

Convegno dBA 98 - Modena

## **INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO NEI REPARTI DI TERAPIA FISICA: RILIEVI SPERIMENTALI ED INTERVENTI DI BONIFICA**

Stefano Casciardi, Paolo Rossi, Francesco Campanella

ISPESL - DIL - Laboratorio Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti  
Monte Porzio Catone - ROMA

### **Introduzione**

I reparti di terapia fisica rientrano nell'insieme degli ambienti lavorativi dove maggiore è l'esposizione ai campi elettromagnetici (e.m.), a causa della presenza dei campi generati dagli apparati di marconiterapia, radarterapia e magnetoterapia.

Le prime due applicazioni utilizzano radiofrequenze e microonde [1,2] e, specie in prossimità degli applicatori, generano campi estremamente intensi, in grado di propagarsi significativamente negli ambienti circostanti anche a distanze maggiori della decina di metri, venendo solo parzialmente attenuati dalle strutture murarie circostanti.

Gli apparati di magnetoterapia consistono invece in solenoidi che generano campi magnetici in bassa frequenza, in genere ben confinati entro i solenoidi, ma in grado di alterare il valore del fondo nel raggio di qualche metro e molto poco attenuati dalle strutture.

Sono infine presenti nei presidi anche applicatori locali (applicatori Iono, Tens di Diadinamica, etc.), i quali emettono campi dispersi, in prevalenza campi elettrici ed alla frequenza dell'alimentazione di rete (50 Hz), abbastanza ben localizzati nell'intorno degli elettrodi e del dispositivo.

Nell'ambito di una collaborazione con alcune ASL della Regione Lazio e della Regione Umbria, il Laboratorio Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti del Dipartimento Igiene del Lavoro ha condotto una campagna di misure in diversi reparti di fisioterapia, nel corso delle quali sono stati valutati i campi emessi da numerosi apparati e forniti suggerimenti sulle necessarie opere di bonifica.

### **Metodologia di misura**

Per ogni tipologia di apparato sono state eseguite misurazioni intese ad appurare le sue modalità di funzionamento e l'esposizione ai campi elettrici e magnetici a cui sono sottoposti principalmente gli operatori, ma anche i pazienti e gli eventuali loro accompagnatori.

Nei limiti imposti dalla necessità di conciliare le sessioni di misura con il

proseguimento dell'attività terapeutica praticata dal reparto, si è seguito per quanto possibile il seguente protocollo:

- individuazione delle caratteristiche tecniche dell'apparato e delle modalità operative con cui viene usualmente eseguita la sessione terapeutica;
- misurazione dei parametri fisici dei campi generati dall'apparato (quali la forma d'onda, la frequenza, etc.);
- misurazione dei livelli di esposizione ai campi nei siti ritenuti più significativi ai fini protezionistici e prevenzionistici.

Le grandezze fisiche oggetto delle valutazioni sono state le intensità dei vettori:

- campo magnetico, indicato con B e misurato in Tesla (T);
- campo elettrico, indicato con E e misurato in Volt su metro (V/m).

Per le misurazioni dei campi sono stati utilizzati: un misuratore di campi magnetici statici (Namicon, modello MPU-ST); un misuratore di campi elettrici e magnetici in bassa frequenza (Wandel & Goltermann, modello EFA-3); un misuratore di campi magnetici ed uno di campi elettrici ad alta frequenza (Wandel & Goltermann, modelli EMR 10 ed EMR 11); un misuratore di campi elettrici e magnetici, dotato di diverse sonde per la bassa e la alta frequenza (PMM, modello 8051); un oscilloscopio (KENWOOD, modello DCS 8200); un analizzatore di spettro (ADVANTEST, modello R3271L); antenne loop, logaritmica ed a tromba (EMCO, modelli 6502, 3146A, 3115).

Per la comprensione dei risultati ottenuti, e riportati nella sezione successiva, è importante precisare che i reparti di terapia fisica sono suddivisi in locali di dimensioni piuttosto modeste, ciascuno dei quali contiene uno o più apparati, spesso di varia tipologia. I tramezzi divisorii tra questi locali variano molto in consistenza, andando da strutture in muratura fino a semplici tendine di stoffa.

