

INDAGINE SULLA ESPOSIZIONE A RADIAZIONI IONIZZANTI DEGLI OPERATORI SANITARI

S. BUSONERO*, G. GIANNETTINO**, M. MURATORE***, G. SPADACCINO****

RIASSUNTO

Le moderne tecnologie radiodiagnostiche digitali, sviluppate inizialmente con l'impiego delle TAC (1987 *start-up* TAC seconda generazione) e dell'angiografia digitale stanno rivoluzionando anche il campo della radiodiagnostica per immagini "tradizionali", oltre che di tutti gli apparecchi radiologici a supporto degli specialisti dei diversi settori medici (emodinamica, cardiologia, urologia, neurologia, ortopedia, etc.). Le nuove tecnologie, oltre che più performanti dal punto di vista radiodiagnostico, consentono anche rilevanti riduzioni delle dosi di radiazioni ionizzanti per paziente ed operatori sanitari direttamente coinvolti nella esecuzione degli esami. In questo articolo si sono analizzate le denunce di MP radioindotte anno per anno e i dati dosimetrici dei casi trattati dalle Regioni Sicilia, Friuli V.G., Sardegna, Calabria acquisiti per la stima della probabilità di causa di tumori radio-indotti. Si è sviluppato un metodo per verificare l'impatto delle nuove tecnologie e della conseguente riduzione delle dosi attribuite al personale sanitario che ha sviluppato patologie tumorali, a distanza di oltre 7 anni dalla prima applicazione del metodo della probabilità di causa da radiazioni ionizzanti.

1. LE ATTIVITÀ RADIOLOGICHE IN AMBITO SANITARIO

Nelle attività mediche possono essere utilizzati apparecchi radiologici e radionuclidi per finalità diagnostiche e terapeutiche. Il presente lavoro intende valutare l'impatto di tali tecnologie nei confronti dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti del personale sanitario. La diagnostica per immagini o *imaging* biomedico è il processo attraverso il quale è possibile osservare un'area di un organismo non visibile dall'esterno. Con questa tecnologia le immagini sono ottenute avvalendosi dell'impiego di radiazioni. Un apparecchio radiologico è una macchina elettrica che tramite un tubo radiogeno è in grado di generare un fascio collimato di raggi X al fine di produrre immagini radiografiche, sequenze di immagini, video continuo o pulsato. La radiologia medica, detta diagnostica, si occupa della produzione e della lettura di immagini radiografiche a fine diagnostico o terapeutico. È suddivisa nei seguenti servizi:

- radiologia tradizionale e contrastografia (pratiche avviate verso la digitalizzazione)
- TAC (metodica che nasce digitale all'origine)
- angiografia - radiologia interventistica (pratica ormai completamente digitale)
- medicina nucleare.

* Inail - Direzione Regionale Calabria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

** Inail - Direzione Regionale Sicilia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

*** Inail - Direzione Regionale Friuli Venezia Giulia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

**** Inail - Direzione Regionale Sardegna - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

Per radiografia si intende un'immagine diagnostica ottenuta interponendo la struttura da esaminare tra il tubo radiogeno e un materiale sensibile alle radiazioni, con o senza mezzo di contrasto. Sono oggi stati sviluppati sistemi digitali dove la pellicola è sostituita da materiali sensibili ai raggi X, sensori permanenti (detettori), che consentono l'acquisizione dell'immagine direttamente sul computer (radiografia digitale). Dal punto di vista radioprotezionistico il maggiore vantaggio della radiografia digitale diretta è la riduzione del tempo di esposizione e delle dosi ai pazienti e all'ambiente circostante. Per radioscopio o fluoroscopia si intende un'immagine dinamica ottenuta in tempo reale, interponendo la struttura da esaminare tra un tubo radiogeno e un rivelatore sensibile; la radioscopio può anche essere eseguita con intensificatore di brillantezza collegato ad un monitor televisivo in bianco/nero. Con questo dispositivo, è possibile eseguire radioscopie in ambienti illuminati a giorno e con limitati assorbimenti di dose di raggi X; l'esame radioscopico consente di valutare l'evoluzione dinamica del mezzo di contrasto introdotto nel corpo del paziente (es. clisma opaco) oppure di guidare il medico durante interventi chirurgici o procedure endoscopiche (guida radioscopica). È importante la distinzione tra immagini radiografiche e immagini radioscopiche (stop immagine). La prima è in genere prodotta per finalità esclusivamente diagnostiche ed è ottenuta con elevate correnti al tubo e brevi tempi di esposizione, la seconda, di risoluzione inferiore, ha finalità più operative, è ottenuta tramite il fermo immagine di acquisizioni radioscopiche continue o impulsive. La radioscopio è usata molte volte senza le protezioni di una struttura fissa essendo necessaria la presenza degli operatori in prossimità del paziente. Gli apparecchi per radioscopio sono considerati, insieme ai sistemi angiografici, quelli maggiormente invasivi in termini di dose al paziente e agli operatori sanitari. Si riportano le caratteristiche più rappresentative implementate in tali apparecchi al fine di ridurre o contenere le radioemissioni:

