

Franco SIMONE
S.C. di Fisica Sanitaria
Ospedale "S. Giovanni A.S."
Torino

AIFM – ISE
Valutazione della Dose al Paziente
in Radiodiagnostica
Torino, 27/11/04

Valutazioni dosimetriche in Mammografia



Argomenti trattati:

1. Cenni storici sulla patologia della mammella.
2. Mammografia e Screening Mammografico.
3. Dosimetria in Mammografia.

Cenni storici sulla patologia della mammella

Il primo documento nel quale si trova una descrizione del tumore della mammella risale al **2800 a.C.**: si tratta di un papiro (geroglifici).

Altri successivi documenti, risalenti al **2000 a.C.** sono stati rinvenuti in Mesopotamia e in India.

Tuttavia la Medicina assurge alla dignità di Scienza con **Ippocrate** (V - IV sec. a.C.) che, nel "**De Morbis Mulieribus**" tratta dei tumori della mammella descrivendone l'insorgenza, il progredire inarrestabile e l'inesorabile esito letale, salvo qualche ipotetico caso di neoplasia benigna.

Nell'epoca augustea, **Aulo Cornelio Celso**, definito il Cicerone della Medicina, affronta organicamente il tema dei tumori nel "**De Re Medica**", dove troviamo addirittura un abbozzo di "stadiazione".

Nel II sec. d.C., Galeno tratta la semeiotica del tumore della mammella e il suo approccio terapeutico (essenzialmente chirurgico), ma affronta anche il problema etiopatogenetico dei tumori.

Occorre comunque arrivare al XVI sec. per vedere affrontata la patologia mammaria in modo organico e completo (**Gabriele Falloppio, 1523-1562**), con una distinzione fra processi infiammatori e tumorali e, fra i secondi, fra quelli benigni e quelli maligni.

È da notare ancora il primo tentativo di introdurre dei "fattori di rischio", sia "costituzionali" sia "ambientali" (eccessive variazioni termiche).

G. B. Morgagni (1682-1771)

collega i sintomi (dolori e congestione mammaria) con il ciclo mestruale (germe delle connessioni di natura ormonale) e osserva le calcificazioni.

Sempre nel XVIII sec. s'individuò il carattere fondamentale della neoplasia maligna, e cioè la "metastatizzazione". Il resto è storia moderna.

Sottolineiamo solo l'importanza del problema cancro al seno, ricordando che, nei Paesi occidentali, esso costituisce circa il 30% dei tumori femminili, che viene diagnosticato, in circa il 75% dei casi, dopo i 50 anni e che risulta quindi di enorme importanza una diagnosi precoce di questa patologia.

Mammografia e Screening Mammografico

Il carcinoma della mammella è il tumore maligno più diffuso nella popolazione femminile dei Paesi industrializzati e, per di più, mostra segni di tendenza all'aumento.

Si può valutare che oggi vivano nel nostro Paese oltre 250.000 donne con esperienza di questa malattia.



Ancora insostituibile è il ruolo della mammografia ai fini dell'identificazione del carcinoma mammario.

Sia nel caso di mammografia "clinica", sia in quello dei programmi di "screening", essenziale è la qualità dell'indagine.

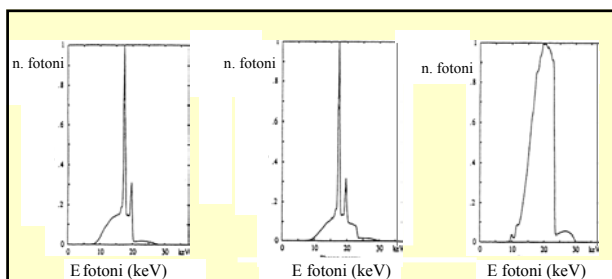
Naturalmente, soprattutto nel secondo caso, occorre cercare (ALARA) il miglior compromesso fra dose somministrata e informazione diagnostica ottenuta.

La mammella normale è costituita da tessuto adiposo, connettivo e ghiandolare, la cui abbondanza percentuale in peso varia a seconda dei soggetti e dell'età.

Questi tessuti sono caratterizzati da uno scarso contrasto naturale e, per di più, occorre rivelare eventuali microcalcificazioni con dimensioni ~ 100 µm, che un radiogramma di scarsa qualità potrebbe non evidenziare), cercando di mantenere basse, come s'è detto, le dosi di radiazioni somministrate.

