



Associazione Culturale Micene
1° Congresso Nazionale
Evoluzione della Scienza e della Tecnica



RADIOLOGIA TRADIZIONALE E TAC

Roberta Cianci

Dipartimento di Scienze Cliniche e Bioimmagini
Sezione di Scienze Radiologiche
Università "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara

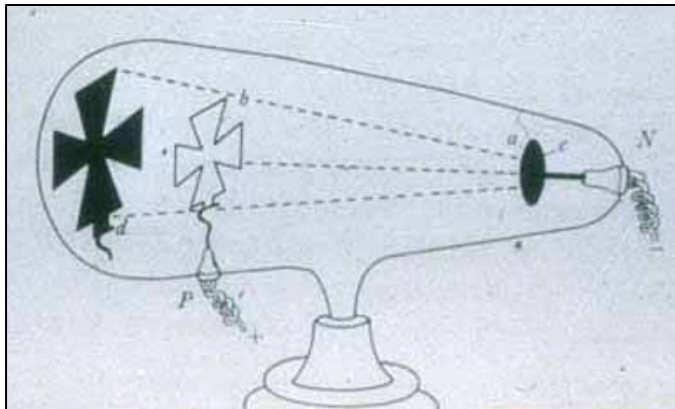
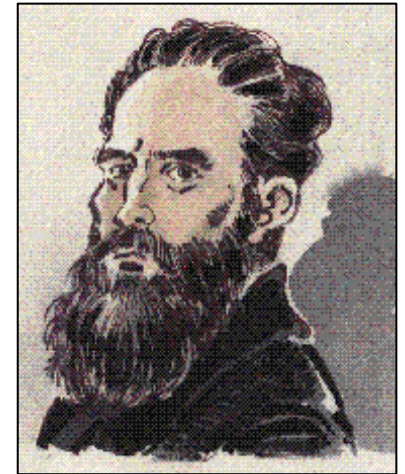


r.cianci@rad.unich.it



Scoperta dei Raggi X

I raggi X sono stati scoperti da W.C. Roentgen nel novembre del 1895 nel corso di esperimenti sulla conduzione dei raggi catodici (elettroni) nei gas



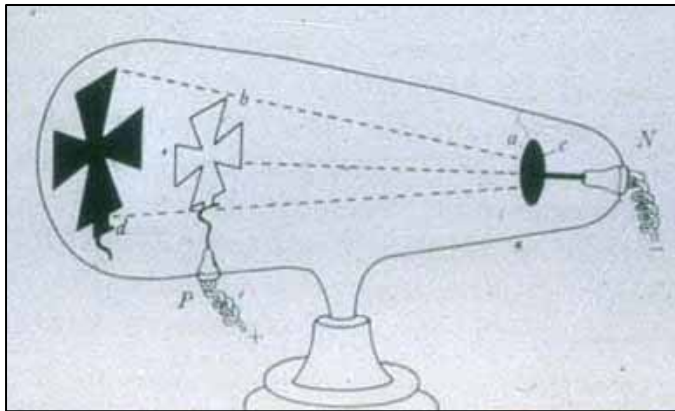
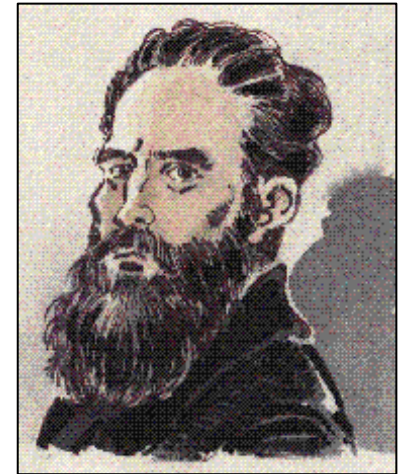
Generando una scarica ad alta tensione nel tubo si ottiene l'emissione di luce fluorescente dovuta alla ionizzazione dell'aria residua all'interno del tubo

Tubo di Crookes



Scoperta dei Raggi X

Lavorando al buio con un tubo a raggi catodici avvolto da una carta nera, per impedire alla luce di fuoriuscire, Roentgen osservò una debole luce su un banco di lavoro poco distante dal suo (alcuni metri)



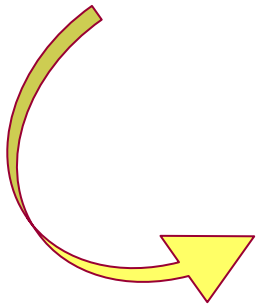
La sorgente di luce era una piastra rivestita da un materiale fluorescente (platino-cianuro di bario) che si trovava casualmente sul banco di lavoro

Tubo di Crookes



Scoperta dei Raggi X

Poiché né gli elettroni né la luce prodotta nel tubo potevano uscire all'esterno, Roentgen concluse che una radiazione sconosciuta veniva prodotta nel tubo quando una differenza di potenziale era applicata agli elettrodi

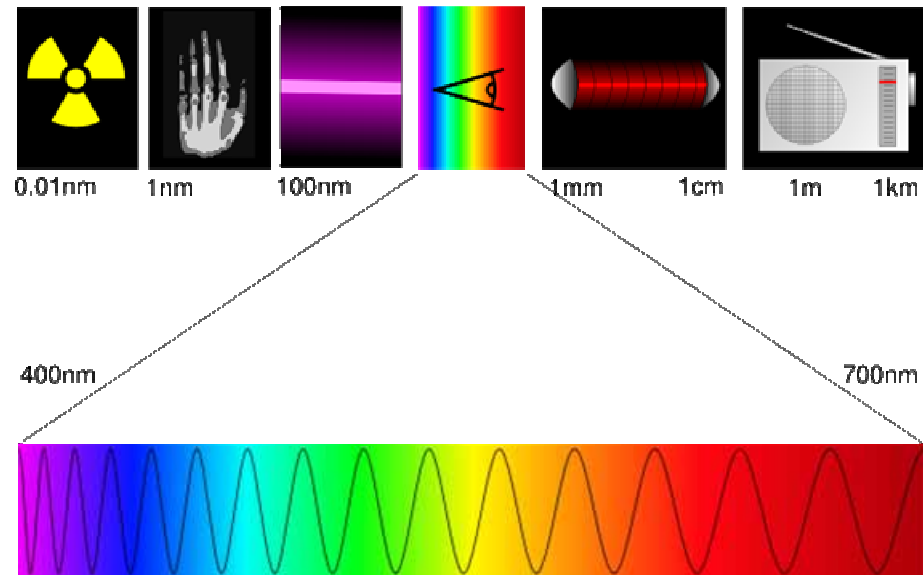


- ❑ capacità di impressionare una pellicola fotografica
- ❑ capacità di attraversare molte sostanze



Cosa sono i Raggi X ?

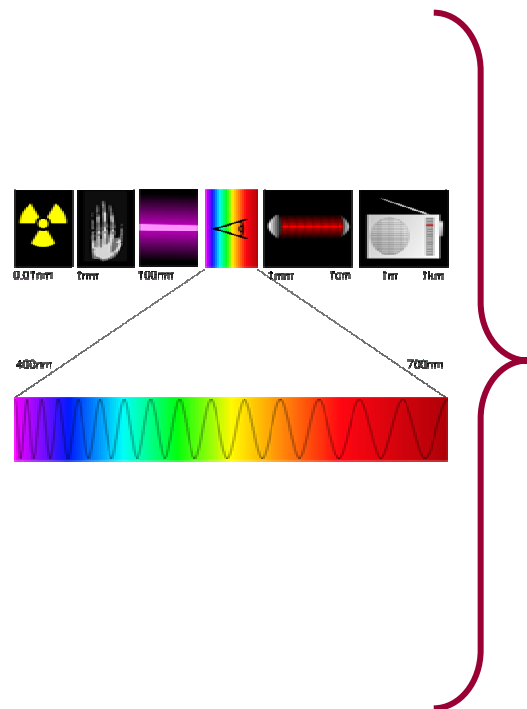
- Fanno parte dell'ampio spettro delle onde elettromagnetiche, al pari della luce visibile, ma con una lunghezza d'onda 10.000 volte inferiore





Sorgenti di energia utilizzate per ottenere immagini dal corpo umano

- ❑ Radiazioni ionizzanti
 - ❑ fotoni X: Radiologia Tradizionale
TAC
 - ❑ raggi γ : Medicina nucleare
- ❑ Energia meccanica: Ecografia
- ❑ Campi magnetici: Risonanza Magnetica
- ❑ Calore corporeo: Termografia





Cosa sono i Raggi X ?

