

**Paola Enrica Colombo**

autore

*Dirigente S.C. Fisica  
Sanitaria  
Azienda Ospedaliera  
Niguarda Ca' Granda  
Milano*



# Le continue sfide della Tomografia

**INTERACTIVE NEWS**

Negli ultimi 40 anni la Tomografia Computerizzata (TC) ha attraversato la storia della radiologia con una affascinante avventura. Dal 1971, anno in cui fu realizzato il primo Tomografo Assiale Computerizzato, fino ai giorni nostri questa tecnologia ha vissuto continue evoluzioni che hanno man mano ampliato la sua capacità diagnostica e possiamo dire che ancora oggi le sue potenzialità non sembrano essersi esaurite.

**N**egli ultimi 40 anni la Tomografia Computerizzata (TC) ha attraversato la storia della radiologia con una affascinante avventura.

La storia è iniziata con l'invenzione geniale dell'ingegnere inglese Godfrey N. Hounsfield e del fisico sudfricano Allan M. Cormack grazie ai quali fu possibile realizzare nel 1971 il primo Tomografo Assiale Computerizzato all'Atkinson Morley's Hospital di Wimbledon che valse ad entrambi il premio Nobel per la Medicina nel 1979.

Da allora fino ai giorni nostri questa tecnologia ha vissuto continue evoluzioni che hanno man mano ampliato la sua capacità diagnostica e possiamo dire che ancora oggi le sue potenzialità non sembrano essersi esaurite.

Un passo importante nella storia della TC è stato l'introduzione della **tecnica spirale** negli anni 1990 (W. Kalender) per cui alla rotazione del gantry si aggiunse il movimento longitudinale del lettino.

Questo significa che mentre il lettino trasla longitudinalmente il gantry (ovvero il sistema tubo rivelatori) continua a ruotare, come il cestello di una lavatrice.

Per assicurare il trasferimento della tensione all'interno del gantry (necessaria per l'alimentazione del tubo RX) la tecnica spirale richiede l'utilizzazione dei contatti striscianti (slip ring), invenzione che si ebbe nel 1987, che assicurano una connessione elettrica senza la presenza di cavi.



# computerizzata

Alla fine degli anni 90 un'importante svolta è stata l'introduzione della **tecnica multistrato** per cui l'acquisizione viene effettuata su diversi strati contemporaneamente: questo ha consentito di aumentare il dettaglio anatomico senza perdere in tempo di acquisizione. La prima realizzazione si deve alla Ditta Elscint che nel 1996 inventò il primo Scanner CT che acquisiva contemporaneamente 2 strati chiamato in modo evocativo "TWIN".

Oggi il mercato offre una proposta di sistemi molto differenti e performanti: ci sono sistemi a due tubi (Dual Source CT-Siemens) o sistemi che consentono un'ampia copertura volumetrica (320-MDCT-Toshiba) oppure sistemi che consentono l'analisi spettrale dell'immagine (Spectral CT-Philips).

La grande corsa e rincorsa tecnologica da parte dei diversi costruttori ha consentito di avere a disposizione una tecnica sempre più performante e versatile che ha allargato il campo di applicazione della metodica: i sistemi TC hanno un ruolo fondamentale nelle attività di Medicina di Urgenza e nel campo della medicina specialistica come ad esempio per la ricerca e la stadiazione delle neoplasie. Settori innovativi che hanno tratto vantaggio dall'evoluzione sono lo studio delle coronarie (CoroTC) che integra in modo non invasivo le tecniche di studio delle patologie coronariche, la colonscopia virtuale per lo studio non invasivo del colon o lo screening del torace per la ricerca di noduli sospetti, l'angioTC per lo studio dei vasi sia per il distretto encefalico (intracranici e sovraortici) che per il distretto addominale che

quello periferico, fino agli studi di perfusione encefalica.

La conseguenza "fisiologica" dell'enorme diffusione di questa tecnica è stato l'aumento della dose da radiazione somministrata al paziente: conseguenza inevitabile che dobbiamo accettare come il "prezzo" da pagare per ottenere questa enorme capacità diagnostica.

Il fenomeno dell'aumento nell'uso della TC è stato osservato in tutto il mondo con diversi pattern che tengono conto delle potenzialità economiche delle singole situazioni socio economiche, oltre che dei meccanismi di rimborso sanitario.

I dati ci dimostrano che l'uso della TC rappresenta solo qualche percentuale del numero totale di procedure radiologiche diagnostiche ma che è responsabile del 50-70% della dose da radiazione complessiva per esposizione medica. In Germania, realtà europea paragonabile all'Italia, ad esempio nel 2006 (BFS 2009)

il numero degli esami TC rappresenta il 7% del totale ma è responsabile del 60% della dose per pratiche radiologiche mediche, con un raddoppio rispetto a dieci anni prima (dal 38% a 60%).

