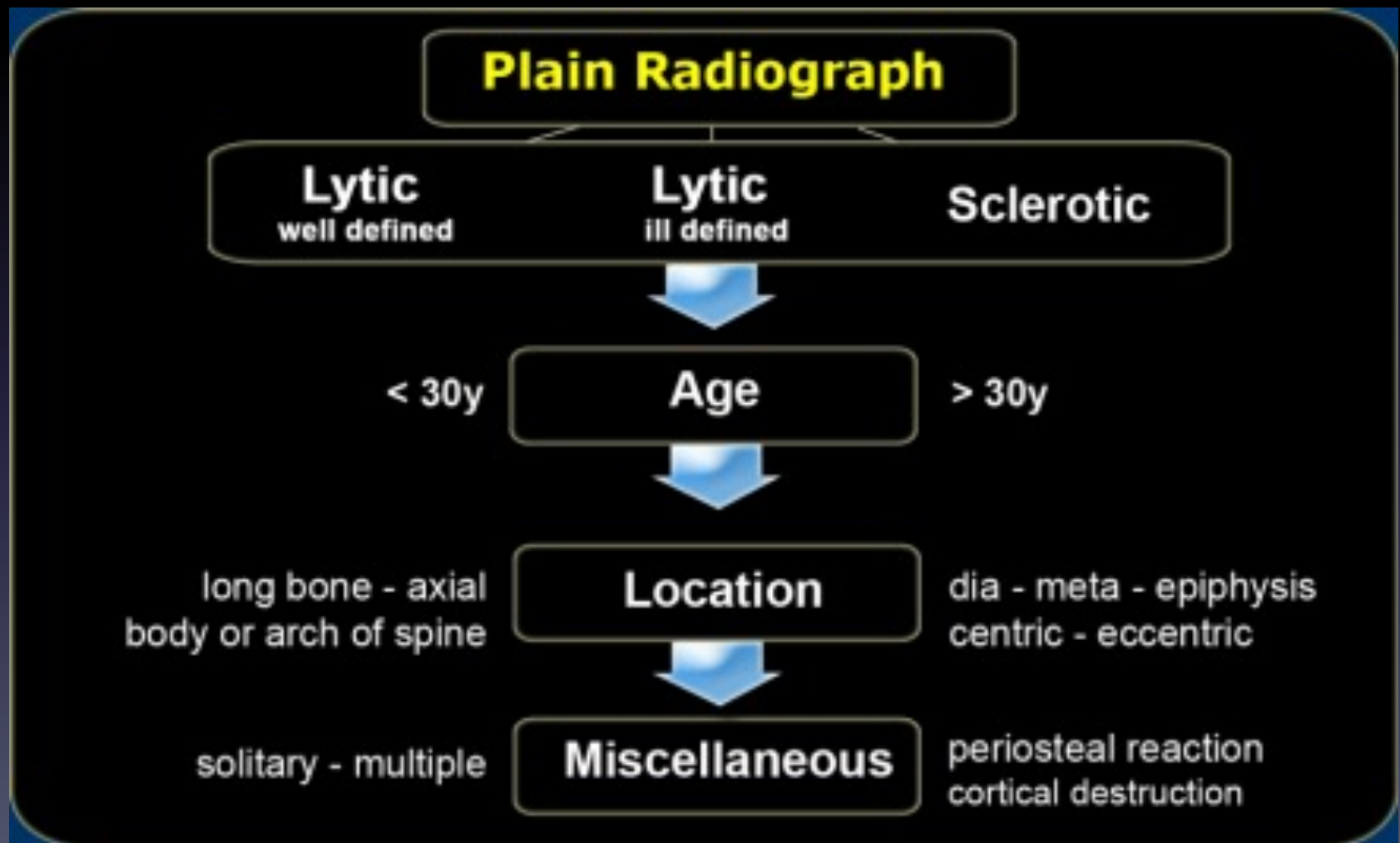
> 30 years



I fattori più importanti nell'analisi di un potenziale tumore osseo sono:

- La morfologia della lesione ossea
  - L'età del paziente
- È importante notare che la radiografia è l'esame più utile per differenziare queste lesioni. La tomografia computerizzata (TC) e la risonanza magnetica (RM) sono utili solo in casi selezionati.





La tomografia computerizzata (TC) non fa parte della valutazione radiologica di routine nei tumori ossei, tuttavia può contribuire a rilevare una alterazione della matrice nel caso in cui ci siano dubbi sulla diagnosi.

La TC può essere utile anche nelle lesioni assiali in cui le radiografie non sono sufficienti, come la base cranica o il bacino, per quantificare la distruzione ossea e l'estensione del tumore.

Nel caso in cui ci siano dubbi sulla distruzione corticale in una lesione espansiva nella risonanza magnetica (RM), la TC di solito dimostrerà chiaramente la presenza o l'assenza di una corticale.

