

# Mammografia e sincrotrone: la fisica per la medicina

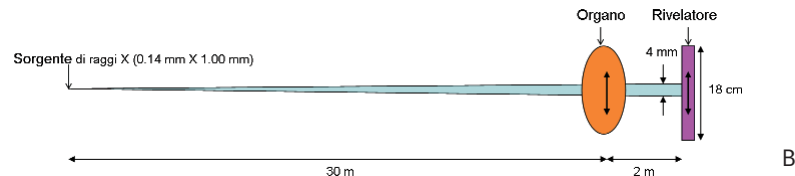
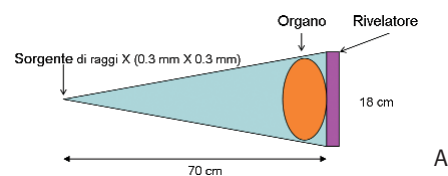
Per la prima volta al mondo, raggi X generati da una macchina di luce di sincrotrone sono stati utilizzati per eseguire mammografie su pazienti.

di EDOARDO CASTELLI

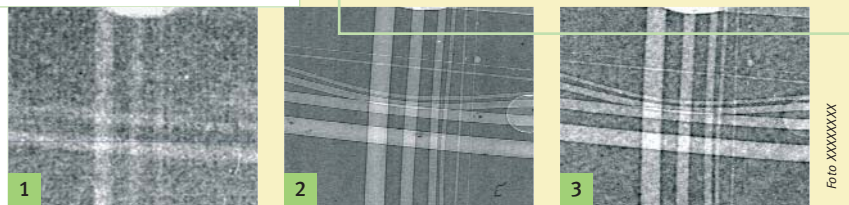
Nove pazienti, tre in marzo e sei in aprile di quest'anno, sono state sottoposte ad esame mammografico presso il laboratorio nazionale di luce di sincrotrone Elettra, a Basovizza. Si tratta del coronamento di un progetto che ha richiesto una lunga sperimentazione per la quale è stata costruita la linea di luce SYRMEP (si veda il box).

I raggi X utilizzati in radiologia diagnostica clinica sono prodotti sostanzialmente con versioni attuali dei tubi messi a punto da Coolidge nel 1913, modificando

*Fig. 1. Confronto tra la tecnica mammografica "standard" e con luce di sincrotrone. La geometria delle due configurazioni è presentata in sezione. Le dimensioni non sono in scala. A. mammografo clinico standard. Il fascio, l'organo ed il rivelatore non si muovono. B. mammografo con luce di sincrotrone, configurazione in "contrasto di fase". Il fascio è fisso: si muovono verticalmente, in modo solidale, l'organo ed il rivelatore. Il parametro importante è l'angolo, molto diverso nei due casi, sotto il quale viene vista la regione da radiografare.*



*Fig. 2. Fili di nylon di diametro da 50 a 800 micron. 1. Immagine convenzionale in assorbimento, con il sistema schermo-pellicola (bassa dose e bassa risoluzione) 2. Immagine con luce di sincrotrone, a contrasto di fase, con film ad alta risoluzione (dose molto alta e ottima risoluzione) 3. Immagine con luce di sincrotrone, a contrasto di fase, con il sistema schermo-pellicola (bassa dose e buona risoluzione)*



gli originali adoperati da Roentgen a partire dalla scoperta dei raggi X nel 1895. Le macchine di luce di sincrotrone sono sorgenti più moderne di raggi X: rispetto ai generatori convenzionali, producono fasci di raggi X laminari, parecchi ordini di grandezza più intensi. È quindi abbastanza agevole usare monocromatori per selezionare l'energia più adatta allo specifico esame clinico, realizzando così il sogno dei radiologi di poter disporre di sorgenti praticamente monocromatiche. L'energia dei raggi X viene scelta in funzione delle caratteristiche dell'organo esaminato (spessore, densità, ecc.) e di conseguenza si ottiene una riduzione della dose erogata, rispetto a quella dell'esame convenzionale.

