

## **7.5 – La Tomografia Assiale Computerizzata**

La *Tomografia Assiale Computerizzata (TAC)* è una metodica di indagine che misura i valori di attenuazione di fasci collimati (concentrati e puntati verso un bersaglio) di radiazioni ionizzanti (*raggi X*) e consente di ottenere l'immagine radiologica di uno strato del corpo

esaminato attraverso l'elaborazione di un numero elevatissimo di misurazioni dosimetriche dei valori di attenuazione.

Come rappresentato in Figura 7.5 il procedimento di scansione consiste nelle seguenti fasi:

- 1) rilevazione radiologica a diverse angolazioni del segmento biologico esaminato;

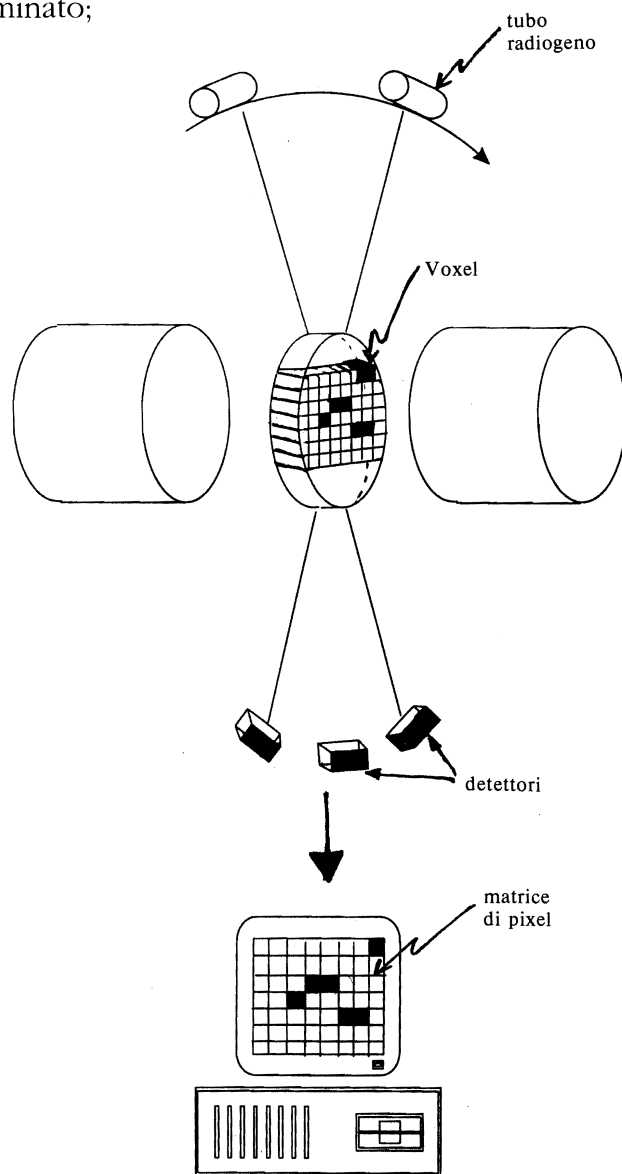


Fig. 7.5 – Rappresentazione delle tre fasi relative alla scansione di un segmento anatomico mediante tomografia assiale computerizzata (TAC).

- 2) risoluzione delle equazioni matematiche relative ai coefficienti di attenuazione dei raggi X, misurati per ciascuna proiezione al fine di ottenere il valore di attenuazione del volume corrispondente all'intersezione delle diverse proiezioni;
- 3) rappresentazione grafica dei valori di attenuazione in una immagine del segmento biologico in studio.

Il fenomeno dell'attenuazione si manifesta quando un fotone RX colpisce la materia originando due processi fisici: 1) *assorbimento fotoelettrico* e 2) *diffusione (effetto Compton)*, entrambi misurabili mediante il **coefficiente di attenuazione** che dipende dall'energia della radiazione e dal tipo di materiale utilizzato ed è associato al rapporto tra l'intensità del fascio emergente e l'intensità del fascio incidente.

Un tubo radiogeno provvede alla produzione di un fascio di raggi X, collimato da appositi filtri, che raggiunge un rivelatore (**detettore**) rappresentato da un dosimetro che fornisce un valore numerico proporzionale al coefficiente di attenuazione medio dei tessuti attraversati in base alla misurazione della dose *emergente* e del valore, noto a priori, di quella *incidente*. Questa operazione viene ripetuta migliaia di volte variando il punto di incidenza e può essere eseguita utilizzando un numero elevato di detettori disposti a corona intorno all'oggetto da esaminare e facendo ruotare il tubo radiogeno. In tal modo si ottengono molte misurazioni in un tempo relativamente breve. Viene pertanto letto uno strato corporeo di spessore definito come se fosse costituito da un numero elevato di **volumi elementari** o **voxel** a ciascuno dei quali viene attribuito un valore numerico correlato con la sua densità. La determinazione di questi valori prevede una serie di operazioni matematiche di notevole complessità atte a correggere gli artefatti e a calibrarne i profili di attenuazione. Tali valori di densità vengono immagazzinati nella memoria del computer, associando a ogni valore un livello di grigio, tanto più intenso quanto minore è la densità. La ricostruzione dell'immagine del segmento biologico in esame avviene quindi sulla base delle proiezioni effettuate: più alto è il loro numero, tanto maggiore saranno le misurazioni elaborabili dal computer e più preciso sarà il calcolo del coefficiente di attenuazione, dei singoli voxel. La risoluzione mediante elaboratore delle migliaia di equazioni relative ad altrettanti coefficienti di attenuazione consentirà la costruzione dell'immagine sotto forma di **elementi di immagine (pixel)** di ciascun strato biologico analizzato. Pertanto la rappresentazione densitometrica di uno specifico

strato anatomico viene realizzata attribuendo ai valori numerici di ogni singolo voxel la corrispondente tonalità di grigio sulla **matrice di pixel** del video del computer sotto forma di immagine che può essere impressa su pellicola radiografica mediante un apposito dispositivo oppure fotografata direttamente dal monitor.

