

# LA GESTIONE DEL RISCHIO C.E.M. NELL'UTILIZZO DI APPARECCHIATURE DI RMI IN AMBIENTE SANITARIO: INDAGINE STRUMENTALE CONOSCITIVA

A. SANSONETTI\*\*, G. VELLA\*\*\*, V. ARDITO\*, L.G. CAVALLO\*, D. CONTICCHIO\*, L. FINO\*\*

\*Inail – Direzione regionale Puglia, Consulenza tecnica accertamento rischi e prevenzione

\*\* Ospedale “Di Venere” Bari - Direzione Sanitaria

\*\*\* Osodale “Di Venere” Bari Unità Operativa Complessa di Radiologia

## RIASSUNTO

A seguito del recepimento nel nostro ordinamento giuridico della direttiva europea 2013/35/UE sull'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici (CEM), mediante il d.lgs. 159/2016 (entrato in vigore il 1° settembre 2016), il Testo Unico sulla Salute e sicurezza dei luoghi di lavoro (TUS) è stato aggiornato nel capo IV del titolo VIII, introducendo un po' di flessibilità, per poter rendere più agevole l'effettivo rispetto dei valori limite di esposizione (VLE) in alcuni scenari espositivi che presentavano criticità nell'applicazione della abrogata direttiva europea 2004/40/CE.

I VLE stabiliti dalla nuova direttiva riguardano soltanto le relazioni scientificamente accertate tra effetti biofisici diretti a breve termine ed esposizione ai CEM.

La Direzione regionale Inail Puglia ha siglato un accordo di collaborazione con la direzione sanitaria dell'Ospedale Di Venere di Bari, per condurre uno studio conoscitivo tramite un'indagine strumentale su una apparecchiatura di RMI in funzione presso il nosocomio medesimo al fine di caratterizzare l'entità dei campi magnetici presenti durante una serie di sequenze di eccitazione per “imaging” effettuate senza la presenza del paziente. La campagna di misure (in fase di completamento) è stata condotta con l'utilizzo di un misuratore CEM di ultima generazione (in grado di effettuare il calcolo col “metodo del picco ponderato”) in dotazione alla Contarp Puglia, munito delle opportune sonde per la misurazione di campi magnetici statici, elettrici ed elettromagnetici negli opportuni intervalli di frequenza.

## 1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il d.lgs. 159/2016 (G.U. del 18 agosto 2016 n.192) ha recepito la direttiva 2013/35//UE sull'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici da zero Hz fino a 300 GHz.

Il decreto apporta modifiche dirette al TUS, a cominciare dall'art. 206 che apre il capo IV sulla protezione dei lavoratori dal rischio esposizione a campi elettromagnetici. Il capo tratta (come in passato), dei requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici soffermandosi in particolare sugli “effetti biofisici diretti” e sugli “effetti indiretti” provocati dai campi elettromagnetici (prima si parlava genericamente solo di "effetti nocivi a breve termine conosciuti" derivanti dalla circolazione di correnti indotte, dall'assorbimento di energia e da correnti di contatto).

I valori limite di esposizione (VLE) stabiliti dalla nuova direttiva riguardano soltanto le relazioni scientificamente accertate tra effetti biofisici diretti a breve termine ed esposizione ai CEM. La direttiva non riguarda invece la protezione da eventuali effetti a lungo termine in quanto la Commissione Europea e l'Icnirp (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) ritengono che non ci sono evidenze scientifiche sufficienti per adottare provvedimenti contro eventuali effetti differiti, pure alla luce del principio di precauzione.

I VLE vengono definiti in termini di grandezze fisiche riscontrabili all'interno del corpo umano che non possono essere misurate direttamente né semplicemente calcolate. Per questo motivo l'art. 3 della direttiva introduce i valori di azione (VA) rispettivamente “inferiori” e “superiori” fissati in termini di “livelli di riferimento” ossia di grandezze di riferimento di campo esterne, più facilmente rilevabili tramite misurazioni strumentali e calcoli. In questo senso se i VA non sono superati si può ipotizzare che le esposizioni siano conformi ai VLE e che non sono necessarie ulteriori valutazioni.

Nell'allegato XXXVI al d.lgs. 81/08 sono riportate e distinte le soglie limite dei valori di azione sensoriali (VA inferiori) da quelle sanitarie (VA superiori).

Oltre alle conseguenze che i CEM producono sulle persone (effetti diretti), la norma prende in considerazione anche gli effetti indiretti, quale ad esempio l'attrazione che un campo magnetico statico può esercitare sui materiali ferrosi provocando proiezioni pericolose di oggetti ad alta velocità; il VA per evitare questo rischio è pari a 3 mT.

## • VALUTAZIONE DEI RISCHI IN RISONANZA MAGNETICA

### 2.1 Principio di funzionamento di un tomografo a risonanza magnetica

La tomografia a risonanza magnetica è una tecnica di generazione di immagini usata prevalentemente a scopi diagnostici in campo medico basata sul principio della risonanza magnetica nucleare.

