

Corso opzionale di Anatomia radiologica

L'anatomia radiologica consiste nello studio dell'anatomia umana mediante l'analisi di immagini ottenute con varie fonti energetiche.

L'*anatomia radiologica normale* è la base per lo studio dell'*anatomia radiologica patologica* e, quindi della *diagnostica per immagini*.

Vantaggi dell'anatomia radiologica:

1. Possibilità di analisi di organi e apparati anche interni nel vivente;
2. Valutazione delle variazioni morfologiche indotte dalla funzione e dalla postura.

Fonti energetiche per ottenere immagini radiologiche:

- Raggi X (\Rightarrow TAC)
- Ultrasuoni (\Rightarrow ecografia)
- Radioisotopi (\Rightarrow medicina nucleare)
- Campi magnetici e radiofrequenze (\Rightarrow risonanza magnetica)
- Altre

Raggi X

I raggi X originano, insieme ad energia termica, nel riassetamento del nucleo dopo un'eccitazione mediante l'impatto di elettroni.

Tubo radiogeno \Rightarrow come una grossa lampadina: il contenitore è di vetro e contiene elementi collegati da circuiti elettrici. C'è un anodo con superficie dal taglio obliquo, collegato con un filo elettrico ad una fonte di energia. Dall'altra parte sta il catodo, una spirale metallica, con un circuito proprio e con uno che va nella stessa direzione del flusso generale. All'interno del contenitore c'è vuoto o un gas inerte, per impedire la combustione.

Per *effetto Joule*, il catodo perde elettroni, che migrano verso l'anodo. Si ha l'impatto tra elettroni e materiale dell'anodo. Il bombardamento non ha energia tanto elevata da produrre radiazioni. Gli elettroni sono accelerati, creando una differenza di potenziale tra anodo e catodo. Quando si arresta il bombardamento, il riassetamento provoca la radiazione. Variando l'accelerazione, e quindi la differenza di potenziale, si ottengono raggi di qualità diversa (più o meno penetranti).

I raggi X del fascio radiante in realtà vanno in tutte le direzioni.

Intorno al tubo radiogeno, c'è una cuffia, cioè un cilindro che protegge il tubo e impedisce un'irradiazione generale dell'ambiente. Essa è costituita da un materiale ad alto peso atomico. Ha una sola apertura, per creare un fascio radiante mirato.

Al catodo possono esserci una spirale più sottile o più grossa, a seconda della precisione desiderata del fascio radiante: l'ideale sarebbe un catodo puntiforme. Tuttavia, più piccola è la spirale, maggiore è l'usura di cui essa risente.

Anche l'anodo va incontro ad usura, ma se esso ruota, l'impatto è variato. L'anodo ha forma di disco con taglio obliquo e ruota, venendo al contempo raffreddato da un rotore.

Con una radiografia comune siamo in grado di rappresentare su una lastra tutte le formazioni anatomiche, solo che più molli esse sono, meno nettamente marcate esse appaiono. In pratica, si distinguono bene solo le ossa. Ogni tessuto ha la sua radiopacità caratteristica.

Caratteristiche fisiche del fascio radiante:

- Penetra nella materia
- "Fotografia" (riduce sali di Ag^{3+})
- Rende fluorescenti determinate sostanze
- Danneggia i tessuti (può essere utilizzato per terapie anti-cancerose)

Ultrasuoni

Gli ultrasuoni sono vibrazioni (onde meccaniche) ad elevata frequenza (in campo medico tra 1 e 20 MHz), non percettibili dall'orecchio umano.

Gli ultrasuoni sono prodotti tramite *effetto piezoelettrico*, ottenuto mediante vibrazioni ad alta frequenza di lamine sottili di metalli o di ceramiche immerse in un campo elettrico.

Nell'impatto con la materia, gli ultrasuoni vengono riflessi, diffusi o attenuati (a seconda del tessuto con cui entrano in contatto). L'ecografia sfrutta la riflessione degli ultrasuoni.

Nella formazione dell'immagine ecografica sono importanti:

- L'impedenza acustica dei vari componenti della materia
- La frequenza delle onde sonore
- La focalizzazione della sonda
- Il "guadagno" (elemento tecnico per migliorare la qualità dell'immagine)

Il contrasto avviene perché le varie componenti della materia hanno impedenze acustiche diverse. L'ecografia, che fornisce una riproduzione bidimensionale, risente della sovrapposizione delle immagini. Per ovviare a questo problema, si può variare la frequenza delle onde sonore e focalizzare la sonda.

Radioisotopi

Sono elementi che emettono energia sotto forma di radioattività. Ce ne sono di naturali e di artificiali (bombardando un isotopo non radioattivo lo si rende radioattivo).

Con i radioisotopi si possono condurre *scintigrafie*, sia *statiche* (morfologiche), che *dinamiche* (funzionali).