- ❑ *natura ondulatoria* (adatta a descrivere i fenomeni di propagazione)

$$c = \lambda \nu \quad (300.000 \text{ Km/sec})$$

- ❑ *natura corpuscolare* (spiega i processi di interazione radiazione-materia e, più in generale, i processi di assorbimento e di emissione di energia radiante)

fotoni elettromagnetici di elevata energia

$$E = h\nu = h c / \lambda \quad h = \text{costante di Planck} = 6,625 \cdot 10^{-27}$$

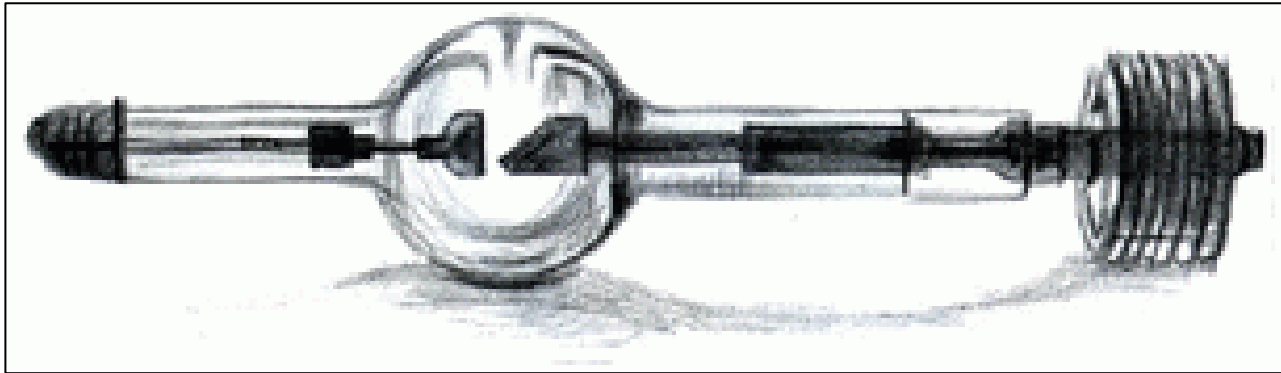


Proprietà dei Raggi X

- provocano la fluorescenza di alcune sostanze
- sono in grado di impressionare le emulsioni fotografiche
- possono ionizzare i gas
- provocano cambiamenti biologici dovuti a fenomeni di eccitazione e ionizzazione (radioterapia, radioprotezione)



Come si formano i Raggi X ?

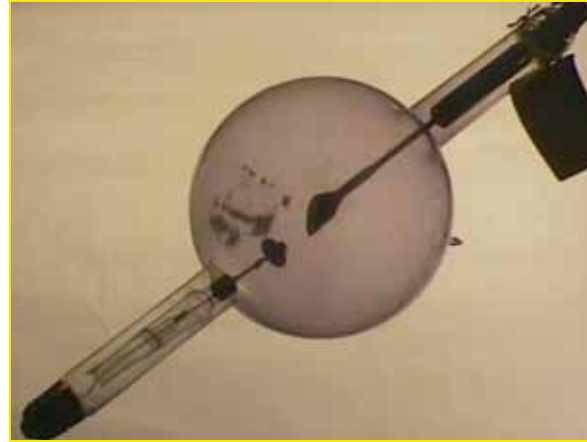


Tubo radiogeno di Coolidge

- ❑ ampolla di vetro nella quale è creato un vuoto spinto
- ❑ catodo (elettrodo -): filamento di tungsteno avvolto in forma di spirale di 1,5 mm di diametro e 10-15 mm di lunghezza
- ❑ anodo (elettrodo +): blocco di rame che si estende da un'estremità del tubo fino al centro e presenta una piastrina di tungsteno (metallo resistente al calore e con elevato numero atomico)



Come si formano i Raggi X ?



Tubo
radiogeno
di Coolidge

- ❑ sistemi di raffreddamento (olio all'interno dell'ampolla)
- ❑ rivestimento metallico esterno (cuffia di protezione) ricoperto da piombo e provvisto di finestra per la fuoriuscita dei raggi X



Come si formano i Raggi X ?



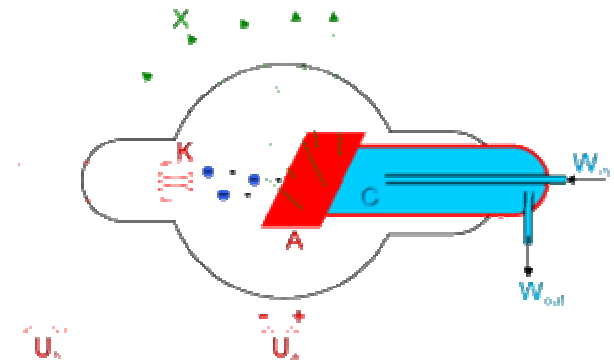
Tubo
radiogeno



Come si formano i Raggi X ?

1. il filamento catodico viene portato all'incandescenza per mezzo di una corrente elettrica

→ emissione di elettroni



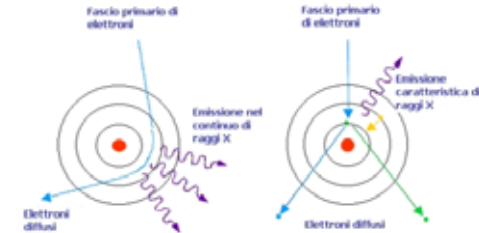
2. ai due elettrodi del tubo viene applicata un'elevata differenza di potenziale (10.000–1.000.000 volts)

→ accelerazione degli elettroni verso l'anodo

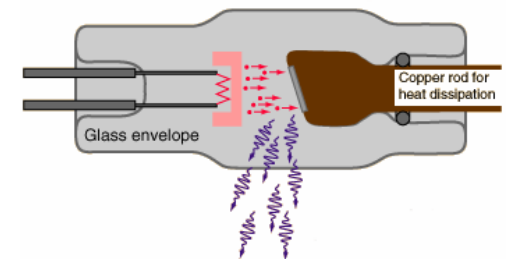


Come si formano i Raggi X ?

3. dall'urto degli elettroni contro l'anodo vengono prodotti i raggi X (*radiazione di frenamento*; fenomeni di transizione degli elettroni tra gli orbitali atomici del materiale dell'anodo)



4. dall'anodo le radiazioni X sono proiettate in ogni direzione, ma di esse viene utilizzata solo la porzione che fuoriesce dal tubo attraverso una apposita "finestra"; i raggi X non diretti verso la finestra vengono arrestati dal rivestimento metallico esterno

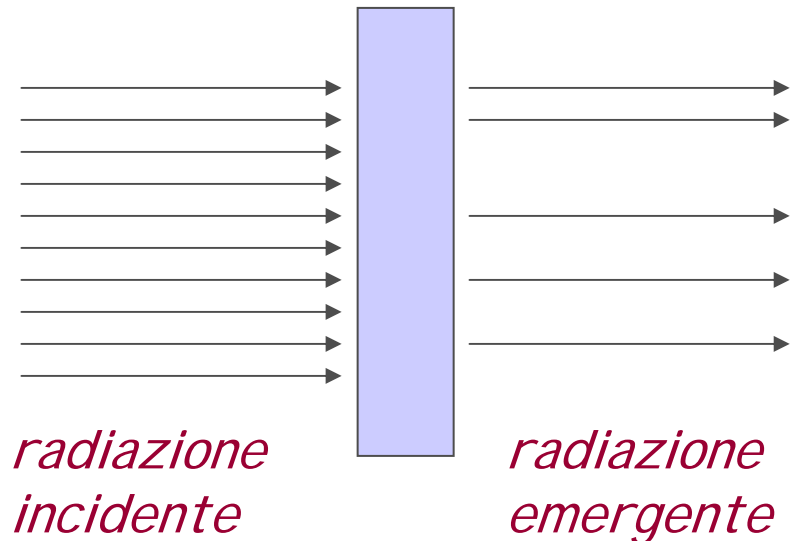




Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

Attraversando un oggetto (o il corpo umano) i fotoni X incidenti possono:

- essere assorbiti
- penetrare (attraversare l'oggetto senza essere assorbiti)
- produrre radiazione diffusa