In altre parole l'esame TC viene prescritto con una frequenza bassa (ad esempio in Lombardia nel 2011 la frequenza è di 15 esami/anno ogni 1000 abitanti), ma la dose assorbita per singolo esame è molto più alta rispetto ad altre indagini radiologiche: la dose impartita con un esame TC dell'addome può essere qualche centinaia di volte più

alta di un esame RX del torace. Questo paragone viene riportato solo per dare un'idea della differenza numerica perché i due esami non sono confrontabili dal punto di vista delle informazioni diagnostiche. Un esame del RX del torace non può sostituire in alcun modo un'indagine TC.

Appare quindi evidente che è fondamentale la "giustificazione" dell'esame TC: il processo decisionale, come richiamato dal D.Lgs 187/2000, parte dal medico specialista che individua la necessità di effettuare l'esame, mentre il medico radiologo ne verifica il beneficio diagnostico tenendo conto anche dei rischi connessi e proponendo se necessario percorsi diagnostici alternativi.

La fase prescrittiva-decisionale è importante per tutti i pazienti ma assume un ruolo ancora più importante nel caso del paziente pediatrico, dove alla dose è associato un rischio maggiore dovuto alla maggiore

La conseguenza "fisiologica" dell'enorme diffusione di questa tecnica è stata l'aumento della dose da radiazione somministrata al paziente. I dati ci dimostrano che l'uso della TC rappresenta solo qualche percentuale del numero totale di procedure radiologiche diagnostiche, ma che è responsabile del 50-70% della dose da radiazione complessiva per esposizione medica



radiosensibilità del soggetto, oltre che alla maggiore aspettativa di vita dei piccoli pazienti.

Il concetto di giustificazione comporta la capacità di un professionista di valutare per quello specifico paziente il beneficio dell'esame tenuto conto dei rischi connessi all'esposizione.

Ad aiutare in questo processo tanto lavoro viene fatto dalle associazioni scientifiche come la SIRM a livello nazionale, o i siti WEB ACR, Image Gently o Image Wisely che forniscono informazioni e propongono delle linee guida per i Percorsi diagnostici.

Perché la dose crea preoccupazione? La radiazione ionizzante interagisce con il corpo umano con una cessione di energia che può portare danni cellulari. Il danno è proporzionale alla dose ma sotto un certo valore il danno non è certo ma probabilistico: il danno non si manifesta sempre, ma la probabilità di manifestarsi aumenta con la dose. Questo tipo di effetto è proprio quello che coinvolge le dosi tipiche

dell'attività di radiodiagnostica. Le dosi sono sempre basse, per cui individualmente il rischio è molto basso e praticamente non distinguibile dal rischio "normale" di sviluppare qualche patologia. Se però i numeri degli esposti o la dose media cresce, la probabilità su di un'intera popolazione che qualche effetto si verifichi aumenta: questo è l'ambito su cui è giusto muoversi quando si parla di esposizioni di radiodiagnostica. E' possibile fare delle valutazioni a priori e stimare gli effetti su di una grande popolazione. Qualcuno lo ha fatto con ipotesi molto semplicistiche. In particolare nel 2007 un lavoro di DJ Brenner su "The New England Journal of Medicine" ha stimato gli effetti ci sarebbero stati per causa degli esami TC negli Stati Uniti, sia in ambito pediatrico che della popolazione generale, che sono stati usati per stimare il numero di morti per cancro nella popolazione americana.

I risultati citati avevano molti limiti e le conclusioni erano forti e discutibili ma hanno avuto il merito di risvegliare la coscienza sull'uso esagerato della TC, soprattutto negli Stati Uniti, dove si verificava un certo abuso dell'esame TC.

Lavori più recenti (A Berrington de Gonzalez 2009 e MS Pearce 2012), condotti con criteri molto più rigorosi nell'applicazione delle stime del rischio e studi sull'incidenza di patologie neoplastiche hanno evidenziato in popolazioni ristrette che qualche nesso tra esposizione a TC ed effetti sul paziente è presente e misurabile, portando alla conclusione che, lungi da posizioni allarmistiche, l'uso della TC deve essere oggetto di attenta analisi e non deve essere affrontato con superficialità.