L'apparecchiatura è basata su un fotoscintillatore, che, mediante un cristallo, trasforma i raggi gamma in fotoni luminosi. Il cristallo, di solito, è ioduro di sodio. Si ottiene una mappa di distribuzione della sostanza radioattiva (es.: iodio, per la tiroide). Se c'è qualche patologia, in certe aree si avrà un'assenza di radioattività, che crea contrasto col parenchima. L'iper- o ipo-funzione dell'organo si misurano in base alla quantità di radioattività (si creano grafici funzionali).

Radiografie

Nello spazio, il fascio radiante è divergente (ha forma di cono, con vertice nella sorgente dei raggi).

Spessore, densità e peso atomico dell'oggetto sono i parametri che influiscono sul fascio atomico. L'oggetto, sullo schermo, non subisce alterazioni morfologiche, ma variazioni di dimensioni. Il radiologo deve riprodurre l'organo nelle sue dimensioni anatomiche.

Siccome nella realtà la sorgente (fuoco) non è puntiforme e l'oggetto è vicino al film (non a metà strada tra fuoco e film), si ottiene un'immagine con un alone intorno, tanto più grande quanto meno preciso e meno puntiforme è il fuoco.

Per ottenere l'immagine migliore possibile, il fuoco dev'essere il più lontano possibile dal film ed il più piccolo possibile, l'oggetto il più vicino possibile al film.

Si fissa la distanza convenzionale tra fuoco e oggetto di 1 m, tranne che per il torace (2 m).

Avvicinando l'oggetto alla pellicola, si ovvia al problema dell'ingrandimento.

Il **contrasto** è determinato dalle diverse interazioni dell'energia con la materia.

Il fascio radiante, nell'interagire con la materia, viene deviato. Il fascio emergente è un fascio disomogeneo: ciò è dovuto alla deviazione dei raggi X e dalla loro perdita di energia nel tragitto attraverso il corpo.

Si hanno inoltre delle radiazioni secondarie, che, se arrivano alla pellicola, danno un'ulteriore sbavatura dei contorni (perciò si deve impedire che arrivino alla pellicola). A quest'ultimo proposito, si interpone una griglia a ridosso dell'oggetto. Le lamine della griglia ad alto peso atomico intercettano le radiazioni secondarie (costituendo così un sistema di filtrazione atto a rendere omogeneo il fascio radiante).

A sua volta, però, la griglia può interferire con l'immagine. In radiologia, l'elemento di disturbo è la griglia: muovendola, produce lo stesso effetto fisico, ma non resta impressa nell'immagine (⇒ griglia mobile).

Contrasto eccessivo

Mezzi per diminuire il contrasto ⇒ mezzi fisici (filtri di assorbimento), ottici (schermi differenziali), elettronici (televisione lof-etron).

Contrasto insufficiente

I mezzi di contrasto artificiale sono sostanze immesse nel circolo sanguigno o nell'apparato digerente.

Mezzi di contrasto radiopachi ⇒ rendono il bianco più splendente

Mezzi di contrasto radiotrasparenti ⇒ sono gas posti tra un organo e un altro, per dare un contrasto negativo in quanto sono trasparenti.

Immagine latente ⇒ immagine che si forma quando il fascio radiante esce dall'oggetto. Non si riesce a vedere.

Radiografia:

- Analogica
- Digitale

Radiografia analogica

Parametri importanti:

- Fuoco (sorgente)
- Oggetto
- Pellicola (film)

Il film è una pellicola spalmata di sali di Ag, che sta dentro a una cassetta di una certa consistenza, che ha un lato fatto di materiale che fa entrare i raggi X e un lato di materiale che li trattiene. La cassetta è a tenuta stagna di luce.

Nella cassetta ci sono schermi di rinforzo, cartoni spalmati di una sostanza che, se attraversata da raggi X, diventa fluorescente.

La cassetta e la pellicola servono perché i raggi X di per sé impressionano poco la pellicola (\Rightarrow sali di Ag della pellicola) e perché bisogna amplificare i raggi X (\Rightarrow schermi della cassetta).

Parametri:

- Quantità (kV) di raggi X
- Intensità (A) di raggi X
- Tempo di esposizione

Influisce anche la composizione dell'oggetto, che è disomogenea (\Rightarrow corpo umano).

Una volta che il fascio radiante attraversa e passa oltre l'oggetto, illumina lo schermo di rinforzo, che lo amplifica e lo imprime sulla faccia anteriore della pellicola (effetto fotografico dei raggi X + amplificazione dello schermo), poi fa lo stesso sulla faccia posteriore (col contributo del secondo schermo di rinforzo).