Infine, la TC è utile per valutare fratture patologiche e, ad esempio, per valutare se queste si estendono in una articolazione.

1

**(RADIO)DENSITY**

2

**MINERALIZATION/MATRIX**

3

**MARGINS AND DESTRUCTION PATTERNS**

4

**NUMBER: SINGLE/MULTIPLE**

5

**PERIOSTEAL REACTION**

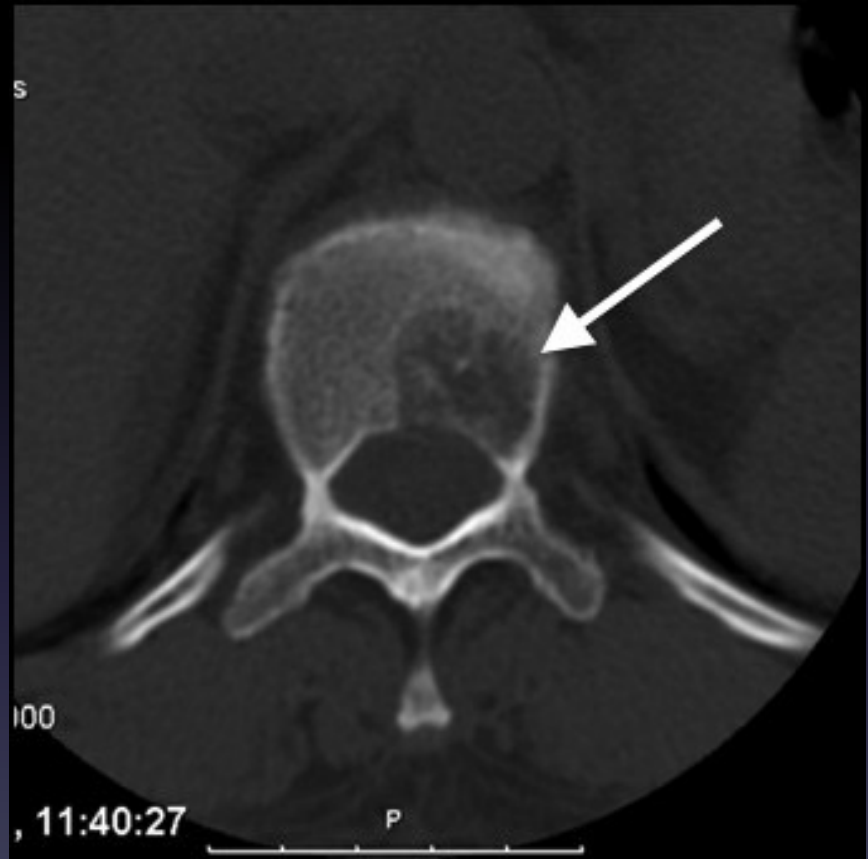
6

**CORTICAL INVOLVEMENT**

7

**SOFT-TISSUE COMPONENT**

Densità



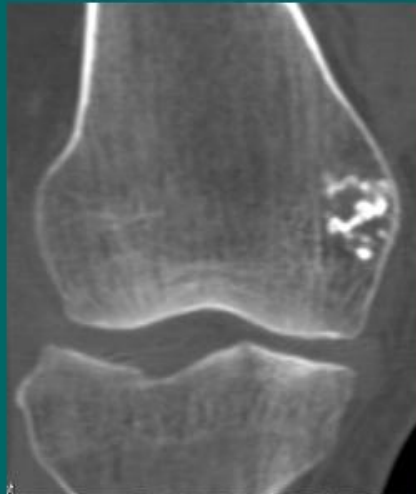