In tali condizioni l'esposizione complessiva non è quella derivante da un solo apparato, ma quella risultante dalla esposizione contemporanea a più apparati. Per tale motivo sono state eseguite misurazioni sia su singoli apparati, sia con più apparati in funzione contemporaneamente.

Inoltre poiché i valori delle intensità dei campi sono in generale estremamente variabili in funzione della posizione rispetto alla sorgente ed agli oggetti conduttori interposti, durante le operazioni di misura sono sempre stati considerati i valori massimi riscontrati per ogni specifica situazione ed in alcuni punti particolarmente significativi da un punto di vista protezionistico, perché potenzialmente occupati dal paziente o dall'operatore o da un eventuale accompagnatore. I valori di campo riportati sono sempre i massimi valori rilevati, in termini di valori efficaci. Gli intervalli di intensità, riportati per ciascuna posizione, forniscono le variazioni che si riscontrano tra i vari apparati nei vari reparti.

## **Risultati**

Seguendo il protocollo esposto nella sezione precedente, sono state eseguite misurazioni sui vari apparati elettromedicali. I dati ottenuti sono relativi a:

- apparati di marconiterapia, funzionanti singolarmente (13 unità);
- apparati di radarterapia, funzionanti singolarmente (11 unità);

- apparati di marconiterapia e radarterapia funzionanti contemporaneamente;
- apparati di magnetoterapia (11 unità);
- applicatori locali.

#### Apparati di marconiterapia

Tali dispositivi permettono di erogare una potenza variabile nell'intervallo da 0 a 500 watt. Nelle sedute fisioterapiche (la cui durata è di circa 10 minuti) in genere la potenza viene impostata fino ad un massimo di 200 watt.

Tutte le misurazioni sono state effettuate impostando sempre la massima potenza impiegata dal personale durante le sedute fisioterapiche.

I segnali emessi si presentano con una componente sinusoidale fondamentale (a frequenza di 27.1 MHz, ed in un caso a 40.7 MHz), dotata di numerose componenti armoniche superiori. Poiché esse risultano avere un'ampiezza minore di quella fondamentale di almeno 10 dB, dal punto di vista protezionistico possono essere considerate trascurabili [3].

I valori delle intensità dei campi rilevati, sono stati:

- consolle: E = 20 ÷ 60 V/m (manopole; posizione mani);  
E = 20 ÷ 50 V/m (altezza dal pavimento 1,5 m; posizione occhi);  
E = 40 ÷ 100 V/m (fianco apparato; posizione gambe e gonadi);
- applicatori: E = 1 ÷ 2 kV/m (a ≈ 10 cm; posizione viso paziente);  
E = 300 V/m (10 cm anteriormente; 20 cm posteriormente);
- paziente: E = 5 ÷ 15 V/m (sensore posizionato sulla sedia del paziente);
- fianco paziente: E = 50 ÷ 150 V/m (altezza posizione cuore);
- porta o tendina: E = 10 ÷ 30 V/m (altezza posizione cuore);
- sala adiacente: E = 10 ÷ 100 V/m (altezza posizione cuore);
- pazienti adiacenti: E = 10 ÷ 90 V/m (stessa sala o sala contigua);
- corridoio: E = 5 ÷ 30 V/m (centro corridoio).

#### Apparati di radarterapia

Tali dispositivi permettono di erogare una potenza variabile nell'intervallo da 0 a 250 watt. Nelle sedute fisioterapiche (la cui durata è di circa 10 minuti) in genere la potenza viene impostata fino ad un massimo di 50 watt.

Tutte le misurazioni sono state effettuate impostando sempre la massima potenza impiegata dal personale durante le sedute fisioterapiche.

Anche in questo caso i segnali emessi si presentano con una componente sinusoidale predominante (alla frequenza di 2.45 GHz) dotata però di numerose componenti armoniche superiori, trascurabili dal punto di vista protezionistico, perché di ampiezza minore di quella fondamentale di almeno 10 dB.