La radiazione emergente partecipa alla formazione dell'immagine



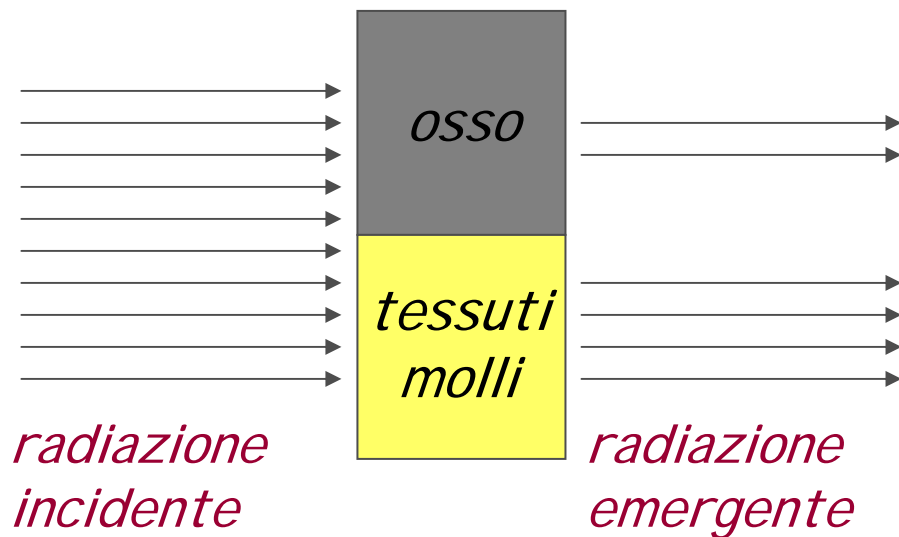
Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

Il corpo umano è una struttura complessa caratterizzata da componenti con diverso spessore e da strutture con differente numero atomico, che assorbono i raggi X in diversa misura



Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

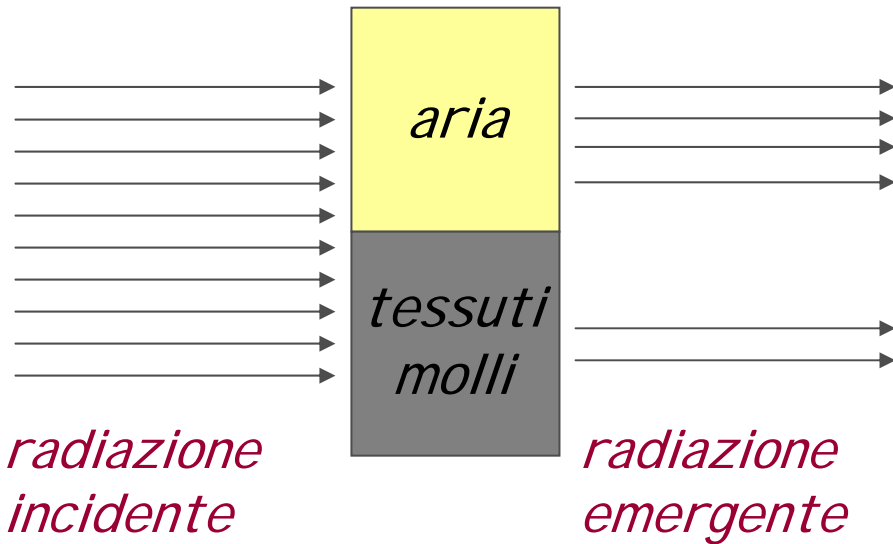
Le ossa assorbono più raggi X dei tessuti molli





Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

I tessuti molli assorbono più raggi X dell'aria





Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

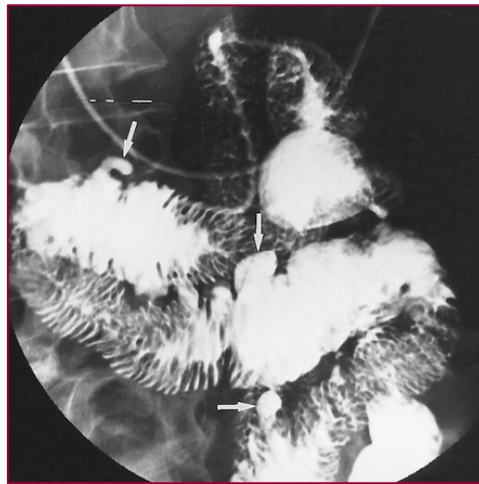
Non si evidenziano differenze di assorbimento tra muscoli, cute e tessuto adiposo





Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

Nei casi in cui le differenze di densità tra le varie strutture dell'organismo non sono sufficienti a rendere visibile un determinato organo, si usano mezzi di contrasto artificiali con alto n° atomico (bario, iodio)





Interazione Raggi X – materia e formazione dell'immagine in radiologia tradizionale

Quando il fascio di raggi X emerge dal corpo, zone contigue del fascio contengono differenti intensità di radiazioni, derivanti dal diverso grado di assorbimento subito nell'attraversare strutture differenti.

Questa distribuzione delle intensità di raggi X nel fascio emergente viene definita “*immagine aerea*” o “*immagine potenziale*”



Rilevamento dell'energia emergente

Il contenuto potenziale della radiazione emergente può essere trasformato in contenuto effettivo di informazione in 2 modi:

- ❑ radioscopia la rad. emergente viene evidenziata per fluorescenza su schermi luminescenti

- ❑ radiografia la rad. emergente viene evidenziata per effetto fotochimico su pellicola radiografica



Radiografia

Le pellicole radiografiche sono in grado di rilevare l'immagine potenziale insita nel fascio emergente annerendosi nelle zone in cui le radiazioni sono più intense (perché non sono state assorbite dall'oggetto esposto alla radiazione incidente) e rimanendo chiare nelle zone in cui le radiazioni sono meno intense (perché sono state assorbite).

osso	→	bianco
aria	→	nero
tessuti molli	→	grigio

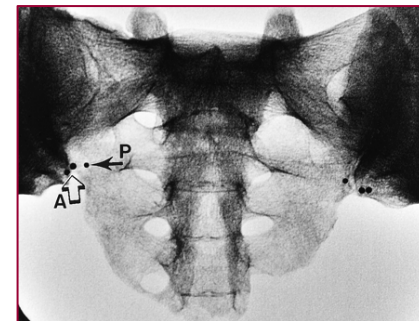




Radioscopia

L'immagine radioscopica si forma immediatamente sullo schermo fluorescente (supporto cartaceo o di materiale plastico su cui è disteso uno strato di sostanza fluorescente). Lo strato fluorescente trasmette la luce in proporzione all'intensità di radiazione X che lo colpisce: le strutture trasparenti alle radiazioni danno luogo ad immagini luminose e chiare; l'effetto luminoso non si verifica o è meno intenso in corrispondenza di strutture che assorbono le radiazioni.

osso	→	scuro
aria	→	chiaro





RADIOLOGIA TRADIZIONALE E TAC

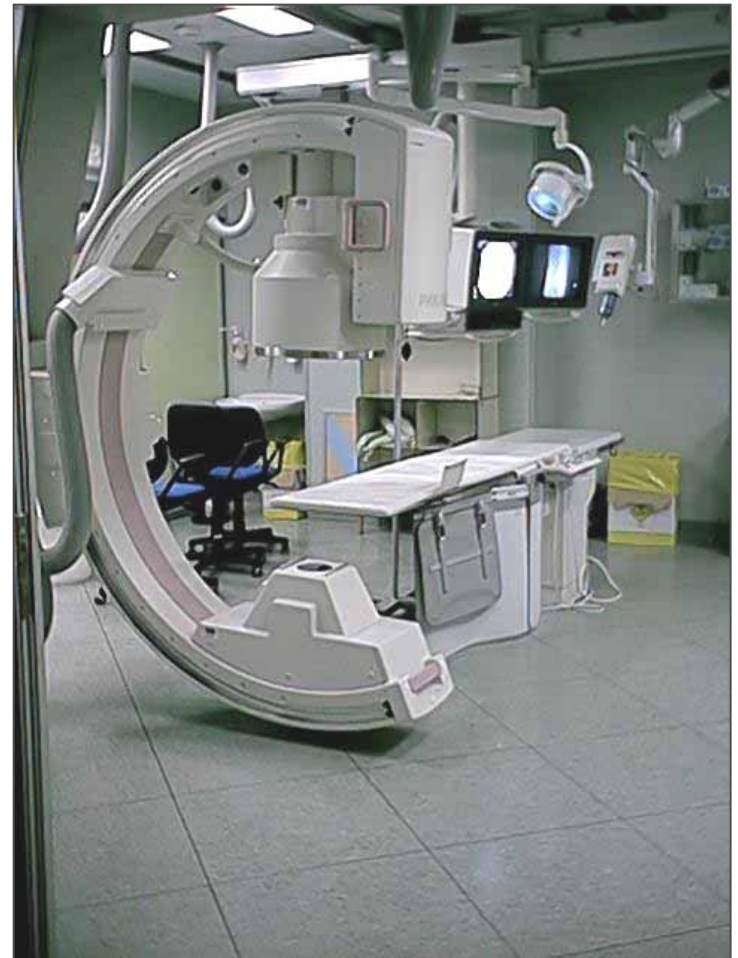
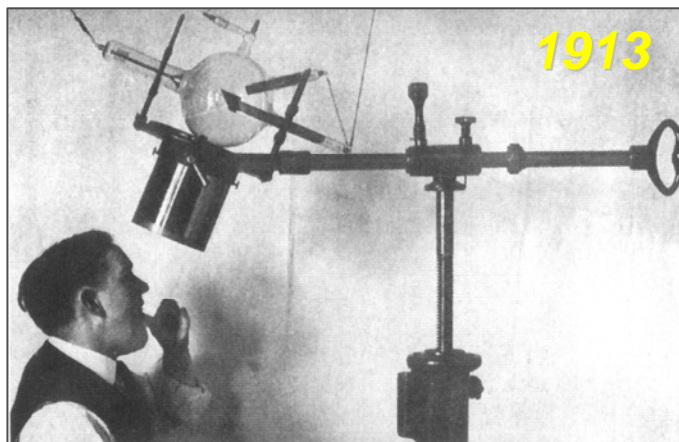