Considerate le caratteristiche di Elettra, ottimizzata alla produzione di raggi X fino all'energia massima di circa 35 keV, la comunità dei radiologi ha indicato la mammografia come principale applicazione in vista della sperimentazione "in vi-

vo": Elettra è una sorgente particolarmente adatta a radiografare "soft tissues", molto trasparenti ai raggi X, come appunto quelli del seno.

La radiologia diagnostica convenzionale si basa sul diverso assorbimento dei raggi X nei tessuti da radiografare. Con l'utilizzo di fasci di raggi X da sincrotrone è invece relativamente agevole rendere evidenti anche i cosiddetti effetti di fase, che aumentano in modo sostanziale la visibilità dei dettagli degli oggetti sottoposti all'esame radiografico.

Il successo dalla sperimentazione "in vitro" fu dovuto proprio a questa possibilità. Si dice che i fasci laminari di raggi X da sincrotrone sono ad alta coerenza spaziale; in Figura 1 si vedono le due configurazioni geometriche, quella del normale tubo della mammografia convenzionale e quella della luce di sincrotrone: l'angolo sotto il quale, nei due casi, viene vista la regione da radiografare è molto diverso ed è questo il parametro im-

## MAMMOGRAFIA CLINICA CON RAGGI X DA SINCROTRONE

di LUDOVICO DALLA PALMA

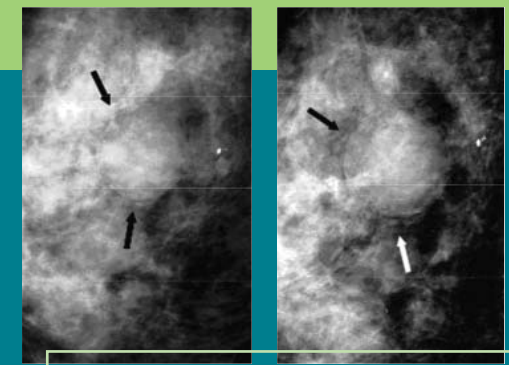
La messa a punto sperimentale della tecnica mammografica con raggi X da sincrotrone costituisce la premessa per considerare questa nuova modalità anche in clinica per una certa tipologia di pazienti. I due esami di primo livello, attualmente impiegati per l'accertamento in fase precoce del cancro mammario, sono la mammografia con raggi convenzionali e l'ecografia: entrambi questi esami sono gravati da alcuni limiti che condizionano la sensibilità ottimale nel riconoscimento di una lesione. Le due tecniche sono complementari ed il loro abbinamento lascia tuttavia mediamente un cinque per cento di casi dubbi, rispetto al totale delle donne sottoposte all'esame. In questi casi dubbi la diagnosi deve essere chiarita principalmente con biopsia, che individua le pazienti veramente ammalate: in questa fase, approssimativamente in una donna su quattro si conferma la lesione.

Presso l'Unità Clinica Operativa di Radiologia a Cattinara, in un anno, circa cinque mila donne si sottopongono a mammografia, lasciando 200-300 casi dubbi, da sottoporre a successiva indagine. È ad una parte di questo gruppo di pazienti con diagnosi dubbia, che il nostro Gruppo ha rivolto l'attenzione per sperimentare l'apporto dei raggi X da sincrotrone. In particolare, dalla sperimentazione è emerso il grande vantaggio di ricorrere, anziché al fenomeno dell'assorbimento del fascio, all'effetto di fase che migliora il contrasto dell'immagine e perfeziona la visibilità dei dettagli, in particolare dei contorni della lesione, migliorandone la caratterizzazione (si veda l'articolo di Edoardo Castelli).

Il passaggio dalla mammografia sperimentale a quella clinica ha richiesto la messa a punto di un'attrezzatura adatta all'esa-

portante che fa la differenza. Nella seconda configurazione basta mettere il rivelatore, d'adeguata risoluzione spaziale, a circa 2 metri dall'oggetto da radiografare per osservare gli effetti di fase, che non si possono invece vedere in mammografia convenzionale, con l'oggetto praticamente a contatto del rivelatore.