I valori delle intensità dei campi sono stati:

- consolle: E = 30 ÷ 40 V/m (manopole; posizione mani);
- applicatori: E = 1 ÷ 1.5 kV/m (anteriormente, a contatto);  
E = 200 V/m (anteriormente, a circa 10 cm);  
E = 40 ÷ 50 V/m (posteriormente);
- fianco paziente: E = 30 ÷ 60 V/m (altezza elettrodi);

- porta o tendina:  $E = 50 \div 100$  V/m (altezza elettrodi);
- lungo il corridoio:  $E = 10 \div 100$  V/m (altezza elettrodi; valori misurati al centro del corridoio);
- paziente adiacente:  $E = 10 \div 30$  V/m (stessa sala o sala contigua).

#### Uso simultaneo degli apparati di marconiterapia e radarterapia

Sono infine state eseguite misure dei campi emessi con gli apparati di marconiterapia e di radarterapia contemporaneamente accesi. Tale situazione è quella più frequente nell'uso terapeutico degli apparati.

Con le configurazioni usualmente impiegate nelle sedute, i valori delle intensità dei campi sono stati:

- sala adiacente:  $E = 5 \div 60$  V/m (locali adibiti non a marconiterapia o radarterapia);
- lungo il corridoio:  $E = 10 \div 100$  V/m (valori misurati al centro del corridoio);
- applicatori:  $E = 100 \div 300$  V/m (altezza elettrodi,  $\approx 0.5$  m di distanza dagli elettrodi);
- porta o tendina:  $E = 40 \div 120$  V/m (altezza elettrodi);
- paziente adiacente  $E = 20 \div 90$  V/m (stessa sala o sala contigua).

#### Apparati di magnetoterapia

Tali apparati possiedono molteplici modalità di funzionamento, con numerosi programmi predeterminati, in cui sono impostati i valori della intensità del campo, della frequenza della modulante e della durata della seduta (30  $\div$  60 minuti).

In tutti i casi, le misure di campi magnetici statici non hanno permesso di rilevare alcun valore significativo.

I valori dei campi a bassa frequenza (ELF [2]) dipendono dalla tipologia della apparecchiatura e dalle modalità di funzionamento impiegate, soprattutto in relazione al valore dell'intensità. In tale sede si riportano solo alcuni valori indicativi delle situazioni espositive in atto. Nel corso delle misure si sono riprodotte le condizioni generalmente impiegate nelle sedute terapeutiche, impostando però l'intensità al valore massimo permesso dall'apparato.

In tali condizioni, i valori delle intensità dei campi sono stati:

- consolle:  $B = 0.2$  mT (manopole; posizione mani);
- solenoide:  $B = 1$  mT (lungo l'asse, ingresso del solenoide);  
 $B = 1$  mT (esternamente, a contatto con le spire);  
 $B = 2$  mT (lungo l'asse, centro del solenoide);  
 $B = 3$  mT (internamente, a contatto con le spire);
- sedia:  $B = 5 \div 20$   $\mu$ T (posizione accompagnatore);
- corridoio:  $B = 20$   $\mu$ T (valore massimo);
- sala adiacente:  $B = 0.2$  mT (parete vicina al solenoide);  
 $B = 10$   $\mu$ T (lettino paziente).

#### Applicatori locali

I campi dispersi generati da tali apparati interessano solo le basse frequenze (ELF) e sono tra di loro molto simili. Tipici valori, misurati nelle configurazioni usualmente impiegate nelle sedute, sono:

- consolle:  $B = 5 \div 10 \mu\text{T}$  (posizione mani);  
 $E = 200 \div 400 \text{ V/m}$  (posizione mani);
- applicatori:  $B \approx$  fondo naturale (prossimità elettrodi);  
 $E = 200 \div 800 \text{ V/m}$ ; (prossimità elettrodi),
- sala:  $B = 0.3 \mu\text{T}$  (al centro);  
 $E = 5 \text{ V/m} \div 30 \text{ V/m}$  (al centro ed intorno al paziente);  
 $E = 70 \text{ V/m}$  (intorno all'apparato).

### **Standard normativi di riferimento**

Poiché non sono stati rilevati valori significativi di campo magnetico statico in nessun sito dei vari presidi, non si ritiene necessario fornire riferimenti su tale agente.