Immagine radiologica tradizionale

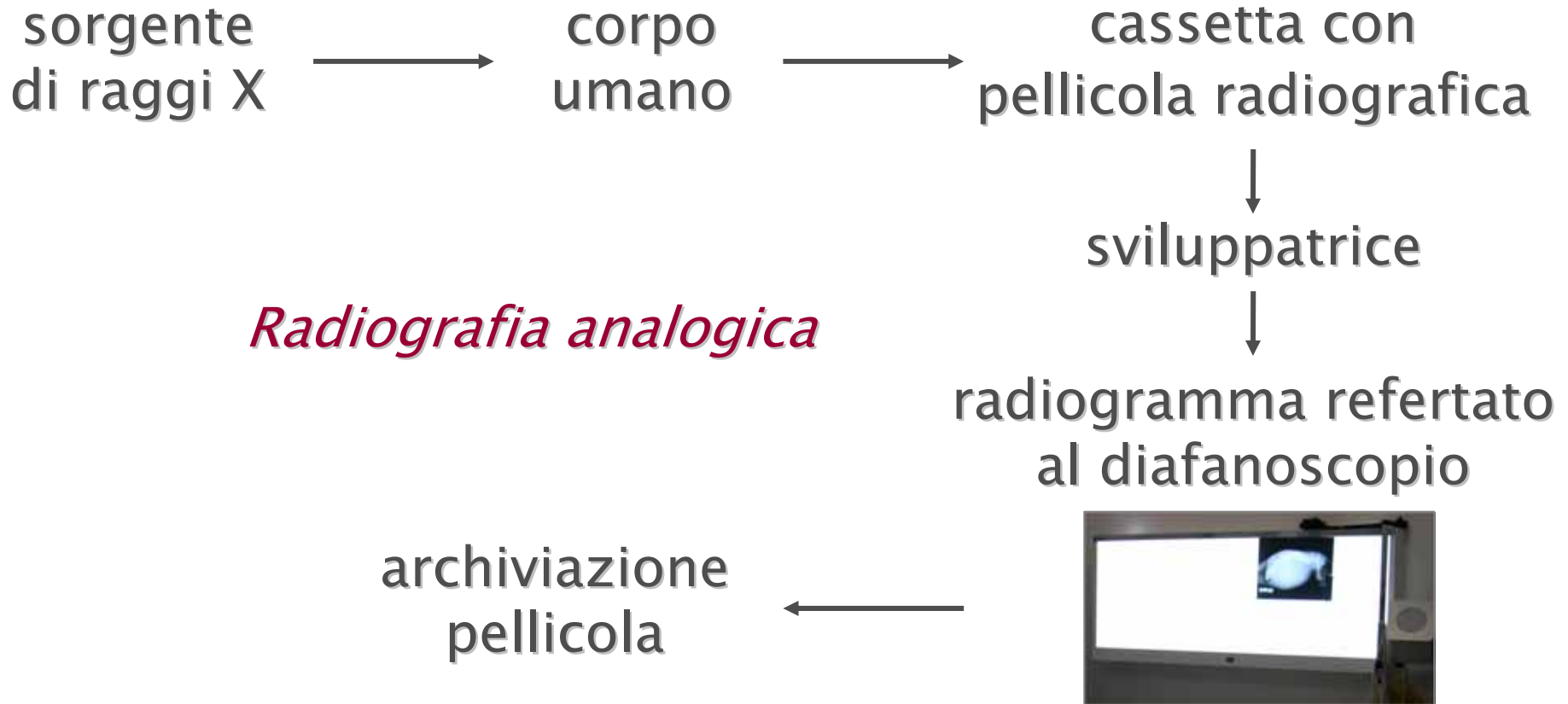
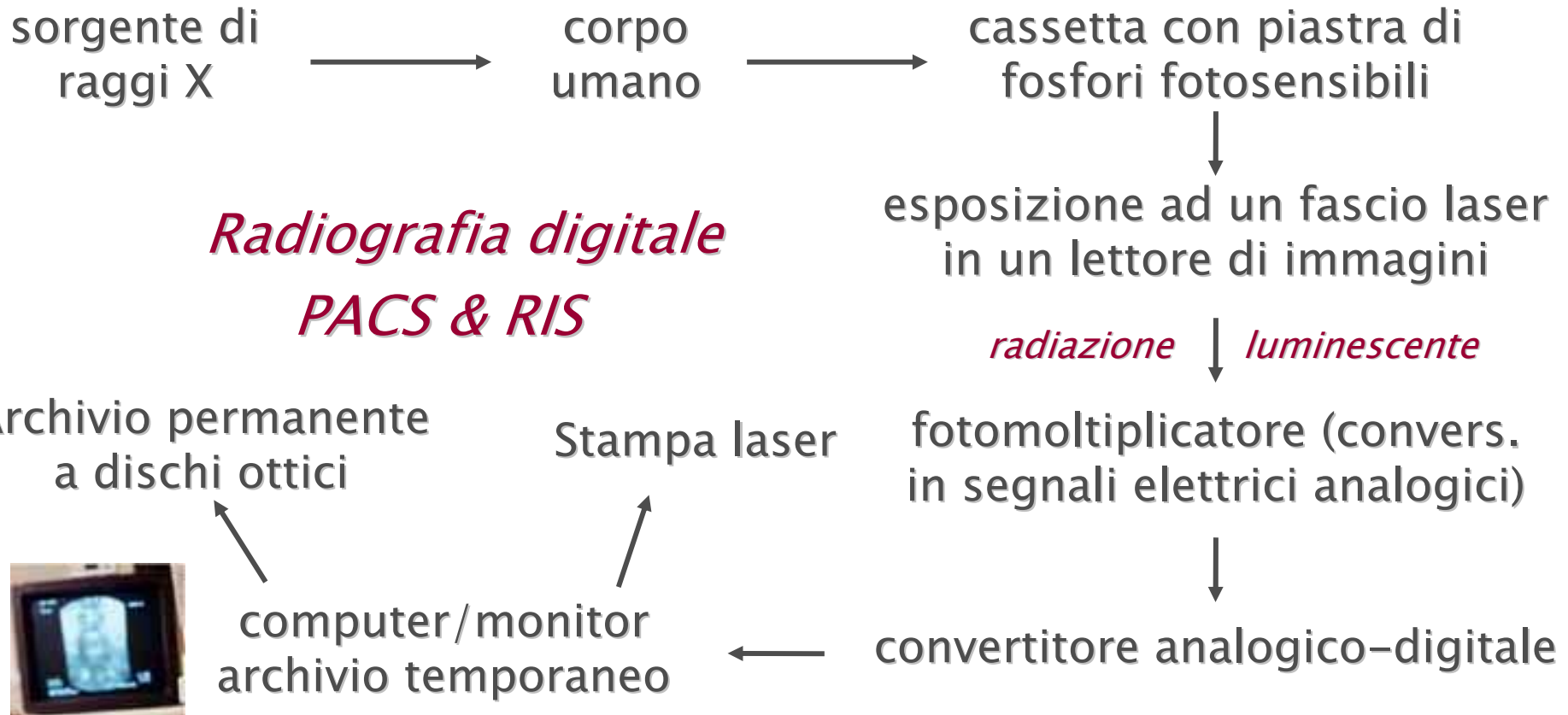