A questo punto l'immagine è ancora latente (c'è, ma non si vede). Bisogna sviluppare la lastra (sviluppo, fissaggio, essiccazione):

- dove l'Ag si riduce \Rightarrow nero
- dove l'Ag non si riduce \Rightarrow bianco

Radiografia digitale

Cattura i quanti di scintillazione, nei momenti di emissione di raggi X.

La cassetta è uguale a quella usata nella radiografia analogica, tranne che per il fatto che non contiene il secondo schermo di rinforzo.

I quanti di scintillazione, una volta eccitati a un livello energetico più alto, rimangono intrappolati e non riescono a tornare al livello energetico di partenza. I vari elettroni catturati formano l'immagine latente. Per vederla, si deve far tornare i quanti di scintillazione al livello energetico più basso. In questo processo, si stimolano col laser (elio-neon: $\lambda = 133 \text{ nm}$) i quanti di scintillazione.

Si amplificano i quanti ricevuti con un amplificatore. Si inseriscono questi segnali in un convertitore analogico-digitale, per ottenere il segnale digitale. Quest'ultimo può essere manipolato per dare un'immagine in tonalità di grigio, oppure si può variare la luminosità, le dimensioni, ecc., oppure si possono immagazzinare le immagini su disco, oppure si possono ottenere altre immagini da quella di partenza (con la radiografia analogica, invece, bisognerebbe sottoporre il paziente ad altri raggi X).

Una volta usato un "plate" (lastra), liberando i quanti dalle trappole per farli tornare al livello basso di energia, si ricicla il plate per un successivo utilizzo.

Il problema della sovrapposizione, però, rimane anche nella radiografia digitale (si vedono formazioni anatomiche sovrapposte).

Stratigrafia

Sfrutta il movimento del tubo radiogeno per visualizzare le strutture anatomiche nel loro piano \Rightarrow no sovrapposizione.

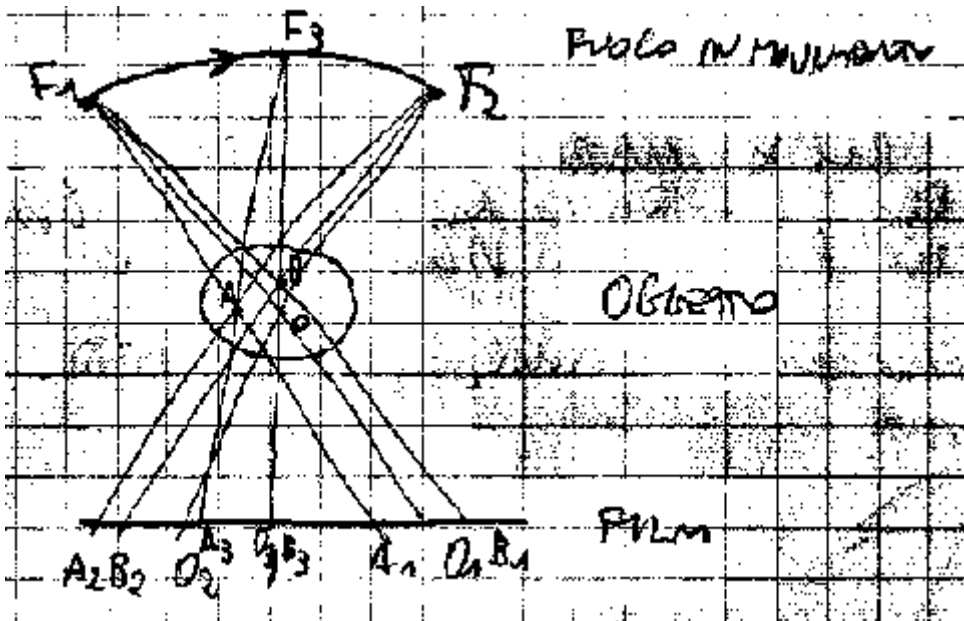
Il fascio radiante viene emesso in tutti gli infiniti punti del piano di basculamento del fuoco.

Se un punto non cade all'interno del piano di basculamento del fuoco, appare sfuocato, evanescente \Rightarrow non crea sovrapposizione.

Variando il piano del fulcro, si variano i punti che cadono fuori del piano di basculamento \Rightarrow si varia lo strato in analisi.

Più stretto è l'angolo di basculamento, più spesso è lo strato considerato.

Più ampio è l'angolo di basculamento, più sottile è lo strato considerato.