Per meglio adattarsi alle caratteristiche tissutali delle mammelle, gli attuali mammografi dispongono di diversi **accoppiamenti anodo-filtro** (*Mo/Mo*, *Mo/Rh* e *Rh/Rh*, oppure *Mo/Mo*, *Mo/Rh* e *W/Rh*), selezionabili manualmente o automaticamente, in funzione dello **spessore della mammella compressa** e della sua **costituzione** (abbondanza percentuale di tessuto ghiandolare e adiposo).

Nella figura sono riportati gli spettri caratteristici dei diversi accoppiamenti anodo-filtro. Per Mo/Mo e Mo/Rh si ha un fascio quasi monoenergetico, per W/Rh lo spettro presenta un picco molto più largo: il Mo e il Rh hanno picchi caratteristici nell'intervallo di E in gioco in mammografia (15 ÷ 20 keV), dove lo spettro del W non presenta alcun picco caratteristico (filtro di Rh).



Spettri di fasci con diversi accoppiamenti anodo-filtro:

Mo/Mo (spess. filtro 30 μm) a 28 kV;

Mo/Rh (spess. filtro 25 μm) a 30 kV;

Poiché il numero atomico del Rh ($Z = 45$) è maggiore di quello del Mo ($Z = 42$), l'impiego del filtro di Rh provoca uno spostamento dello spettro del Mo verso energie lievemente superiori a quelle tipiche dello spettro dell'accoppiamento Mo/Mo.

*Per questo motivo, il filtro di Rh si rivela particolarmente indicato nel caso di **mammelle voluminose**, o **particolarmente dense**.*

I fattori che influenzano la **dose alla mammella** possono essere distinti a seconda dell'“**area**” sulla quale agiscono (a monte, a livello o a valle della mammella):

- **Area Tecnologica (a monte);**
- **Area Biologica;**
- **Area Tecnologica (a valle).**

a) Area Tecnologica (a monte)

La **qualità del fascio** influisce sulla **distribuzione della dose** nell'organo. Il fascio ottimale dev'essere **il più possibile monocromatico** e deve avere una **bassa energia**, così da permettere di evidenziare le varie strutture dell'organo, che hanno un **basso contrasto** naturale, e **particolari di piccole dimensioni** (~ 100 μm).

b) Area Biologica

È essenziale considerare lo **spessore** e la **densità** delle varie strutture.

L'aumento di uno di questi parametri, o di entrambi, si traduce, infatti, in un aumento dell'esposizione. Per ovviare in parte a questo fenomeno, viene impiegato il **compressore**, così da ridurre e rendere quanto più possibile uniforme lo strato di tessuto che dev'essere attraversato dalla radiazione.



c) Area Tecnologica (a valle)

Di quest'area tecnologica fanno parte la **cassetta radiografica**, la **pellicola**, il **processo di sviluppo**, le **condizioni d'osservazione** e le **griglie antidiffusione**.

Il DLgs 187

Art. 4 - Principio di ottimizzazione (ALARA)

**Tutte le dosi.... devono essere mantenute al livello più basso possibile....
.... si deve tener conto dei LDR...**

Art. 9 - Pratiche speciali

**.... b) programmi di screening...
...il responsabile dell'impianto radiologico provvede affinché un esperto in fisica medica esegua periodiche valutazioni dosimetriche....**

In mammografia, data la delicatezza dell'organo interessato, il metodo di valutazione della dose deve consentire di confrontare il valore dell'esposizione con il rischio oncogeno.

Particolare cura dev'essere posta, nel corso di tutte le varie fasi dell'esame mammografico, al fine di ridurre quanto più possibile la dose di radiazioni assorbita dalla paziente.

Fin dall'introduzione, nel **1969**, del tubo radiogeno con **anodo di Mo** e **filtro di Mo (K-edge filter)**, c'è stato un interesse crescente per il confronto fra **dosi assorbite in mammografia**.

Su tale argomento si trovano quindi in letteratura numerosi lavori, basati sia su misure **"in vivo"** sia su misure su **fantoccio**.

C'è stata incertezza sul tipo di fantoccio capace di rappresentare la mammella media, in grado di produrre una **dose in ingresso (ESD, Entrance Surface Dose, retrodiffusione inclusa)** di valore vicino a quello medio ($\sim 10 \text{ mSv}$).