I campi elettrici e magnetici ELF interessano gli apparati di magnetoterapia e gli applicatori locali. Tranne in pochi specifici casi riscontrati per particolari modalità operative degli apparati, la frequenza di interesse dell'inquinamento elettromagnetico è quella dell'alimentazione di rete (ovvero 50 Hz). In tal caso i riferimenti elettivi sono: il D.P.C.M. 23 aprile 1992 (G.U. del 6/5/92, basato sulle raccomandazioni IRPA/INIRC [4]); le Linee Guida CENELEC [5]; le Linee Guida ICNIRP [6].

Gli apparati a marconiterapia ed a radarterapia generano campi e.m. a radiofrequenza e microonde [2]. La situazione attuale registra la presenza di vari articolati validi a livello regionale, provinciale e comunale, intesi però a definire limiti soprattutto in relazione alla installazione ed all'uso di impianti di radio-telecomunicazioni. In attesa che vengano emanati articolati di legge nazionali organici, in iter legislativo da diversi anni, si ritiene che i riferimenti elettivi ai fini prevenzionistici siano rappresentati: dalle Linee Guida CENELEC [7]; dalle Linee Guida ICNIRP [6].

### **Valutazione dei risultati ed indicazioni di bonifica**

La estrema varietà nelle disposizioni dei locali e delle apparecchiature, riscontrate nei vari presidi, rende difficile sia una sintesi organica e completa dei dati raccolti, sia una loro esaustiva valutazione. Complessivamente si possono però trarre le seguenti considerazioni di validità generale.

Le indagini evidenziano la diffusa presenza di ambienti lavorativi soggetti a notevole inquinamento elettromagnetico, con valori delle intensità dei campi tali da comportare la necessità di intervenire ai fini della prevenzione dagli effetti acuti delle esposizioni alle radiofrequenze e microonde.

Per quel che concerne la marconiterapia e la radarterapia, prendendo come parametro di riferimento il campo elettrico, che in prossimità degli applicatori può superare il migliaio di V/m, si è riscontrato come in vari ambienti dei reparti indagati siano presenti campi pari a diverse decine di V/m, in relazione all'orientazione degli applicatori ed al materiale costruttivo dei locali. Frequentemente sono riscontrabili valori analoghi anche in reparti adiacenti a quello investigato, ed è comunque raro

trovare un livello di fondo inferiore a circa 5 V/m, il che, oltre a comportare esposizioni indebite, può produrre interferenze con il corretto funzionamento di altri apparati diagnostici o terapeutici presenti nello stesso ambiente sanitario.

Per quanto riguarda invece gli apparati di magnetoterapia non si è mai riscontrato il superamento dei livelli di protezione per gli effetti acuti, tranne all'interno del solenoide dove sono presenti valori di campo magnetico fino a qualche mT che interessano esclusivamente il paziente, per il quale il medico ha evidentemente valutato in anticipo il rapporto rischio/beneficio della terapia. Trattandosi comunque dei campi maggiormente indiziati di potenziali effetti sanitari a lungo termine, per il personale lavorativo è ragionevole assumere un atteggiamento prudentiale e perseguire la corretta applicazione del principio di minimizzazione dell'esposizione. In particolare si è a volte riscontrata la presenza di postazioni lavorative fisse, ad esempio sportelli per l'utenza, situate in diretta adiacenza con ambienti di magnetoterapia, comportando così livelli di esposizione per il personale fino alla decina di  $\mu\text{T}$ . In questi casi la continuità dell'esposizione per tutto il ciclo lavorativo a livelli ben superiori al fondo ambientale medio suggerisce l'opportunità di un intervento di bonifica che il più delle volte è praticabile a costi praticamente nulli, semplicemente riconfigurando la disposizione degli apparati negli ambienti.

Si è spesso rilevato che il personale non è sufficientemente edotto sulle corrette modalità di funzionamento degli apparati. Tale situazione può indurre procedure operative non corrette che comportano esposizioni indebite da parte del personale a livelli di campo anche molto elevati, soprattutto nella fase di accensione dei dispositivi e nel posizionamento degli applicatori di marconi e radarterapia.