Il punto essenziale, che abbiamo messo in luce proprio durante gli esperimenti preparatori "in vitro", è che si può ottenere tutto ciò anche a basse dosi, analoghe a quelle erogate in mammografia convenzionale (Figura 2). ■



*Mammografia convenzionale digitale (a sinistra) e con luce di sincrotrone (a destra). Le frecce indicano un'opacità di massa rotondeggiante mal riconoscibile nel primo caso e ben riconoscibile nel secondo, dove è ben visibile un contorno netto che orienta verso la benignità della lesione. A destra, inoltre, si osserva bene la struttura della ghiandola mammaria.*

me su pazienti. Il protocollo prevede la selezione dei casi dubbi agli esami convenzionali e l'esame di un centinaio di pazienti per dare attendibilità statistica ai risultati. Il numero ridotto di pazienti che rientrano nel protocollo e, al momento, la ridotta disponibilità temporale del sincrotrone fa prevedere che la casistica necessaria per emettere un giudizio sulla validità della nuova tecnica potrà essere raccolta nello spazio di circa due anni, seguendo la procedura approvata dal Comitato Etico dell'Azienda Ospedaliera Universitaria di Trieste.

La validazione clinica è iniziata da circa due mesi: le immagini sinora acquisite sembrano confermare quanto emerso dalla ricerca sperimentale (si veda la figura).

Nel frattempo la ricerca dei fisici continua per mettere a punto un rivelatore digitale che sostituirà l'attuale pellicola radiografica con il vantaggio di poter migliorare il contrasto ed elaborare l'immagine per l'esplorazione di tutti i dettagli. Il rivelatore digitale consentirà inoltre la messa a punto della tecnica di tomografia che permetterà di documentare i soli strati della mammella dove si localizza la lesione con il vantaggio di poterla mettere a fuoco e quindi analizzare senza la sovrapposizione delle strutture anatomiche circostanti. ■

**SYRMEP ED ELETTRA** L'idea di utilizzare i raggi X per esami mammografici fu immediatamente successiva alla proposta di costruzione della macchina di luce di sincrotrone Elettra, nel 1985. Pochi anni più tardi nacque la proposta per la linea di luce SYRMEP (Synchrotron Radiation for Medical Physics), per ricerche il cui scopo ultimo era la sperimentazione su pazienti. Elettra entrò in funzione nel 1993 e nello stesso anno si iniziò la costruzione di SYRMEP, con finanziamenti da parte dell'Università, dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e della Sincrotrone. Nel 1996, anche grazie ai contributi finanziari della Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Trieste e la Regione FVG, iniziarono gli esperimenti "in vitro", i cui risultati, molto incoraggianti, favorirono due anni dopo l'approvazione della fase di sperimentazione "in vivo". Nell'anno successivo, un cospicuo finanziamento della Fondazione CRTrieste permise l'avvio del progetto che successivamente prese il nome ufficiale di "Mammografia con raggi X da sincrotrone: sperimentazione clinica". Questo finanziamento, come quello precedente dell'università, fu gestito dal CSPA (Centro Servizi Polivalenti d'Ateneo). Poiché erano previsti esami su pazienti, nello stesso periodo, anche l'Azienda Ospedaliera Mista "Ospedali Riuniti di Trieste" fu coinvolta nell'impresa. Nel 2000 iniziò la fase di modifica della linea di luce: si progettò la sala pazienti con il lettino mobile, la sala per medici e tecnici impegnati nell'esame ed il sistema di controllo. La fase autorizzativa risultò particolarmente laboriosa ed ebbe inizio nel luglio del 2004 quando il Comitato Etico dell'Azienda Ospedaliera espresse parere favorevole al progetto. Si dovette attendere però fino al gennaio 2006 per ottenere il definitivo nulla osta dal Ministero della Salute. I finanziamenti complessivi, a partire dal 1993, per il progetto SYRMEP ammontano a 2.4 milioni di euro; in tale cifra è compresa solamente la spesa per le apparecchiature, non quella per il personale dei vari enti coinvolti. ■