Il mondo scientifico che opera nel campo della Fisica medica, sia a livello universitario che nel mondo dei produttori di tecnologie ha escogitato molte strategie per contenere la dose in TC mantenendo elevato il contenuto diagnostico. Le iniziative hanno esplorato diversi campi e interessanti sono le strategie che hanno preso piede: il primo e più ef-



ficace approccio si basa sull'adattamento automatico dei dati espositivi alla tipologia del paziente. Pazienti diversi devono avere parametri espositivi diversi e quindi dosi diverse: un paziente di corporatura grossa riceverà più dose rispetto ad uno di corporatura inferiore con lo scopo di mantenere la qualità dell'immagine invariata. Questo garantisce al paziente di corporatura piccola di non ricevere una dose esagerata e ingiustificata, mentre il paziente di grossa corporatura riceverà una dose sufficiente a produrre un'immagine comunque di qualità sufficiente per la diagnosi. Lo scopo è di dare ad ogni paziente la dose "giusta" come un vestito cucito a misura. Dal punto di vista tecnologico non è facile implementare questo automatismo e soprattutto non è facile per l'utilizzatore usare bene gli strumenti di automatismo, chiamati Automatic Tube Current Modulation (ATCM). Un contributo im-

portante e fondamentale può venire dalla figura professionale del Fisico medico. Questo esperto collabora con il radiologo e lo aiuta ad implementare queste funzionalità sulle apparecchiature. La competenza del Fisico medico è elevata nella comprensione dei meccanismi tecnologici ma è anche molto vicina alle necessità del medico radiologo avendo una preparazione specifica dell'area medica. Il rischio infatti, è che questi sofisticati meccanismi vengano utilizzati in modo non corretto comportando ad esempio dosi molto più alte del necessario oppure non soddisfare le necessità del medico.

Un'altra strada molto affascinante che si è sviluppata negli ultimi anni è stata quella di utilizzare metodi di ricostruzione molto avanzati (iterativi) che riducono la rumorosità delle immagini aumentandone la qualità. La ricostruzione è il processo software che partendo dai segnali acquisiti dai rivelatori permette di ricostruire l'immagine da visualizzare a monitor. Se a parità di dose si ottiene più qualità, si può sfruttare questo miglioramento mantenendo la qualità costante e riducendo la dose. Quindi, se prima dosi molto basse non potevano essere utilizzate perché l'immagine non era di qualità adeguata, ora diventano sufficienti perché questa fase del processo è molto migliorata grazie anche a capacità e velocità di calcolo molto maggiori. Anche in questo caso, applicare questi metodi non è facile e la presenza e il lavoro di un Fisico medico con una preparazione specifica consentono di applicare questi metodi che inizialmente possono scoraggiare l'utilizza-

## PER IL TUO AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE



abbonamento

1 anno (4 numeri)

~~€ 52,00~~

**€ 44,00**

**ADERISCI ALL'INIZIATIVA!**

[info@edisef.it](mailto:info@edisef.it)

[www.ehealthnews.it](http://www.ehealthnews.it)

[www.edisef.it](http://www.edisef.it)



Via Antonio Toscani, 26 - 00152 Roma  
tel 06 5373096 - fax 06 68200966  
segreteria@edisef.it

tore. Una particolare attenzione va alla riduzione della dose ai pazienti pediatrici.

Se in passato gli stessi parametri espositivi venivano usati indifferentemente su pazienti adulti e su bambini comportando dosi ingiustificate e molto alte nei piccoli oggi tante strade sono possibili per ridurre la dose e usare solo quella strettamente indispensabile.

Si tenga conto di quanto possa variare la corporatura di un bambino dai primi anni all'età adulta per rendersi conto di quali differenze possono essere possibili. Anche in questo caso l'uso di "protocolli" specifici che tengano conto, oltre ai metodi già presentati, anche di accorgimenti particolarmente utili nel caso di poca massa corporea come l'uso di tensioni basse (da 120 kV a 80 kV) hanno reso possibile una riduzione considerevole tanto da rendere l'esame molto più innocuo dal punto di vista dosimetrico. Il rischio associato all'esame diventa così molto più ragionevole e il suo utilizzo molto più accettabile. A fianco dei metodi che abbiamo descritto, negli ultimi anni si sono sviluppati strumenti SW molto utili nel controllo delle dosi: si tratta di sistemi di "dose tracking" per il monitoraggio delle dosi da esami radiologici.

Le immagini prodotte nel mondo medico si sono adattate ormai da anni a parlare un "linguaggio" comune che consente sia alle apparecchiature che agli utilizzatori di scambiarsi i dati e le immagini. Questo linguaggio si chiama DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) e consente di trasportare, assieme alle immagini, anche delle informazioni relative all'esame. In particolare DICOM trasporta anche le informazioni dei parametri espositivi e quindi della dose associata all'esame. Man mano che gli standard DICOM si evolvono, le informazioni che devono essere comunicate sono sempre più ricche proprio per essere utili nella valutazione della dose. Oggi l'oggetto DICOM più evoluto dal punto di vista delle informazioni dosimetriche si chiama Radiation Dose Structured Report (RDSR) ed è definito e codificato per molte modalità (TC, angiografia, mammografia, RX, etc.). Le apparecchiature che dispongono di questi oggetti riescono a fornire informazioni molto dettagliate sull'esame e consentono al Fisico medico a posteriori di ricostruire in modo molto dettagliato la dose assorbita dal paziente. Si tenga conto che l'adozione di standard DICOM è volontaria ma diventa un vincolo qualora un sistema voglia essere adeguato al mondo medicale. Per il momento queste informazioni vengono utilizzate solo in casi particolari come ad esempio una paziente che dopo avere fatto un esame TC scopre di avere un gravidanza in atto. In questo caso il Fisico medico è in grado di stimare con una sufficiente approssimazione la dose assorbita dall'embrione o dal feto e quindi fornire allo specialista una valutazione del rischio.