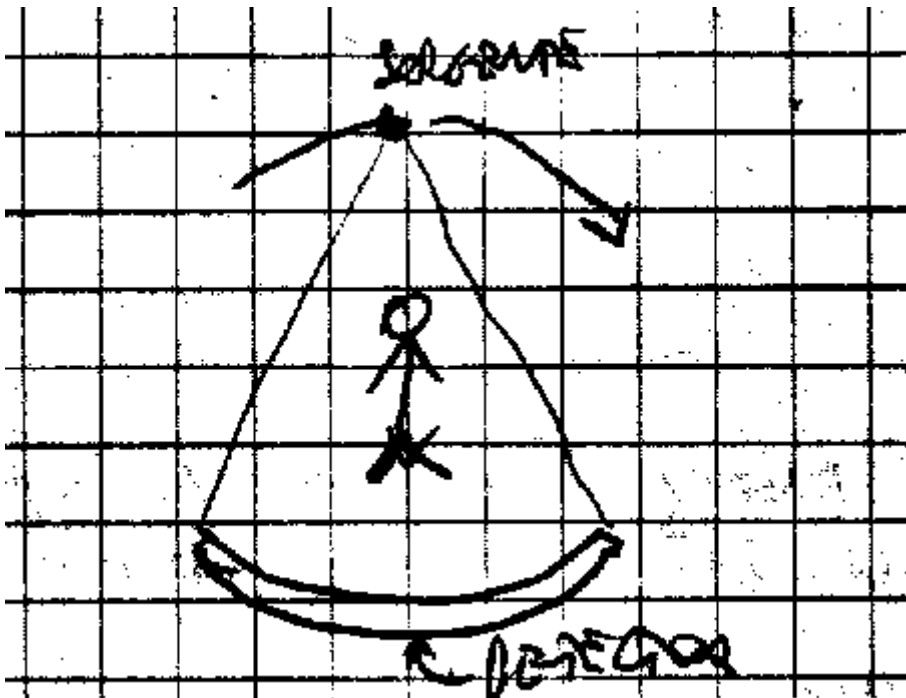


TAC

Sfrutta il principio della stratigrafia. È utilizzata soprattutto nell'analisi dell'encefalo.

Il tubo radiogeno bascula intorno al paziente, emettendo i raggi X, che vengono rilevati da una serie di detector (al posto del film) posti dietro al paziente. I detector, se colpiti dai raggi X, si illuminano.

Ogni passaggio della sorgente ottiene 8 fette.



C'è un'unità di misura per identificare i tessuti, HU (Hounsfield Unit): essa va da -1000 (aria), a 0 (acqua), a +1000 (ossa).

La misura del valore si basa sull'attenuazione del fascio di raggi X. Ogni pixel di ogni strato ha un valore (in HU) ⇒ immagine digitale.

Risonanza magnetica (RM)

Sfrutta la peculiarità di H^+ , che è abbondante in natura (\Rightarrow acqua) e ha spin nucleare = $\frac{1}{2}$: ha due possibilità di orientarsi in un campo magnetico (parallelo o antiparallelo).

Si usa un magnete che orienta gli spin degli H^+ per costruire l'immagine.

- Magneti permanenti \Rightarrow ingombranti, non superano i 0,2 tesla (= 2000 gauss) (sono i magneti presenti in natura)
- Magneti resisitvi \Rightarrow si sfrutta un circuito elettrico \Rightarrow generano troppo calore, sono troppo ingombranti
- Magneti superconduttivi \Rightarrow filamento di lega di niobio-titanio in cui circolano 700 A. Il filamento non si brucia, perché ha bassa resistenza e lo si pone in elio liquido (temperatura ~ 0 K). Una volta tolta l'alimentazione al circuito, il campo magnetico continua ad essere presente.

A meno che non ci si trovi a 0 K, gli spin degli H^+ possono orientarsi come vogliono, rispetto al campo magnetico (paralleli o antiparalleli).

Si immerge il paziente in un campo magnetico.

Si fornisce un'onda radio (un quanto di radiofrequenze), per mettere in condizione gli H^+ di muoversi, per poi tornare al livello di energia originale, restituendo l'energia ricevuta dall'onda radio. Quest'energia viene ricevuta da un'antenna opportunamente tarata.

Quello che varia è il campo magnetico principale (gradiente). Di fondo, c'è un campo magnetico costante.

Con la RM si possono compiere a qualunque livello tutte le sezioni possibili (sagittale, trasversale, frontale, oblique), senza spostare il paziente.

Conclusioni

Ogni tecnica è adatta a un certo tipo di indagine (\Rightarrow dipende dalla patologia).

Ad es., per studiare le ossa (povere di H^+), si utilizzeranno i raggi X, non la RM. Viceversa, per studiare l'encefalo (ricco di acqua, quindi di H^+), si utilizzerà l'RM.

1. Qualunque sia la tecnica, si trasforma energia in segnale visivo.
2. L'immagine rappresenta l'energia attenuata, riflessa ed emessa dal corpo.
3. Il risultato è un'entità fisica che è correlata all'oggetto biologico, ma che non è identica a questo.
4. L'informazione data dall'immagine è di tipo esclusivamente morfologico (non cromatico, termico, fisiologico, ecc.).