Tali esposizioni indebite peraltro interessano anche gli stessi pazienti in attesa, e chiunque si trovi nel reparto per effettuare le altre terapie normalmente in uso (applicatori elettrici locali, ultrasuoni, massaggi, etc.)

Per i motivi esposti, gli interventi di prevenzione sono necessari al fine di bonificare gli ambienti e diminuire l'esposizione sia dei lavoratori sia della popolazione ai campi e.m. generati dagli apparati presenti nei reparti.

Tutte le considerazioni che seguono si riferiscono ovviamente solo alla prevenzione ed alla sicurezza dei lavoratori e delle persone comunque presenti nei reparti. Una volta raggiunte le condizioni minime di sicurezza e di buon funzionamento ed utilizzo delle apparecchiature, è comunque il personale medico a stabilire se, nei confronti del paziente, i livelli di esposizione ai campi sono congrui e comportano un reale vantaggio in termini di rapporto costo/beneficio.

Nella maggior parte dei casi può essere utile adottare la seguente schematizzazione delle tipologie di intervento a scopo prevenzionistico e di bonifica:

- procedurali: riduzione dei tempi di esposizione, variazioni nelle posizioni degli operatori e delle sorgenti, stesura di rigorosi protocolli operativi;
- attivi: riduzione alla fonte delle intensità dei campi, agendo sulle modalità di emissione delle sorgenti e garantendo una regolare manutenzione degli apparati, risultati talvolta malfunzionanti;
- passivi: schermature ed indumenti protettivi, da impiegarsi nelle situazioni ove i provvedimenti procedurali ed attivi non si siano dimostrati risolutivi.

#### Interventi procedurali

Il personale dei reparti deve essere opportunamente istruito circa: le modalità di funzionamento degli apparati ed i campi e.m. da essi generati; gli effetti che tali campi possono avere sugli individui ed i rischi che ne derivano; le corrette procedure per la gestione degli apparati e la tenuta delle sedute, con la stesura di opportuni protocolli operativi a cui attenersi.

I presidi dovrebbero inoltre dotarsi di dettagliate norme di sicurezza da portare a conoscenza del personale e dotare ciascuna sala, meglio sarebbe ciascun apparato, di norme di sicurezza e procedurali, anche sintetiche, da affiggere in prossimità dell'apparato in questione.

Nelle norme di utilizzo dei dispositivi devono essere elencate tutte le procedure intese a minimizzare l'esposizione degli operatori nella gestione degli apparati, specificando tra l'altro che l'operatore deve, nell'ordine: posizionare il paziente; disporre gli elettrodi dell'applicatore; fornire al paziente eventuali informazioni e suggerimenti; impostare sulla consolle i parametri relativi alla seduta; accendere l'apparato ed allontanarsi.

Dovrebbe anche essere esplicitamente vietato agli accompagnatori ed agli operatori di sostare in prossimità dei pazienti durante la seduta.

Sarebbe opportuno evitare una eccessiva concentrazione di apparati. Compatibilmente con le esigenze di spazio del reparto e con l'attività richiesta dal bacino di utenza, sarebbe auspicabile posizionare in ogni locale un solo apparato, massimizzando la distanza tra gli stessi. Per gli apparati di marconi e radarterapia resta valida la prescrizione di posizionare i dispositivi in modo che l'orientazione degli applicatori non favorisca la propagazione del campo verso le zone di transito, o peggio ancora di attesa, prospicienti a quelle di terapia.

Per i dispositivi di marconi e radarterapia, ed a maggior ragione anche per quelli di magnetoterapia, in grado di generare campi dispersi difficilmente schermabili, è preferibile scegliere posizioni quanto più distanti da postazioni lavorative fisse e da luoghi abitualmente frequentati dalla popolazione.

Infine sarebbe necessario disporre una rotazione del personale adibito all'uso degli apparati fisioterapici, perlomeno per quelli relativi alla marconi ed alla radarterapia.

#### Interventi attivi

Ogni reparto dovrebbe stabilire un calendario ordinario per garantire la regolare manutenzione degli apparati. Frequentemente si è infatti riscontrata la presenza di apparati manifestamente malfunzionanti se non addirittura obsolescenti, con rischio evidente di sovraesposizione sia per il paziente sia per gli operatori.