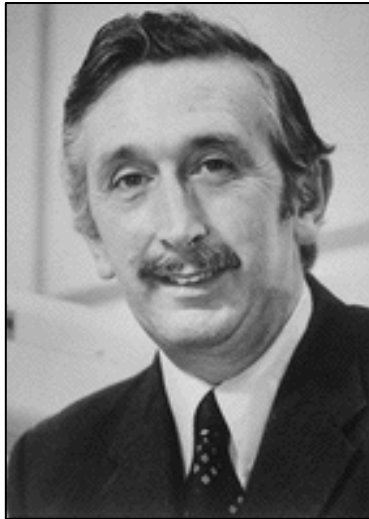


Immagine radiologica tradizionale





INVENZIONE DELLA TAC



Premio Nobel nel 1979 al fisico Cormack e a Hounsfield, ingegnere e capo della casa discografica inglese EMI

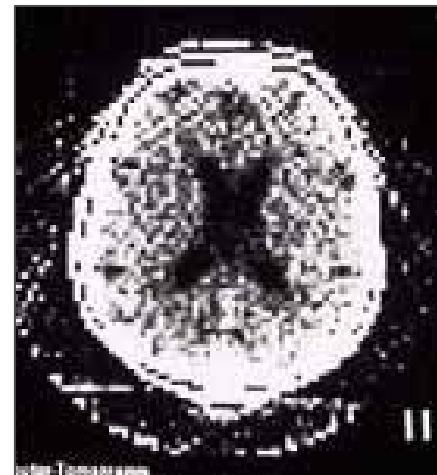




INVENZIONE DELLA TAC

1973-74

Finalmente l'uomo arriva a guardare bene e completamente dentro il corpo umano senza ricorrere all'uso cruento dei ferri chirurgici





TAC

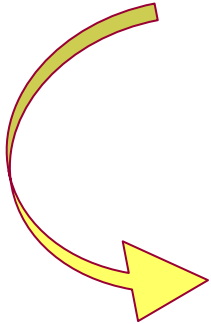
La TC è una metodica di misura delle densità dei volumi elementari (*voxel*) costituenti una sezione corporea

Anche la TC studia l'attenuazione che subisce un fascio di raggi X attraversando il corpo umano, ma diversi sono i caratteri del fascio radiante e le modalità di rilievo energetico



Apparecchiature TAC

4 elementi di base



- 1. sistema di misurazione*
- 2. sistema di elaborazione*
- 3. sistema di controllo*
- 4. sistema di archiviazione*





Apparecchiature TAC

1. *sistema di misurazione*

- ❑ tubo radiogeno potente e con elevata capacità termica
- ❑ detettori: rilevano le differenze di densità emesse dal corpo umano come differenze di potenziale

→ solidi: cristalli di scintillazione (NaI)

→ a gas: camera di ionizzazione a Xenon



nel gantry



Apparecchiature TAC

2. sistema di elaborazione

- ❑ le ddp generate dai detettori sono convertite in valori numerici dal convertitore analogico-digitale
- ❑ il computer centrale calcola le densità dei singoli voxel della sezione in studio con algoritmi matematici (back projection, trasformata di Fourier)
- ❑ si ottiene così un'*immagine digitale*, costituita da una griglia di numeri- *matrice* - corrispondenti ai valori di densità dei voxel studiati



Apparecchiature TAC

2. sistema di elaborazione

- ❑ i valori di densità attribuibili variano nel range compreso tra -1000 (aria) e +1000 (osso) unità Hounsfield, con riferimento al valore 0 che è quello dell'acqua.
- ❑ dall'immagine digitale si forma l'*immagine radiologica* proiettata sul monitor; ogni singolo pixel assume un diverso grado di luminosità sulla base del valore numerico corrispondente nella matrice



Apparecchiature TAC

3. sistema di controllo

- ❑ *consolle operativa* su cui immettere dati anagrafici del paziente, parametri tecnici
- ❑ possibilità di modificare le immagini (ampiezza e livello della finestra), di eseguire misurazioni e rielaborazioni delle immagini (ricostruzioni)
- ❑ collegamento a sistemi di registrazione ed archiviazione



Apparecchiature TAC

4. sistema di archiviazione

- su supporto magnetico
- su disco ottico
- su cd



Evoluzione della TAC

- 1974-76:**
- ❑ movimento di traslazione e rotazione
 - ❑ tempi di scansione > 20 sec
 - ❑ matrice 128×128

- 1987:**
- ❑ rotazione continua tubo/detettori
 - ❑ matrice 512×512



Evoluzione della TAC

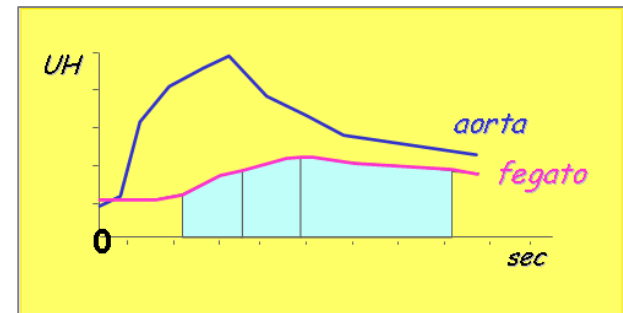
1987: tecnologia “*Slip Ring*”

- ❑ rotazione continua tubo/detettori
- ❑ tempi di scansione 1 sec
- ❑ intervallo tra scansioni > 5 sec

☺ risoluzione spaziale ottimale
(TCAR del torace e dell'orecchio)



☹️ tempi di scansione lunghi
(somministrazione mdc)





Evoluzione della TAC

1989: *TC spirale singolo strato*

- ❑ rotazione continua tubo/detettori & spostamento continuo del tavolo
- ❑ tempo di rotazione 1 sec
- ❑ durata max 24–32 sec

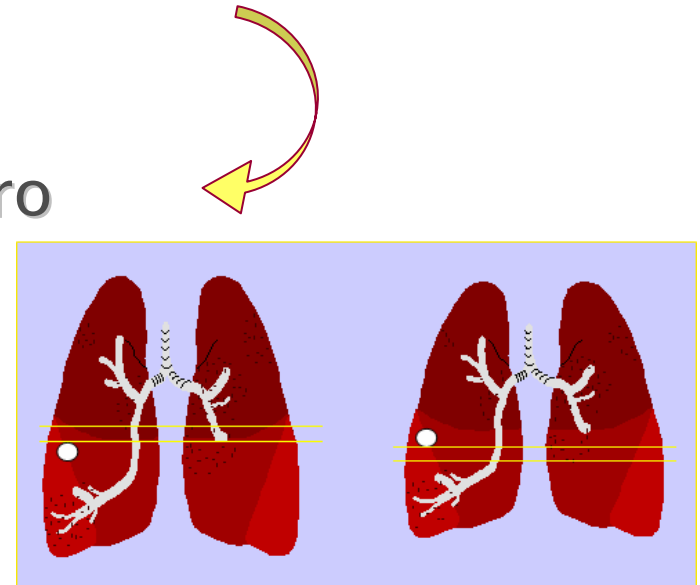


Evoluzione della TAC

1989: *TC spirale singolo strato*

acquisizione di un volume in una singola
apnea respiratoria

- ❑ riduzione dei tempi di scansione
- ❑ riduzione degli artefatti da respiro
- ❑ ottimizzazione dell'impiego del mezzo di contrasto

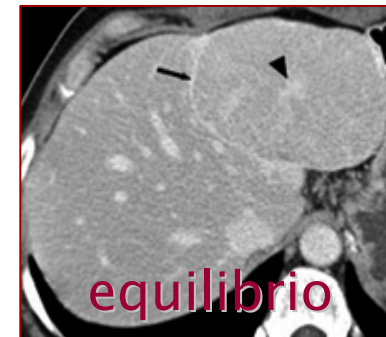
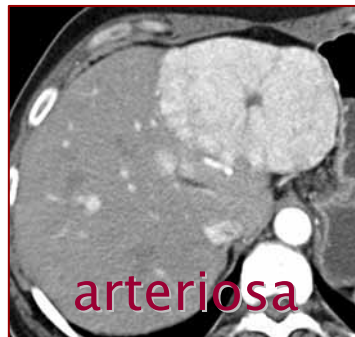
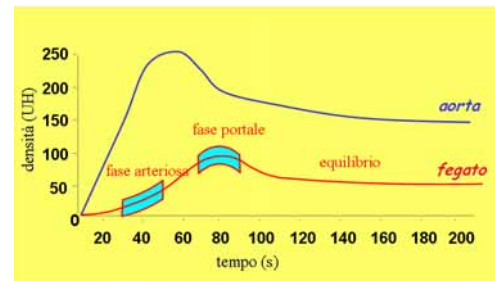