- stop immagine: consente di ridurre sensibilmente la durata dell'erogazione raggi e conseguentemente la dose assorbita dagli operatori;
- radioscopio pulsata a bassa frequenza nelle procedure chirurgiche che non richiedente elevate velocità di ripresa consente di ridurre l'esposizione di almeno il 30 %;
- sistema di controllo automatico della luminosità e dell'esposizione, oltre ad ottimizzare l'immagine radiologica, riduce la dose al paziente e agli operatori;
- possibilità di utilizzo dell'apparecchiatura con configurazione del tubo radiologico in basso.

La TAC (tomografia assiale computerizzata) rappresenta la prima tecnica di diagnostica per immagini di tipo digitale. L'evoluzione della TAC è stata profondamente influenzata dalla potenza di calcolo disponibile. Nelle varie generazioni di TAC si è passati da un fascio di raggi X collimato con un unico detettore e movimenti roto-traslatori con tempi di scansione di 8-10 minuti, ad un costante aumento dell'ampiezza del ventaglio di raggi X con maggiore numero di detettori e tempi di scansione del cranio di circa 10-12 secondi. Negli apparecchi attuali, un grande numero di detettori (600-1200) è disposto a formare una corona circolare completa intorno al paziente. Il tubo radiogeno ruota mentre i detettori rimangono fissi. Il tubo ed i detettori effettuano solo movimenti di rotazione (di 180°-360°) non ci sono perciò movimenti di traslazione. I tempi di scansione adesso possono essere ridotti a meno di un secondo. Si è avuta anche l'introduzione di apparecchi di tipo "spirale" che permette l'acquisizione diretta del volume (ricostruzioni tridimensionali).

L'angiografia consente la rappresentazione dei vasi sanguigni o linfatici del corpo umano tramite l'infusione di un mezzo di contrasto idrosolubile all'interno dei vasi e la generazione di immagini mediche tramite varie tecniche di imaging biomedico. Gli angiografi funzionano esclusivamente in modalità digitale e vengono utilizzati in radiologia (angiografia-radiologia

interventistica) e in Emodinamica in sale radiologiche specificatamente attrezzate. L'esecuzione degli esami ed interventi angiografici non consente agli operatori coinvolti, in particolare il medico radiologo e il ferrista, di potersi allontanare dal paziente sotto esame; il TSRM può invece operare da postazione protetta. Nuove metodiche quali Angio-RM e la Angio-CT si sono sviluppate nel corso degli ultimi anni al fine di garantire sufficienti capacità diagnostiche evitando complesse procedure, invasive e costose, con una drastica riduzione dei tempi di acquisizione delle immagini, sebbene rimanga tuttora aperto il problema dell'esposizione ai raggi X.

2. L'ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A RADIAZIONI IONIZZANTI

In Italia tutti gli operatori sanitari coinvolti in attività radiologiche sono tutelati dal d.lgs. 230/95 e s.m.i. e, in funzione del loro carico di lavoro radiologico e di altri fattori, sono classificati dall'esperto qualificato in una delle tre classi di rischio previste dalla norma (di seguito si riporta la classificazione riferita alla esposizione al corpo intero): non esposto ($< 1000 \mu\text{Sv}/\text{anno}$); esposto in cat B ($> 1000 \mu\text{Sv}/\text{anno}$ e $< 6000 \mu\text{Sv}/\text{anno}$); esposto in cat A ($> 6000 \mu\text{Sv}/\text{anno}$).