Attualmente si considera **standard** una mammella compressa con **forma semicircolare di raggio $\geq 80 \text{ mm}$ e spessore totale di 50 mm :**

- **guscio adiposo di 5 mm ;**
- **zona centrale, di spessore 40 mm (in peso 50% di tessuto ghiandolare e 50% di tessuto adiposo).**

Viene simulata da un fantoccio di plexiglas spesso $45 \pm 0,5 \text{ mm}$ rettangolare (dimensioni $\geq 150 \times 100 \text{ mm}^2$) oppure semicircolare (raggio $\geq 100 \text{ mm}$), denominato **fantoccio standard.**



La grandezza più semplice da misurare è la **dose in ingresso alla cute (ESD).**

Questa corrisponde alla dose massima, e non costituisce una buona indicazione del rischio d'insorgenza di tumore radioindotto, in quanto la cute non è il tessuto più radiosensibile. Il tessuto più significativo per la **stima del rischio** è quello **ghiandolare**, che risulta concentrato soprattutto nel **quadrante superiore esterno** e in quello **inferiore interno**, zone con maggiore probabilità d'insorgenza di tumori spontanei.

ESD e ESAK

ESD = Entrance Surface Dose

ESAK = Entrance Surface Air Kerma

BSF = Back Scattering Factor

ESD = ESAK \times BSF, in cui BSF $\approx 1,09$

AGD

AGD = Average Glandular Dose

AGD = ESAK $\cdot g \cdot c \cdot s$

dove:

- **g** è il fattore di conversione fra il kerma in aria incidente e la dose ghiandolare media;
- **c** è il fattore che tiene conto della percentuale di ghiandola nella mammella;
- **s** è il fattore che tiene conto dello spettro dei raggi X incidenti.

*Il **fattore g** è stato calcolato utilizzando il metodo Monte Carlo, supponendo la mammella costituita nella sua regione centrale da una mistura di **tessuto ghiandolare** (in peso il 50%) e di **tessuto adiposo**.*

Esso è fornito in funzione dello spessore della mammella compressa per diversi valori di SEV, ma soltanto per un accoppiamento anodo-filtro di Mo/Mo.

*Il **fattore s** tiene conto delle diverse distribuzioni dello spettro energetico per accoppiamenti anodo-filtro diversi da Mo/Mo. Per semplicità viene fornito per ogni accoppiamento un unico **fattore s** indipendentemente dallo spessore della mammella compressa e del SEV.*

*Il **fattore c** tiene conto della percentuale di tessuto ghiandolare nella mammella.*

L'assunzione che tale componente costituisca in peso il 50% della mammella può essere una buona approssimazione per spessori compresi tra 4 e 6 cm, ma per mammelle più spesse tale percentuale diminuisce, mentre aumenta per quelle più sottili. Esso varia tra 0.779 e 1.329, ed è quindi facilmente intuibile la necessità di tenerne conto per evitare una sovrastima o una sottostima della dose ghiandolare media.

*Come s'è già detto, l'abbondanza percentuale del **tessuto ghiandolare**, in peso, varia a seconda dei soggetti e dell'età. Il suo valore si riduce al crescere dello spessore e con l'avanzare dell'età.*

Per esempio, per 4 cm di spessore della mammella compressa esso è del 65% fra 40 e 49 anni, mentre è del 50% fra 50 e 64 anni.

Per 5 cm di spessore della mammella compressa esso è del 49% fra 40 e 49 anni, mentre è del 33% fra 50 e 64 anni.

Principi Fondamentali

• ***Principio della Giustificazione***



• ***Principio dell'Ottimizzazione (ALARA: As Low As Reasonably Achievable)***



*La **valutazione della dose al paziente** e la **ricerca di metodi per ridurla**, senza diminuire il valore diagnostico delle informazioni ricavabili dall'indagine, rivestono un grande interesse.*

*La **dose assorbita** nel corso di un esame radiologico **varia sensibilmente** per le diverse parti del corpo e nei vari organi, con un **massimo sulla cute** in corrispondenza della zona d'ingresso del fascio di raggi X.*

L'entità della dose erogata dipende da molteplici fattori:

- **parametri tecnici;**
- **caratteristiche delle apparecchiature;**
- **dimensioni del fascio;**
- **numero di radiogrammi....**

Fattori di rischio

Per quantificare i rischi conseguenti alle dosi assorbite in Radiodiagnostica occorre, in generale, riferirsi ai fattori di rischio, definiti come frequenza di casi di un dato danno per unità di dose.