## Minerelizzazione/ Matrice

### OSTEOID



*Bone island (enostoses)*

### CHONDROID



*Enchondroma*

### FIBROUS



*Monostotic fibrous dysplasia*

## Margini

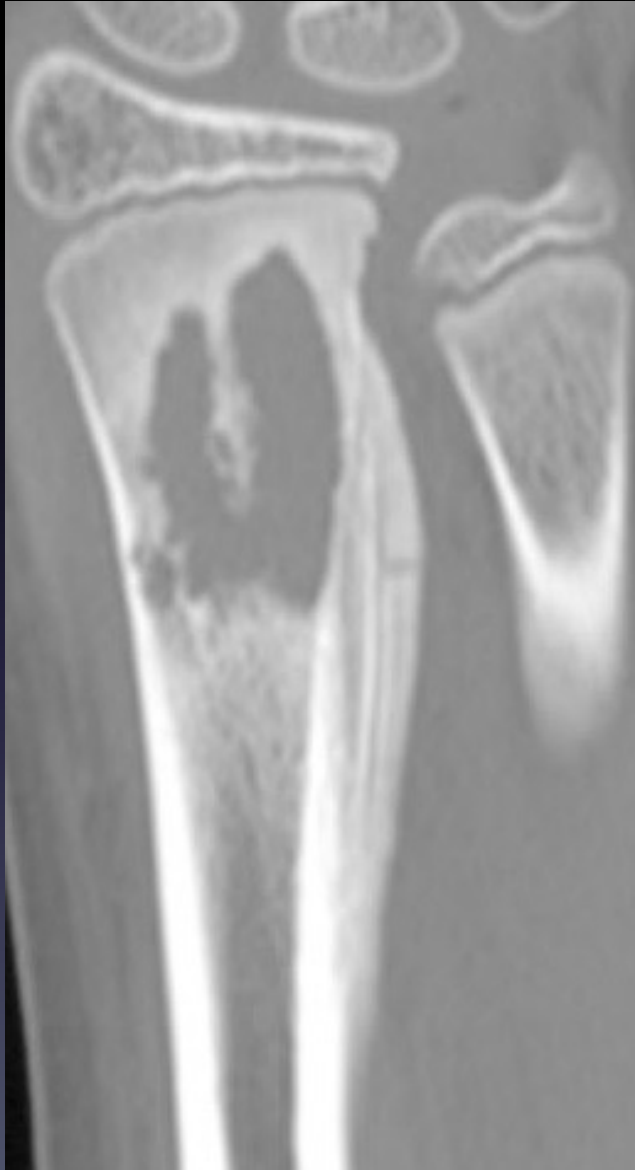




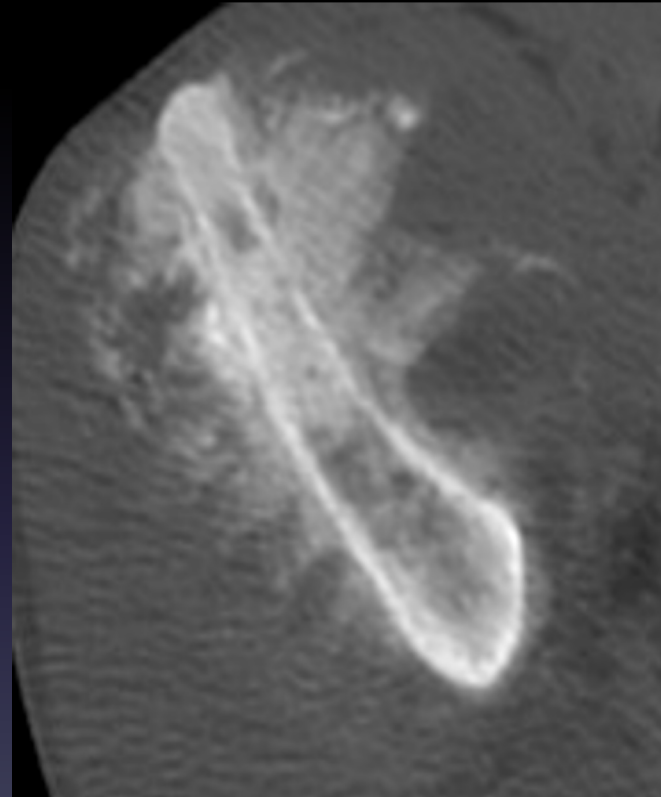
## Valutazione lesioni multiple



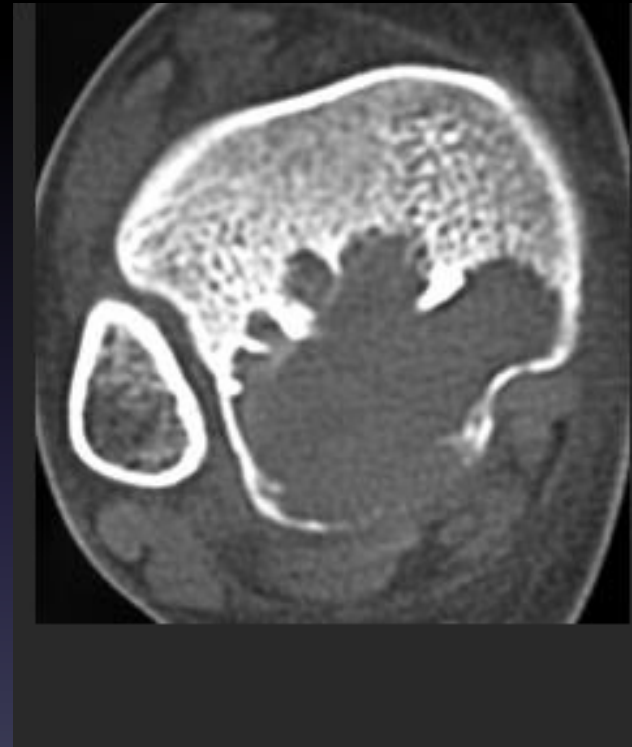
## Reazione peri-ostale



## Reazione peri-ostale



## Coinvolgimento corticale



# Mimics