Il limite di dose al corpo intero in un anno solare è, attualmente, pari a $20.000 \mu\text{Sv}/\text{anno}$.

Il fondo di radioattività naturale rappresenta la quantità di radiazioni ionizzanti osservabile e rilevabile ovunque sulla Terra; il fondo è generato sostanzialmente dal contributo di sorgenti naturali (raggi cosmici, radon, radioisotopi naturali, etc.) essendo il contributo di natura antropica (es. polveri liberate nell'atmosfera dai test nucleari) del tutto irrilevante a livello globale. Secondo i dati forniti dall'ISPRA (fonte: Annuario dei dati ambientali 2005-2006, cap. 11, p.58), in media un italiano è esposto ad un fondo di $3,3 \text{ mSv}/\text{anno}$ (il radon singolarmente è responsabile di circa il 61% della dose naturale) e ad una dose artificiale di $1,2 \text{ mSv}/\text{anno}$ (pratiche medico diagnostiche), per un valore complessivo di $4,5 \text{ mSv}/\text{anno}$. Deve rilevarsi anche che il trend delle pratiche medico diagnostiche a carattere radiologico mostra un continuo aumento in Italia, così come in tutti i paesi con un elevato grado di assistenza sanitaria, e non sempre risulta accompagnato da un'adeguata giustificazione, limitazione ed ottimizzazione delle esposizioni mediche. Il NRPB inglese ha stimato che sebbene solo il 2% delle R.I. siano emesse da T-C queste contribuiscono al 20% della dose artificiale; se si considera che una T-C all'addome comporta una dose assorbita di circa 8 mSv (corrispondenti a circa 400 radiografie toraciche), si comprende l'importanza di ridurre il contributo della dose artificiale alla popolazione. Questo obiettivo in Italia ha trovato attuazione con l'emanazione del d.lgs. 187/2000 (attuazione della direttiva 97/43/ EURATOM in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche). È importante evidenziare che negli interventi medici condotti con l'ausilio radioscopico, i rischi radiologici sono differenti per le diverse figure che costituiscono l'equipe sanitaria (medico specialista, ferrista, anestesista, infermiere anestesista, TSRM, etc.) e nella valutazione del rischio radiologico risulta essenziale conoscere la disposizione di tali soggetti nel campo operatorio. La maggior parte delle esposizioni professionali ai raggi X interessa personale sanitario classificato in categoria B, ove peraltro la normativa vigente non obbliga all'utilizzo del dosimetro. I dati dosimetrici attribuiti dall'Esperto Qualificato ai lavoratori esposti, sono ricavati in genere dalla lettura di un unico dosimetro appuntato sotto il camice radiologico; in alcuni casi tuttavia l'EQ può disporre l'utilizzo del dosimetro sopra il camice radiologico ed assegnare quota parte della sua lettura (in funzione del tipo di camice radiologico utilizzato) al corpo intero del lavoratore esposto; in alcuni casi, per i lavoratori maggiormente esposti (classificati in categoria A), viene disposto l'uso di più dosimetri (mani, interno, esterno); la scheda dosimetrica dovrà in questi casi riportare i criteri di attribuzione della dose al corpo intero.