Il computer è indispensabile per lo svolgimento delle funzioni tomografiche principali di acquisizione e ricostruzione dell'immagine, ma anche per:

- il controllo del movimento del complesso radiogeno
- il controllo dei parametri di esposizione al flusso RX
- il controllo della posizione del paziente
- la memorizzazione dei dati del paziente
- l'elaborazione dell'immagine

### 7.5.1 – L'elaborazione dell'Immagine Tomografica

Il valore numerico che l'elaboratore attribuisce al singolo voxel è funzione del coefficiente di assorbimento dei tessuti in esso rappresentati; naturalmente è impensabile che il medico disponga di un enorme tabulato che riporti, voxel per voxel, i singoli coefficienti di assorbimento misurati. Per questa ragione è stata creata una scala arbitraria (scala di **Hounsfield**, dal nome del premio Nobel inventore della TAC) che considera 4000 valori, compresi tra il +2000 del metallo e il -2000 del gas e centrati sul valore zero, corrispondente alla densità dell'acqua. Una successiva riconversione digitale-analogica presenta l'immagine in una forma intelligibile.

Se si prendono in considerazione solo i valori che si riferiscono ai tessuti biologici otteniamo una scala di Hounsfield ristretta all'intervallo [-1000, +1000]: in questo caso la tecnica tomografica ci consente di attribuire 2000 valori diversi a ciascun pixel dell'immagine e, in teoria, di assegnare 2000 tonalità diverse di grigio con valori estremi corrispondenti al tessuto osseo (bianco assoluto) e all'aria (nero assoluto). L'occhio umano tuttavia è in grado di distinguere mediamente solo 40 livelli di grigio; pertanto se la scala dei grigi fosse utilizzata per rappresentare tutti i valori numerici racchiusi nella matrice, nella migliore delle ipotesi ogni livello di grigio riprodurrebbe 50 unità Hounsfield, con un notevole abbattimento delle possibilità diagnostiche: si otterrebbe infatti un'immagine del tutto priva di contrasto nella quale i valori densitometrici dei tessuti molli, su cui più

spesso si concentra l'interesse diagnostico, sarebbero tutti compresi in un unico livello di grigio.

Per porre rimedio a questo limite si è reso necessario lo sviluppo di una tecnica di *rappresentazione a finestra (windowing)* che permette di adattare la visualizzazione dell'immagine tomografica alla capacità visiva dell'occhio umano. In questo modo il computer fornisce al medico la possibilità di selezionare e visualizzare un sottoinsieme di valori di attenuazione fra i 2000 possibili e di scegliere i valori che dovranno essere rappresentati dal bianco e dal nero e quanti valori di attenuazione entreranno a far parte della gamma, permettendo di controllare il contrasto dell'immagine analizzata con un numero di livelli di grigio superiore ai circa 40 percepibili dall'uomo (normalmente ne vengono utilizzati 64).

In Figura 7.6 è stata evidenziata la curva dei 600 valori di attenuazione (numeri di Hounsfield) prescelti, stabilendo la posizione (**livello**) nell'ambito dell'intera scala di valori e l'**ampiezza** della finestra.

Oltre alla funzione di *windowing* il computer consente al medico di:

- selezionare e visualizzare una particolare *regione di interesse* o *ROI (Region Of Interest)*;
- visualizzare i *profili di densità* sotto forma di *istogrammi*;
- visualizzare più immagini confrontabili fra loro;
- calcolare i volumi dello strato anatomico in studio;
- calcolare il valore della superficie e il numero di elementi di una immagine precedentemente circoscritta dall'utente;
- calcolare la distanza fra due punti all'interno dell'immagine;
- ingrandire l'immagine tomografica fino al singolo pixel.

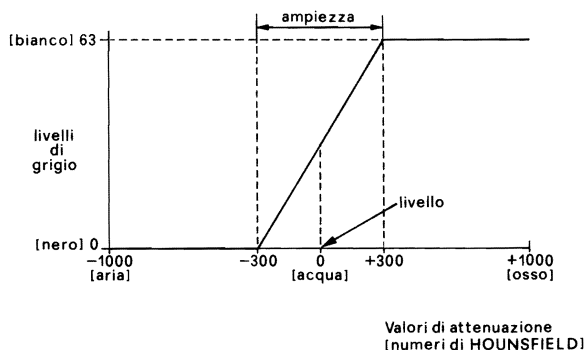


Fig. 7.6 – Grafico relativo a un'operazione di *windowing* al computer in cui sono evidenziati il livello (0: acqua) e l'ampiezza (600: [-300, +300]) della finestra.