Evoluzione della TAC

1989: *TC spirale singolo strato*

studio multifasico del fegato



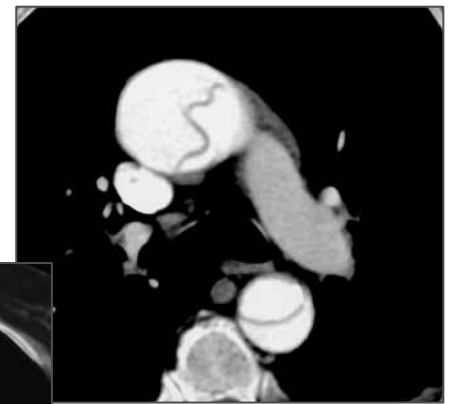
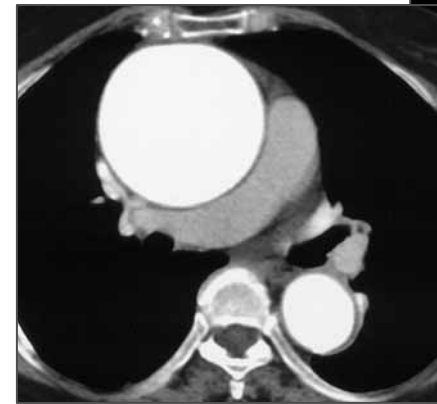
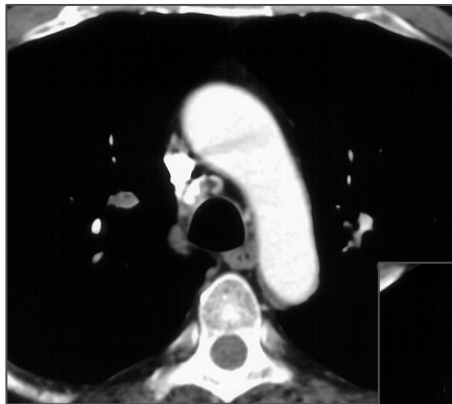


Evoluzione della TAC

1989: *TC spirale singolo strato*

studi angiografici

collimazione 5 mm

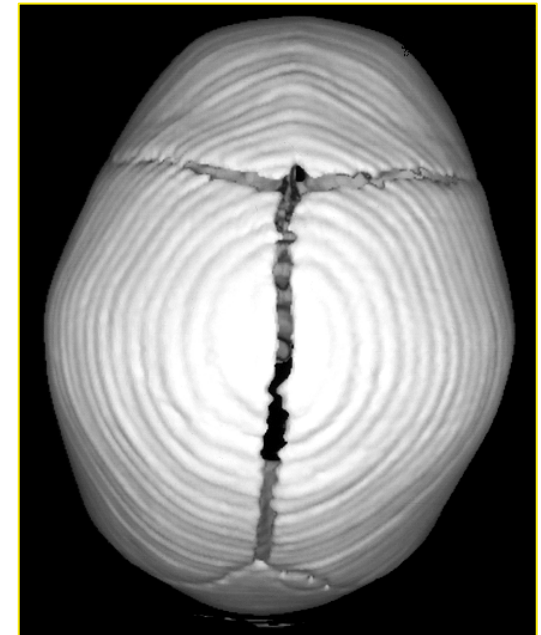
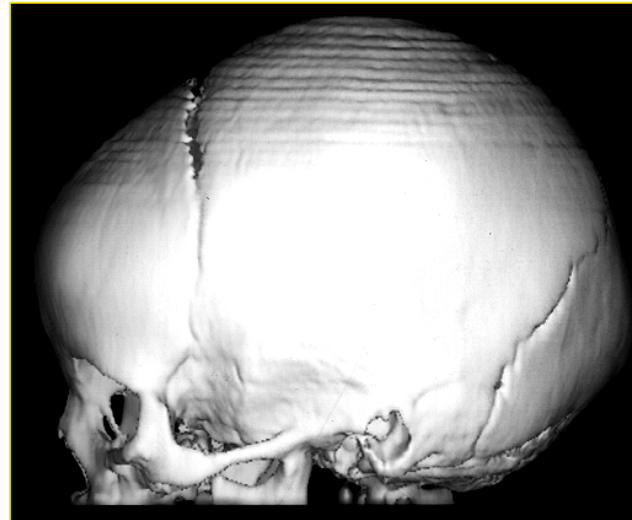




Evoluzione della TAC

1989: *TC spirale singolo strato*

imaging tridimensionale

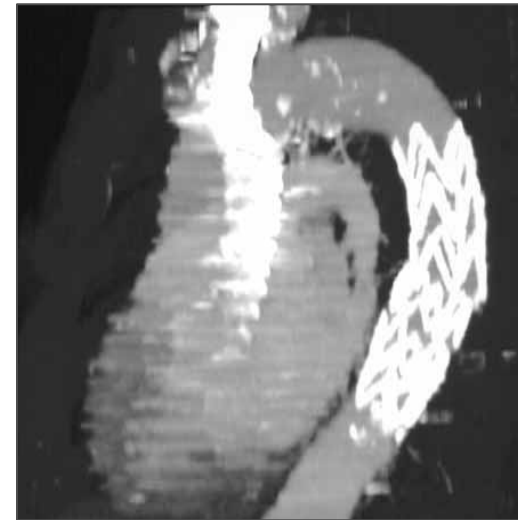




Evoluzione della TAC

1989: *TC spirale singolo strato*

imaging tridimensionale



☹️ lunghi tempi di elaborazione



Evoluzione della TAC

1994: *rotazione subsecondo*

- ❑ rotazione continua tubo/detettori & spostamento continuo del tavolo
- ❑ tempo di rotazione 0.75 sec
- ❑ >velocità di acquisizione (33%)

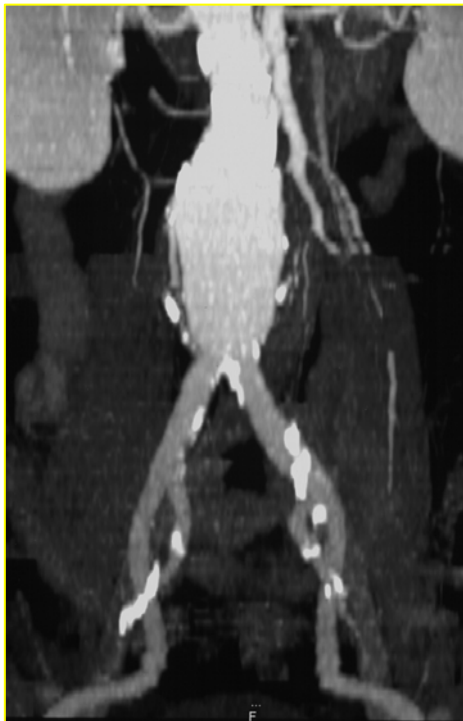
☺ impiego di collimazioni sottili senza ridurre l'estensione del volume esplorabile

☺ aumento del volume esplorabile senza prolungare durata dell'acquisizione



Evoluzione della TAC

1994: *rotazione subsecondo*



studi angiografici

collimazione 3 mm





Evoluzione della TAC

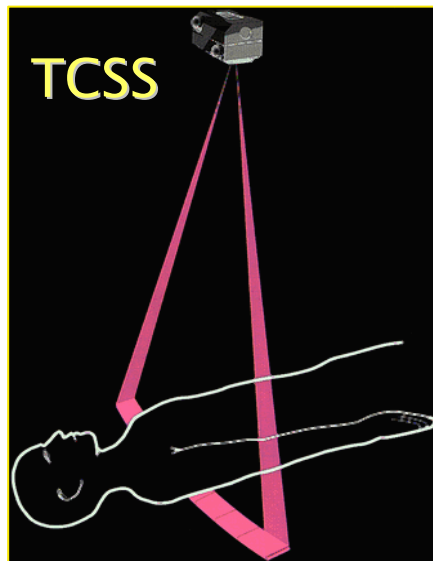
1998: *TC spirale multistrato*

- ❑ 4 scansioni/rotazione
- ❑ tempo di rotazione 0.5 sec
- ❑ >velocità di acquisizione (8 volte)