3. STUDIO DELL'ESPOSIZIONE PER CATEGORIA PROFESSIONALE DEL PERSONALE SANITARIO

È stata condotta un'indagine statistica con i dati espositivi a disposizione per le indagini di casi di malattie professionali nel personale sanitario, casi esaminati dalle Contarp delle Direzioni Regionali della Sardegna, del Friuli Venezia Giulia, della Calabria e della Sicilia sul rischio da radiazioni ionizzanti nel personale sanitario addetto alle indagini radio-diagnostiche. Sono stati analizzati in totale 58 casi di tecnopatici, comprendenti tutti i rami professionali degli esposti per causa di lavoro in ambiente sanitario, ossia tecnici sanitari di radiologia medica (TSRM), medici, infermieri. Tutti i dati desunti dalle documentazioni necessarie per i pareri delle Contarp sono stati organizzati in tabelle (fogli elettronici), una per ogni singolo ramo professionale. I dati dei fogli elettronici sono stati organizzati nelle colonne: identificativo (prime 3 lettere del cognome dell'esposto al fine di rendere anonimi i risultati), mansione svolta, anno di inizio attività, anno di fine attività, periodo di esposizione, patologia tumorale evidenziata dalla Sovrintendenza Medica, modello tumorale, anno della diagnosi, anno di nascita, dose efficace al corpo intero (mSv), dose media (mSv/anno), P.C. al 95° percentile (%), principali valori di picco espositivo (mSv), esposizioni ad altri rischi segnalate dalla Sovrintendenza Medica. Ci si è posto poi il problema della scelta di un parametro che fosse significativo dal punto di vista del livello di esposizione per valutare l'andamento delle esposizioni nel tempo ma che avrebbe dovuto essere, per la validità dello studio, del tutto indipendente dalla storia espositiva personale del tecnopatico. In particolare la caratterizzazione doveva essere indipendente dagli anni totali di attività professionale con esposizione a radiazioni ionizzanti, ma anche dal livello energetico delle radiazioni ionizzanti, che sarebbe dipeso fortemente dagli apparecchi specifici utilizzati dai singoli esposti. Lo studio è stato svolto prendendo in esame come parametro di riferimento la dose espositiva media annua personale alle radiazioni ionizzanti, ossia il valore efficace di dose totale del singolo tecnopatico rapportato al numero di anni di attività del singolo, con esposizione professionale a radiazioni ionizzanti. Si è ritenuta più significativa la scelta di questo parametro (la dose media annua) in quanto è un parametro relativo, ossia del tutto depurato da dati precisi specifici della persona (come sopra meglio specificato). Poiché poi lo studio era volto ad ottenere una caratterizzazione dell'esposizione professionale del personale sanitario nel tempo, nei periodi di osservazione per cui erano disponibili i dati dosimetrici alle quattro Contarp regionali, si è scelto di prendere come variabile indipendente, quindi come ascissa dei diagrammi, l'anno di inizio attività con esposizione dei singoli tecnopatici (inizio esposizione). Gli anni di inizio attività per i casi trattati sono compresi tra il 1955 e il 2005 per i casi trattati del personale medico, tra il 1972 e il 2004 per i casi dei tecnici sanitari, tra il 1978 e il 2003 per gli infermieri professionali. Si sono successivamente organizzati tutti i dati nei fogli elettronici in disposizione crescente per anno di inizio attività (con esposizione).

Si è proceduto anche ad eliminare dalla base-dati i "records" che presentavano eccessive anomalie (picchi espositivi anomali), al fine di normalizzare la base-dati. È stato quindi possibile ottenere dei diagrammi che riportavano un trend delle esposizioni professionali a radiazioni ionizzanti nel tempo e per le varie mansioni afferenti alla radiodiagnostica.

Nelle Figure 1, 2, 3 sono riportati gli andamenti delle dosi medie annue / anno di inizio attività, per le tre tipologie di personale sanitario: tecnici sanitari di radiologia medica (TSRM), medici, infermieri professionali. Dai diagrammi risulta evidente la costante diminuzione, nel campione oggetto dello studio, dell'esposizione media annua, che segue l'evoluzione tecnologica in miglioramento degli apparecchi radiogeni per indagini mediche. È da osservare che l'esposizione del personale che ha iniziato l'attività alla fine degli anni '70 e metà anni '80

ha mostrato un ‘massimo relativo’ nel trend espositivo per tutte le mansioni sanitarie esaminate. Questo è spiegabile perché in quegli anni si è avuto il passaggio di generazione degli apparecchi, dall’analogico (con tecniche fotografiche a sviluppo) al digitale (sensori elettronici), con una drastica riduzione dell’esposizione necessaria.

In aggiunta al passaggio dall’analogico a digitale si è avuta un’ulteriore riduzione negli anni ’90, dovuta all’introduzione di tecniche avanzate di *imaging* (analisi numeriche delle immagini a mezzo di *Digital Signal Processing*) ma anche grazie all’utilizzo di detettori molto più sensibili.