La RMI (Risonanza Magnetica per Immagini) si basa sulla possibilità di indurre una magnetizzazione (polarizzazione) nei nuclei di elementi che compongono il tessuto da esaminare. Tali nuclei magnetizzati vengono poi eccitati e portati in risonanza con appositi segnali in RF alla frequenza di Larmor (dell'ordine della decina di MHz).

Infine si raccolgono i segnali di ritorno, decodificandoli (trasformata di Fourier), mediante gradienti di campi magnetici (variabili nello spazio nel tempo), al fine di individuare la posizione dei volumi elementari sede della magnetizzazione ricostruendoli tomo-graficamente (ossia con grafia a strati sotto forma di immagini).

Per cui ne deriva che gli elementi di base di qualsiasi tomografo a risonanza magnetica sono rappresentati da:

- un campo magnetico statico prodotto da apparecchi ad elettromagnete superconduttore (tipicamente 1,5 e 2 T per risonanza magnetica in diffusione e 3 T per risonanza magnetica funzionale), o ad elettromagnete resistivo, o a magnete permanente;
- un generatore di RF (alla frequenza di Larmor);
- un campo magnetico, variabile (gradiente) nello spazio e nel tempo, prodotto dall'accensione, spegnimento o commutazione delle bobine di gradiente (avvolgimenti in cui la corrente che vi circola è modulata a seconda delle sequenze di eccitazione del generatore di RF). La commutazione delle bobine provoca un cambiamento della forza di Lorentz che agisce sulle bobine stesse attraverso minute espansioni e contrazioni che producono un tipico ticchettio o una serie di bip nel campo delle frequenze udibili che forma un rumore acustico che può raggiungere livelli di pressione sonora di 120 dBA.

### 2.2 Valutazione dei rischi

La RMI presenta sicuramente meno rischi per la salute del paziente rispetto ad altre tecniche di imaging che impiegano radiazioni ionizzanti, quali per esempio i raggi X utilizzati per la TAC. Tuttavia, gli esami RMI possono presentare alcuni rischi che devono essere compresi e adeguatamente valutati, in particolare quelli associati all'esposizione ai campi magnetici generati dagli apparati RMI. Non vanno peraltro tuttavia dimenticati, pur esulando dal presente studio, i rischi di altra natura quali il rumore spesso intenso associato agli esami RMI, nonché quelli dovuti all'attrazione di tutti i materiali ferromagnetici.

In RMI sono utilizzati tre tipi di CEM: 1) un campo magnetico statico (non variabile nel tempo) per l'orientamento dei nuclei atomici; 2) i campi di gradiente che si sovrappongono al campo magnetico statico, necessari per la risoluzione spaziale e quindi per la formazione delle immagini, che variano nel tempo in quanto, a seconda della particolare tecnica utilizzata, sono rapidamente accesi e spenti, od oscillanti; 3) il campo magnetico a radiofrequenza (RF) perpendicolare al campo statico, oscillante alla frequenza di risonanza dei nuclei atomici di interesse (generalmente idrogeno).

Questi diversi tipi di campo magnetico interagiscono con il corpo umano mediante meccanismi diversi, pertanto i relativi rischi sanitari vanno esaminati separatamente. Sebbene il TUS, aggiornato con i nuovi provvedimenti comunitari, preveda una specifica deroga non discrezionale al rispetto dei VLE per l'uso e la manutenzione delle apparecchiature di RMI, condizionata comunque all'effettuazione di una valutazione dei rischi conformemente ai criteri stabiliti dall'art. 209 del T.U.S., il datore di lavoro deve porsi il problema di

conoscere e quantificare l'entità dell'esposizione dei propri lavoratori durante lo svolgimento degli esami di risonanza magnetica e nelle operazioni di manutenzione (Campurra G., 2008).

### 3. INDAGINE STRUMENTALE

Nel presente studio, effettuato su una apparecchiatura di RMI General Electric HD 23 potenza da 1,5 T, installata presso l'Ospedale Di Venere di Bari, è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- un analizzatore, marca MICRORAD, modello NHT – 3D, in grado di misurare e analizzare segnali complessi (tipici della RMI) con il metodo del picco ponderato;
- sonde campo magnetico statico di misura dell'induzione magnetica (B): 20H (intervallo di misura 1 mT – 15 T) e 30H (intervallo di misura 0,2 mT – 600 mT); incertezza misura stimata:5%;
- sonda a bassa frequenza (1 Hz - 400 KHz) per misure di induzione magnetica (B): 10B (intervallo di misura 0,1  $\mu$ T – 1000  $\mu$ T), incertezza misura stimata:10%.

L' NHT – 3D con la sonda collegata è stato posizionato nella sala esame RMN e comandato in remoto (tramite cavo a fibra ottica e un adattatore ottico/USB) dalla sala di comando. Le misure acquisite dall' analizzatore sono elaborate dal programma WAVES-MICRORAD che fornisce in uscita oltre a diversi parametri del campo misurati, anche gli indici  $W_p$ .