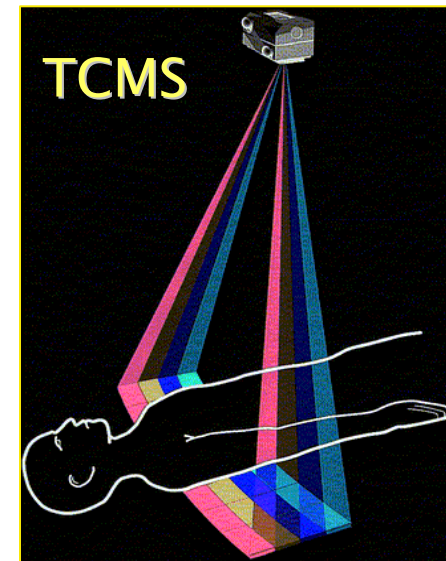


Evoluzione della TAC

TC spirale singolo strato vs TC spirale multistrato



singola fila di detettori; singolo canale di registrazione dei dati



multiple file di detettori; 4 canali di registrazione dei dati



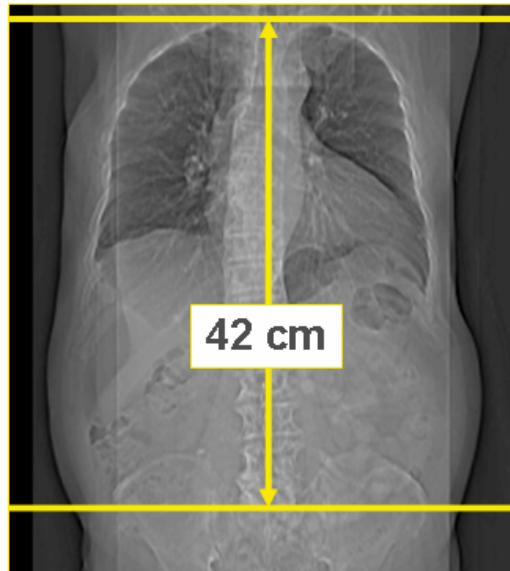
Evoluzione della TAC

TC spirale singolo strato vs TC spirale multistrato

TCSS

collimazione 5 mm
rotazione 1 sec

durata 56 sec



TCMS

collimazione 4x5 mm
rotazione 0.5 sec

durata 7 sec

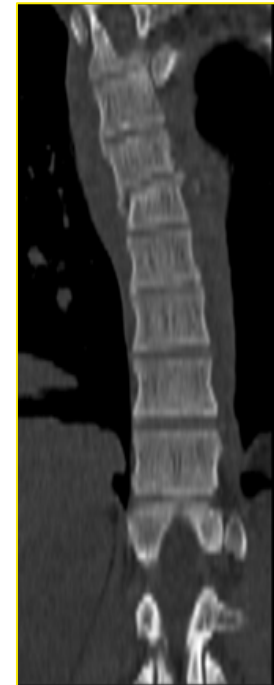
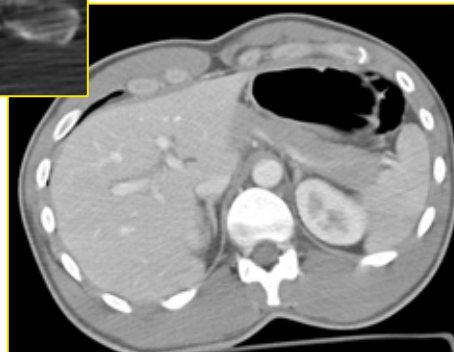
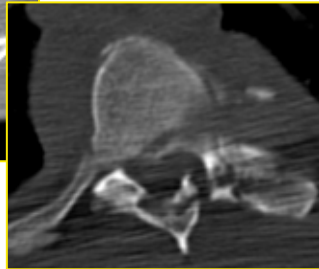