È noto che l’Inail adopera il calcolo della Probabilità di Causa per la verifica della correlazione della patologia con la dose di radiazioni personale che, rappresenta il contributo dei tumori dovuti ad una certa dose di radiazioni ionizzanti rispetto ai tumori diagnosticati in una popolazione omogenea ed è strettamente legata al concetto di Eccesso di Rischio Relativo (ERR) e di Rischio Relativo ($RR=1+ERR$) secondo il rapporto di queste due grandezze, così espresso nella sua forma definitiva:

$$PC = \frac{ERR}{1 + ERR} \quad (1)$$

mentre l’incertezza è rappresentata dalla Deviazione geometrica standard.

Quale altro dato di rilievo nello studio statistico è emerso anche che i diagrammi della dose efficace a corpo intero e quelli della Probabilità di Causa al 95° percentile per classi di mansioni sanitarie (diagrammi non riportati in questo lavoro), non sempre risultano sovrapponibili tra loro.

È importante rilevare che per i medici si è passati da dosi medie annue con valori di 14.2 mSv/anno a 0.41 mSv/anno (34 volte) e per gli infermieri da 17.1 mSv/anno a 0.1 mSv/anno (170 volte). Per i tecnici sanitari, con attività prevalenti di manutenzione, l’esposizioni medie annue risultano sempre con valori contenuti, comunque in discesa da 1.58 mSv/anno a 0.02 mSv/anno.

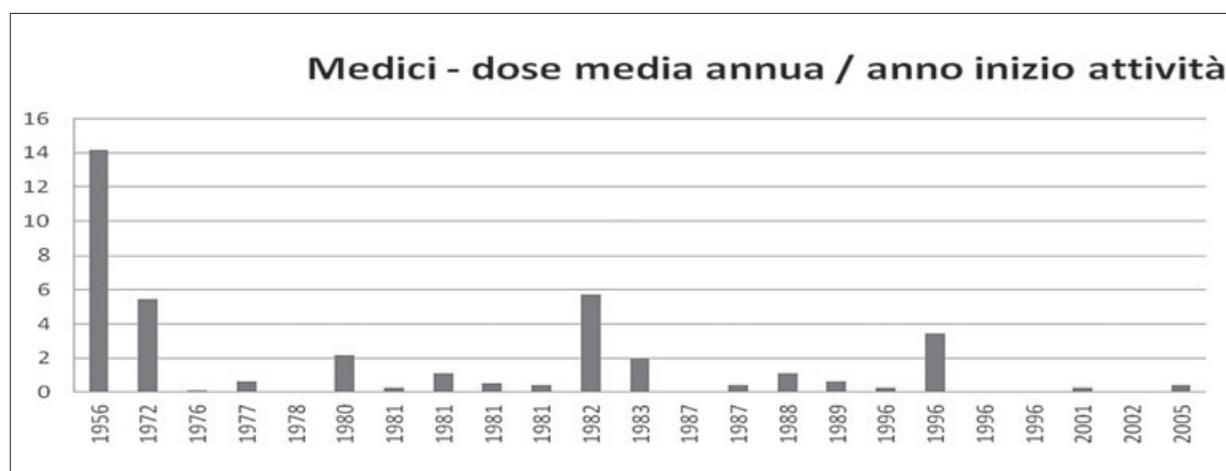


Figura 1 - Dose media annua (mSv) per anno di inizio attività nei medici oggetto dello studio.