Nel caso particolare dello screening mammografico, il rischio d'indurre tumori dev'essere confrontato con la capacità di rivelare tumori in fase precoce e, di conseguenza, con la riduzione della mortalità provocata dall'incidenza spontanea della patologia.

I **fattori di rischio**, che derivano da diversi modelli di calcolo, sono forniti dalla Pubblicazione n. 60 dell'ICRP, ma, nel caso dello screening, devono essere corretti, in quanto:

- sono basati principalmente su studi condotti su individui giapponesi sopravvissuti ai bombardamenti di **Hiroshima** e **Nagasaki**;
- le donne europee hanno un'incidenza naturale di tumori mammari **5 volte superiore** a quella delle donne giapponesi;
- le **dosi** dovute alle indagini mammografiche sono **basse e frazionate su lunghi periodi**;
- le donne interessate al programma di screening hanno **almeno 40 anni**.

Nelle donne che si sottopongono alle indagini di screening **ogni 2 anni**, si ha una riduzione della mortalità del **40%** nel caso in cui la **prima mammografia** venga eseguita a **50 anni**; se l'età d'inizio è **40 anni**, nel periodo **fra i 40 e i 50 anni** la riduzione è del **15%**. Il fatto di avere una minore riduzione della mortalità nelle donne più giovani, può spiegarsi con la minore incidenza della patologia in tale periodo della vita rispetto a quello successivo.

In Italia: prima mammografia a **50 anni** (miglior rapporto **rischio/beneficio**).

Dobbiamo porre l'accento sul fatto che i dati relativi al rischio d'insorgenza di **tumori radioindotti** sono ottenuti **estrapolando a basse dosi i valori relativi alle dosi alte**; tali valori devono quindi essere considerati **cautelativi**. Da questo si può concludere che il rapporto fra rischio e beneficio è talmente a favore di quest'ultimo che, nelle indagini di screening, si può considerare **prioritaria la qualità dell'immagine** senza timore di venir meno ai principi della radioprotezione.

Conclusioni (1)

- 1) *il cancro della mammella implica alti costi sanitari e sociali;*
- 2) *la mammografia è l'esame d'elezione per la diagnosi di tale patologia, anche in fase pre-clinica, con un'anticipazione diagnostica media di diversi anni;*

Conclusioni (2)

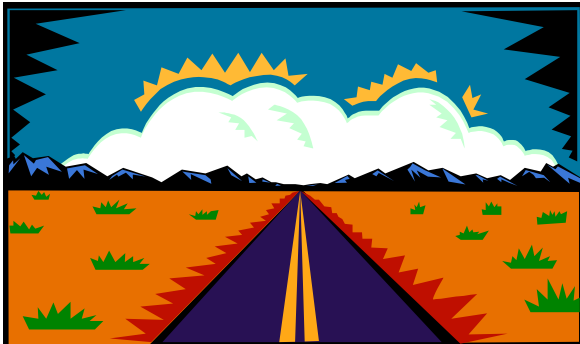
- 3) *l'attuazione di un programma di screening mammografico costituisce un efficace strumento di riduzione della mortalità per carcinoma mammario nelle donne oltre i 50 anni d'età;*
- 4) *le stime del rapporto costo/beneficio per i programmi di screening mammografico dimostrano che la loro realizzazione è vantaggiosa;*

Conclusioni (3)

- 5) *i vantaggi che si traggono dall'esame mammografico, sia in fase clinica, sia, soprattutto, in corso di screening, sono tanto maggiori quanto minore (a parità di contenuto diagnostico) è la dose somministrata alla paziente;*

Conclusioni (4)

- 6) *la sensibilizzazione di tutti gli operatori coinvolti in questa "pratica" deriva in gran parte dalla pianificazione e dalla realizzazione di adeguati programmi di Garanzia della Qualità, nell'ambito dei quali occupano un posto di rilievo periodiche misure della dose somministrata.*



Grazie dell'attenzione!