Evoluzione della TAC

1998: *TC spirale multistrato*

collimazione: 4x2.5 mm
durata esame: < 2 min

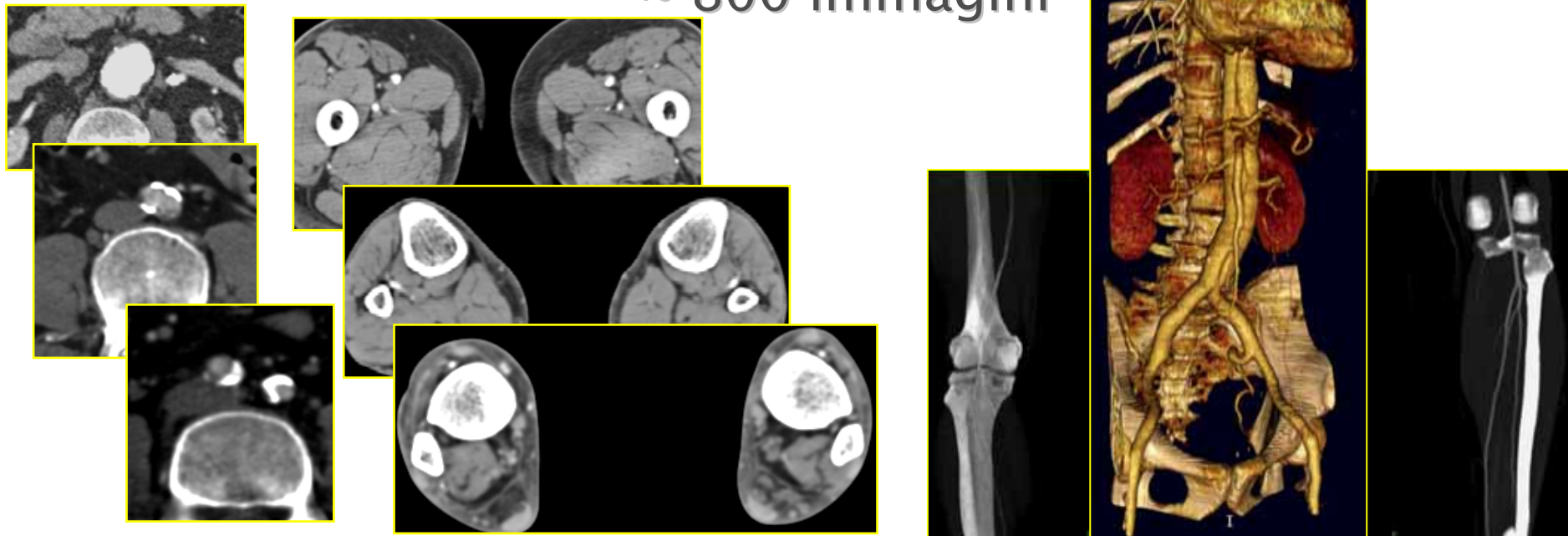




Evoluzione della TAC

1998: *TC spirale multistrato*

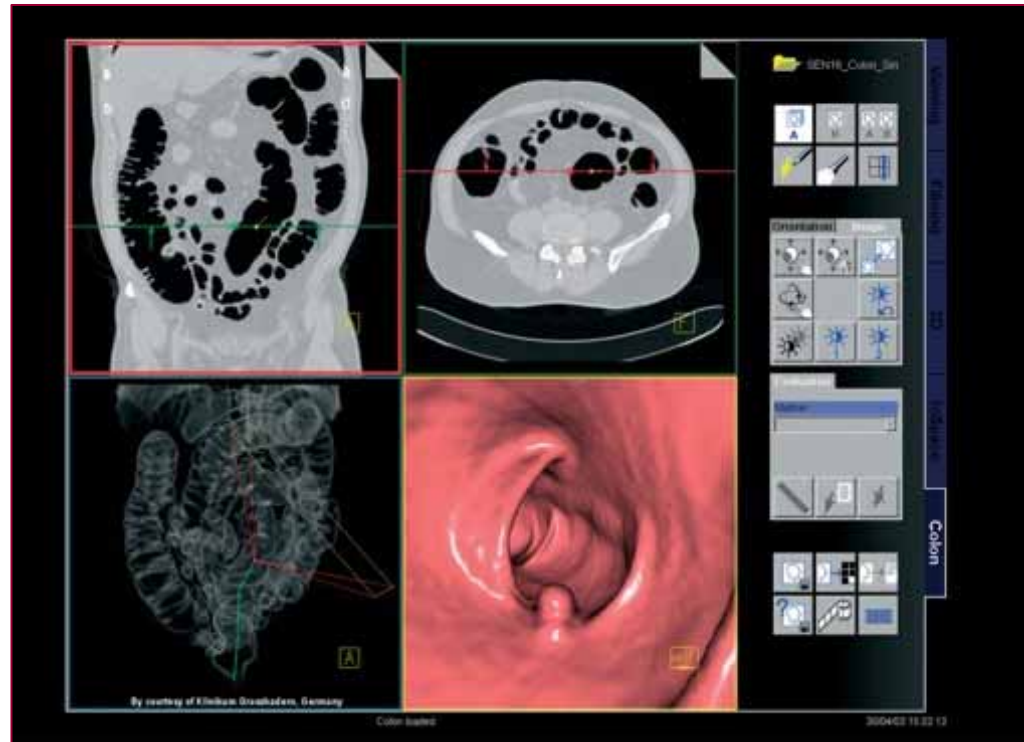
120 cm in 40 s
~ 800 immagini





Evoluzione della TAC

1998: *TC spirale multistrato*

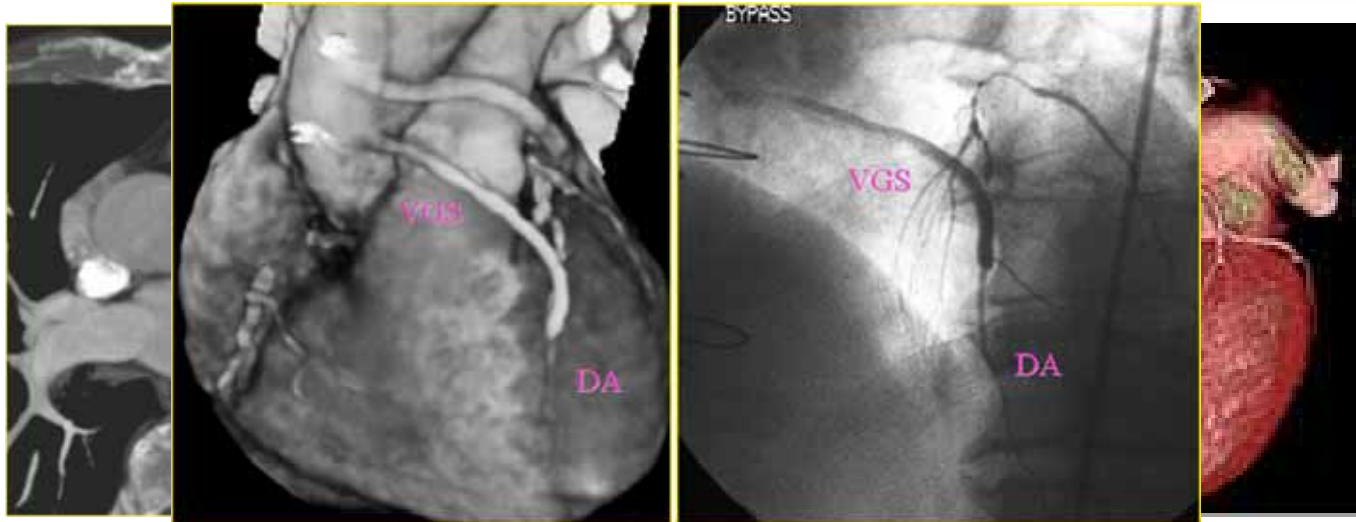




Evoluzione della TAC

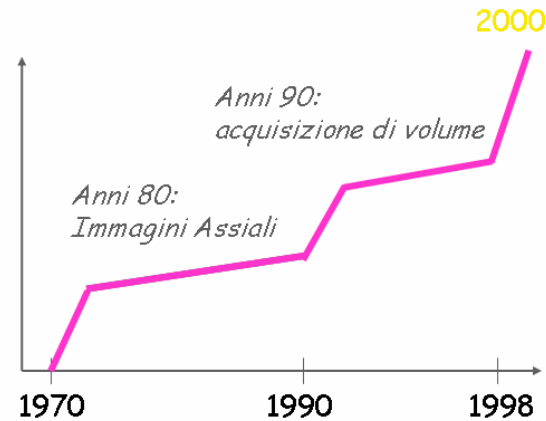
1998: *TC spirale multistrato*

- ❑ *risoluzione temporale di 125 msec*
- ❑ *gating cardiaco retrospettivo*





Evoluzione della TAC

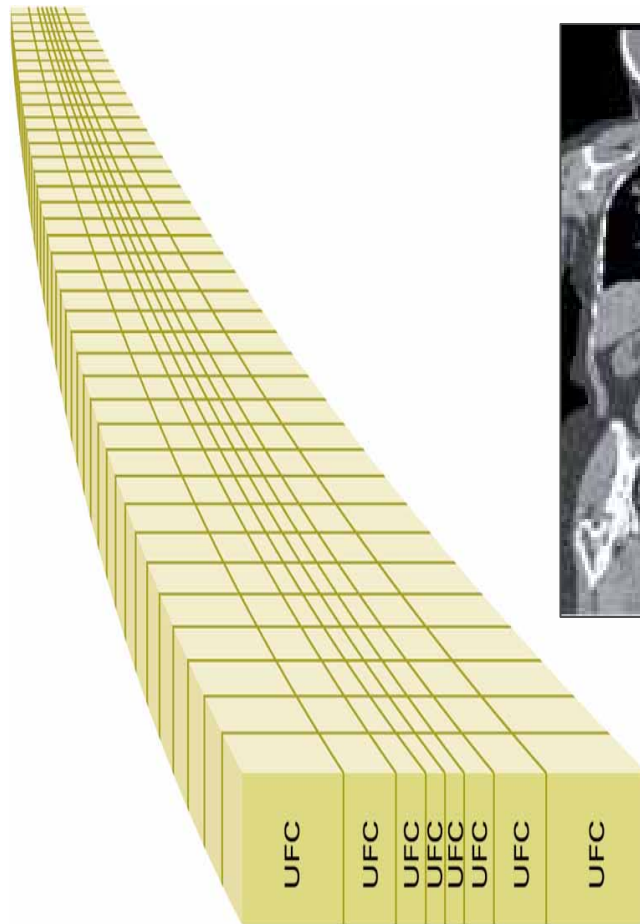


...you on the current edge of technology have already made yesterday's impossibilities the commonplace realities of today ...

Ronald Reagan



Evoluzione della TAC



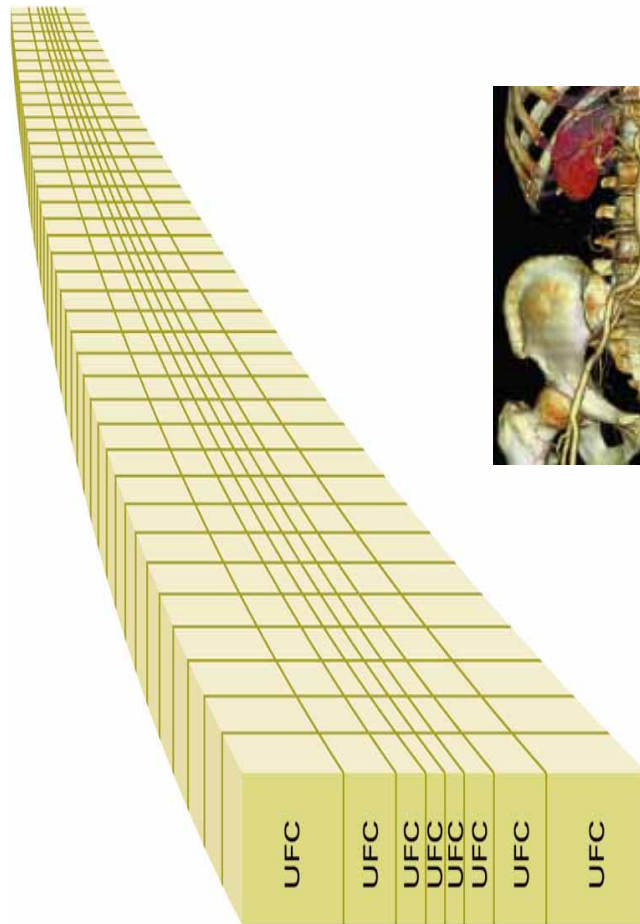
↑ v di rotazione

- ❑ 8 scansioni / rotazione
- ❑ 16 scansioni / rotazione
- ❑ 32 scansioni / rotazione
- ❑ 64 scansioni / rotazione
- ❑ ... scansioni / rotazione

Studio del distretto toraco-
addominale in una singola rotazione



Evoluzione della TAC



↑↑ numero di immagini



workstation

- refertazione
- ricostruzioni 3D

- stampa?
- archivio?



Evoluzione della TAC

Imaging di fusione: PET-TC