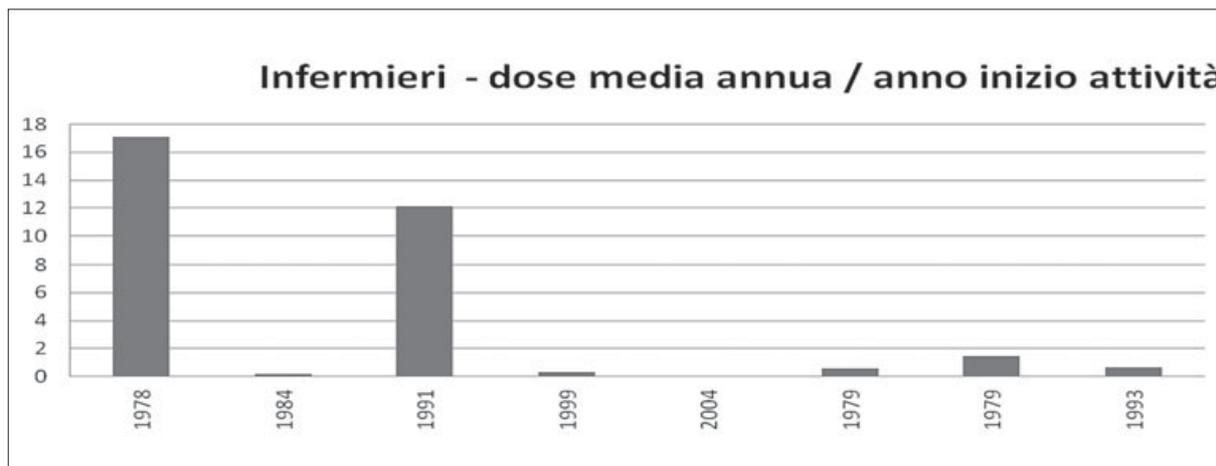


Figura 2 - Dose media annua (mSv) per anno di inizio attività negli infermieri oggetto dello studio

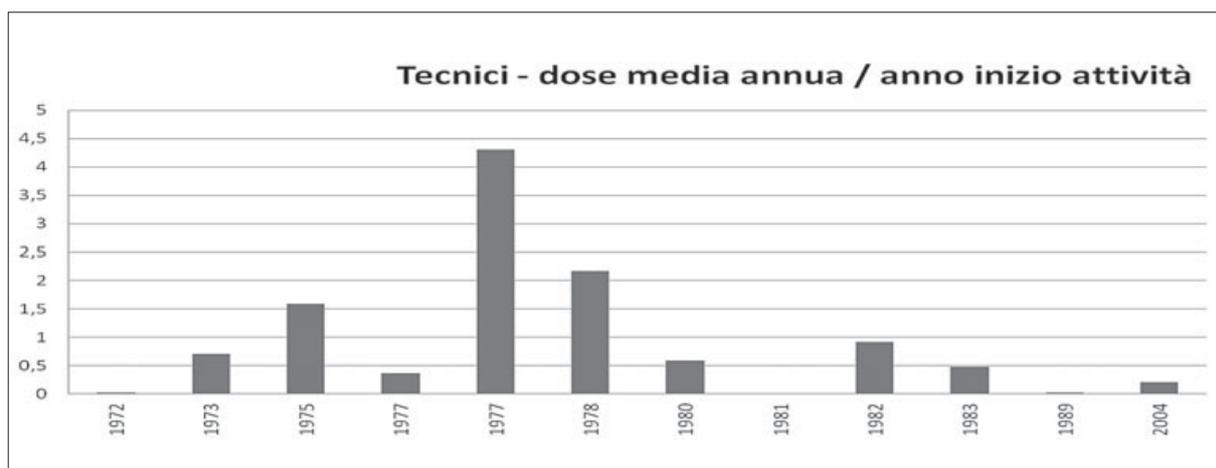


Figura 3 - Dose media annua (mSv) per anno di inizio attività nei TSRM oggetto dello studio

4. CONCLUSIONI

Lo studio ha preso in esame l'evoluzione delle tecnologie radiodiagnostiche ed ha caratterizzato dal punto di vista statistico le esposizioni del personale sanitario addetto alla radiodiagnostica negli anni, utilizzando i dati disponibili in quattro Contarp regionali (58 casi in totale). Lo studio è stato svolto prendendo in esame come parametro di riferimento la dose media annua personale e classificando i dati per anno di inizio attività dei tecnopatici. È risultato un trend in diminuzione delle dosi medie annue (da 34 a 170 volte), grazie all'introduzione di tecnologie digitali alla fine degli anni '70 e sensori molto più sensibili. Dagli anni '90 si è poi avuta un'ulteriore diminuzione grazie a nuove tecniche avanzate di *imaging* (analisi mediante introduzione di DSP).