Va ricordato peraltro che lo stesso D.Lgs. 626/94 include, nell'art. 3 comma 1 lettera r, la "regolare manutenzione di ambienti, attrezzature, macchine ed impianti, con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza in conformità alla indicazione dei fabbricanti", quale misura generale per la protezione della salute e per la sicurezza dei lavoratori. E' però più che evidente come tale misura ritorni anche a primario beneficio del paziente.

#### Interventi passivi

In situazioni ove l'inquinamento elettromagnetico sia particolarmente accentuato, e i provvedimenti quali una diversa disposizione ed un diverso orientamento degli

apparati non si dimostrino efficaci e risolutivi, l'unica strategia di bonifica consiste nel dotare le sale di marconi e di radarterapia di opportuni schermi, attualmente reperibili anche sotto forma di normali stoffe e tessuti.

Nei casi in cui per motivi organizzativi o economici non sia possibile dotare di opportune schermature tali sale, sarebbe opportuno delimitare le zone a maggior rischio, ovvero quelle dove i campi e.m. sono più intensi, impedendone l'accesso al personale non autorizzato, ed ottimizzare la distribuzione degli apparati nei vari locali.

Per i reparti di magnetoterapia, a causa delle difficoltà nel realizzare schermi per campi magnetici a bassa frequenza, risulta più difficoltoso ricorrere ad interventi passivi per limitare le esposizioni, e valgono le raccomandazioni già espresse in precedenza (ricorso agli interventi procedurali ed attivi).

### **Conclusioni**

Le indagini effettuate dagli autori in numerosi reparti di Aziende Sanitarie Locali del Lazio e dell'Umbria hanno confermato la presenza di un notevole inquinamento elettromagnetico in molti dei reparti di terapia fisica analizzati.

Per le marconi e la radarterapia si è evidenziata la presenza di campi confrontabili con i livelli di riferimento suggeriti dalle organizzazioni protezionistiche per la prevenzione dagli effetti acuti. Livelli di fondo elevati sono stati riscontrati anche in reparti adiacenti, il che può comportare esposizioni indebite ed interferenze con il corretto funzionamento di apparati diagnostici o terapeutici.

Per gli apparati di magnetoterapia non si è riscontrato il superamento dei livelli di protezione per gli effetti acuti, tranne all'interno del solenoide. Poiché tali campi sono quelli maggiormente indiziati di potenziali effetti a lungo termine, è doveroso anche in tale circostanza un atteggiamento prudentiale finalizzato ad una riduzione delle esposizioni indebite causate dai campi dispersi.

In tutti i presidi esaminati si è reso necessario dare indicazioni per ridurre le esposizioni sia del personale sia del pubblico, suggerendo interventi specifici di prevenzione e bonifica, realizzabili per lo più con risorse estremamente contenute.

### **Bibliografia**

- [1] Impieghi medici delle radiazioni non ionizzanti. Regione Emilia-Romagna, USL n. 16 - Modena. Collana Prevenzione nei luoghi di vita e di lavoro, n. 25 (1990).
- [2] D. Andreuccetti et al.. Protezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche - Firenze (1988).
- [3] Problematiche protezionistiche connesse all'impiego sanitario di sorgenti non ionizzanti: Radar e Marconiterapia - Laser. Indicazioni tecniche e metodologie di controllo. Regione Emilia-Romagna, Circolare Regionale n. 46 del 22 Dicembre 1989
- [4] IRPA/INIRC: Health Physics, 58, 113-122 (1990).
- [5] CENELEC: Esposizione umana ai campi elettromagnetici. Bassa frequenza (0 Hz - 10 kHz). Norma Europea Sperimentale CEI ENV 50166-1. Fascicolo 2550 E - Maggio 1995. Milano:CEI.



- [6] ICNIRP: Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz). Health Physics, Vol. 74, N. 4 (1998).
- [7] CENELEC: Esposizione umana ai campi elettromagnetici. Alta frequenza (10 kHz - 300 GHz). Norma Europea Sperimentale CEI ENV 50166-2. Fascicolo 2551 E - Maggio 1995. Milano:CEI.