I dati di dose vengono anche utilizzati per la valutazione dei Livelli Diagnostici di Riferimento (LDR) ai sensi del D.Lgs 187/2000. Per legge ogni due anni il Responsabile dell'Impianto Radiologico deve stabilire con quali dosi vengono realizzati esami standard su pazienti standard e confrontarli con valori forniti dal Decreto. Questo processo di valutazione si effettua in genere valutando le dosi su base campionaria. Oggi il mondo radiologico si è completamente digitalizzato ed esi-

ste un flusso di dati che dal sistema aziendale informatico passa alle apparecchiature fino ad arrivare ai sistemi PACS di archiviazione delle immagini. Se nel flusso informatico le informazioni dosimetriche vengono intercettate e memorizzate in sistemi SW appositi, il controllo delle dosi non è più effettuato a campione ma in tempo reale in modo molto aderente alla quotidianità. Oggi c'è una grande diffusione di questo tipo di strumenti sia a livello commerciale che sviluppati in casa. Si annoverano prodotti come DoseWatch (GE), Dose Monitor (Bracco), Radimetrics (Bayer),

Il mondo scientifico che opera nel campo della Fisica medica, sia a livello universitario che nel mondo dei produttori di tecnologie, ha escogitato molte strategie per contenere la dose in TC mantenendo elevato il contenuto diagnostico. Le iniziative hanno esplorato diversi campi: il primo e più efficace approccio si basa sull'adattamento automatico dei dati espositivi alla tipologia del paziente

etc. Ma esistono anche molti SW free sviluppati in ambiti universitari o ospedalieri (Radiance, OpenREM, etc.).

Si può immaginare la potenzialità di uno strumento di questo genere soprattutto in realtà medio-grandi dove ogni giorno vengono effettuati migliaia di esami oppure in ambiti sovra-aziendale come potrebbe essere una dimensione regionale dove questi SW potrebbero assumere il ruolo di strumenti di salute pubblica. Monitorare le dosi consente di ottimizzare gli esami su larga scala, o di individuare e operare sul controllo delle dosi in modo molto puntuale e preciso, individuando delle malpractice. Si può ad esempio intervenire in modo preventivo su pazienti che hanno già effettuato numerosi esami in modo che il radiologo possa prendere in considerazione approcci alternativi. Oppure impostare degli allarmi che avvertono di situazioni anomale e dosi molto alte. Questi stru-

menti devono essere gestiti da personale preparato come un Fisico medico, che congiuntamente al Radiologo avrà il controllo delle dosi erogate nella propria realtà aziendale.

Questi strumenti s'inseriscono in un progetto a più lunga scadenza che vedrà nei prossimi anni la necessità di comunicare la dose per ogni esame radiologico. Infatti in Italia come in tutta Europa dovrà essere recepita la Direttiva 2013/59/EURATOM che sancisce la necessità di informare individualmente il paziente dell'esposizione ricevuta per ogni esame radiologico. In California la comunicazione del dato di dose è divenuta un obbligo di legge già dal 2012.

A questo proposito un dibattito si è già acceso tra le associazioni scientifiche che operano nel settore (in particolare l'Associazione Italiana di Fisica In Medicina (AIFM)) perché il mondo scientifico non ha ancora definito come e cosa è meglio comunicare: è a tutti evidente che la comunicazione di questi parametri deve essere fatta in modo attento per non indurre a interpretazioni sbagliate che possono essere strumentalizzate. A questo proposito si ricorda la presenza nella home page nel sito dell'AIFM ([http://www.fisicamedica.it/aifm/01\\_home/index.php](http://www.fisicamedica.it/aifm/01_home/index.php)) di rubriche a cui rivolgersi per reperire informazioni specifiche. Sebbene sul WEB siano molto diffusi SW per il calcolo del rischio si raccomanda di porre molta attenzione nel loro uso perché possono portare a interpretazioni non corrette e pericolose ma di affidarsi sempre a specialisti con un'adeguata preparazione nel settore. ■

Oggi il mondo radiologico si è completamente digitalizzato. Se nel flusso informatico le informazioni dosimetriche vengono intercettate e memorizzate in sistemi SW appositi, il controllo delle dosi non è più effettuato a campione, ma in tempo reale in modo molto aderente alla quotidianità