Per quanto riguarda la metodologia di indagine, il campo magnetico statico è stato misurato a diverse distanze sia dal lettino paziente che dal *bore* e all'interno dello stesso magnete.

Nel caso della misura dell'induzione magnetica B ( $\mu$ T) lo strumento è stato posizionato a diverse distanze dal *bore* e a diverse altezze corrispondenti alla testa, al torace e alle mani di un ipotetico lavoratore che assista il paziente durante l'esame. (Andreuccetti D.,2013; Gambino G.,2016).

Sono state esaminate alcune sequenze di gradienti tra quelli maggiormente utilizzati nel quotidiano lavoro nella sala di RMI, quali lo *spin echo*, *echo planar* ed *echo fiesta* secondo i tre piani assiale, coronale e sagittale.

### 4. RISULTATI E CONCLUSIONI

Per quanto concerne il campo magnetico statico, le misure sono state eseguite ponendo lo strumento su un tripode amagnetico ad altezza da terra di m1,5. In Tabella 1 sono riportati i valori misurati.

**Tabella 1:** Valori di campo magnetico statico misurati nella sala magnete Osp. Di Venere – Bari

Distanza a dal <i>bore</i> (cm )	Distanza dal lettino (cm)	Misura (mT)	Distanza dal <i>bore</i> (cm )	Distanza dal lettino (cm)	Misura (mT)
50	15	95,5	150	15	6,58
50	65	27	150	65	3,25
50	115	6,4	150	115	1,33
100	15	22,1	200	15	2,31
100	65	7,77	200	65	1,56
100	115	2,62	200	115	0,8

Possiamo notare che anche nelle postazioni più lontane dal lettino i valori superano la soglia di sicurezza di 0,5 mT al di sopra della quale si verifica interferenza con i dispositivi impiantabili attivi eventualmente presenti su pazienti/lavoratori; inoltre fino a 150 cm dal *bore* c'è anche il rischio di attrazione e proiezione di materiali ferromagnetici con possibilità di provocare gravi danni ed infortuni (cfr. VA riportati in Tabella B4 dell'allegato XXXVI al TUS).

La seconda campagna di misurazioni è stata condotta per valutare l'eventuale esposizione dei lavoratori ai campi magnetici di gradiente nelle postazioni ricopribili durante un esame di RMI in assistenza al paziente.

Le misure sono state effettuate applicando il metodo del picco ponderato nel dominio delle frequenze rispetto ai VA inferiori stabiliti dall'allegato XXXVI al TUS.

Le tre sequenze di gradiente esaminate sono caratterizzate rispettivamente da diversi tempi di salita (*rise time*) e di *slew-rate* (rapporto fra la massima potenza ed il tempo necessario per raggiungerlo).

Lo strumento è stato posto a tre diverse distanze dal *bore* (50 cm, 100 cm e 150 cm) ed a 15 cm di distanza dal lettino. Per la distanza di 50 cm dal *bore* sono state considerate tre diverse altezze (90 cm mani, 120 cm

tronco e 170 cm testa). In Tab. 2 sono riportati i valori degli indici di picco ponderato (WP) per le diverse sequenze esaminate.

**Tabella 2:** Valori di indice di WP misurati nella sala magnete Osp. Di Venere – Bari

<b>H strumento (cm)</b>	<b>Distanza dal bore(cm)</b>	<b>Spin Echo WP</b>	<b>Echo Planar WP</b>	<b>Echo Fiesta WP</b>
170	50	0,68	0,67	0,7
120	50	0,08	0,13	0,1
90	50	0,07	0,11	0,1
120	100	0,02	0,03	0,03
120	150	0,01	0,01	0,01

Come si può osservare non sono stati riscontrati superamenti dei livelli di riferimento; infatti tutti gli indici sono inferiori all'unità.

In conclusione le misure effettuate in campo statico denotano in sala magnete un evidente rischio di proiezione di oggetti ferromagnetici almeno in un raggio di 150 cm dal *bore*. Le normali procedure di accesso alla sala ne vietano comunque l'introduzione, così come viene monitorato l'eventuale accesso di persone dotate di dispositivi medici impiantati attivi.

Per quanto concerne l'esposizione degli operatori a campi magnetici variabili nelle sequenze esaminate non si riscontrano valori superiori ai limiti di azione inferiore stabiliti dal TUS, anche se sono stati misurati valori significativi dell'induzione magnetica ad altezza testa nella postazione operatore più vicina al *bore* ed al lettino.

## **BIBLIOGRAFIA**

Campurra G., 2008. Il rischio da campi elettromagnetici negli ambienti di lavoro. IPSOA Gruppo Wolters Kluwer Italia.

Andreuccetti D., Contessa G.M., Falsaperla R. et altri, 2013. Weighted-peak assessment of occupational exposure due to MRI gradient fields and movements in a nonhomogeneous magnetic field. *Med. Phys.* vol. 40, p.011910-1-10.

Gambino G., Merlino A., Quadrio G., 2016. Il processo di valutazione del rischio da campi elettromagnetici mediante misurazioni: quali strumentazioni, quali parametri, quali metodologie. *DBA 2016*.