

# Studio di un dosimetro individuale per la misura delle variazioni temporali di intensità di campo magnetico in RM

Pietro. BUFFA<sup>1</sup>, Pietro GUARINO<sup>1</sup>, Roberta MILANESI<sup>2</sup>, Elio TOMARCHIO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria Nucleare, Università di Palermo,

Viale delle Scienze, Ed. 6, 90128 Palermo (PA), Italy.

<sup>2</sup>Tecnorad s.r.l., Via Schiaparelli, 5 - 37135 Verona (VR), Italy.

## Introduzione

La recente introduzione nella normativa italiana del D. Lgs. 81/2008 (Testo unico sulla salute e sicurezza delle lavoratrici e dei lavoratori), che richiama il D. Lgs. 257/2007, ha suscitato particolare interesse riguardo le attività sanitarie di RM per quanto attiene il rispetto dei livelli di azione e dei limiti che discendono dal movimento degli operatori all'interno del campo magnetico statico. Tale attenzione è stata ancora ulteriormente accentuata dall'emanazione delle nuove linee guida ICNIRP [1]. In conseguenza è particolarmente interessante misurare la variazione dell'induzione magnetica (dB/dt), parametro correlabile alle correnti indotte all'interno del corpo dell'operatore, significative per la salute dell'operatore. Queste correnti sono state valutate in precedenti studi sia con metodi computazionali e simulazione numerica sia con misure sperimentali attorno alle macchine [2], rilevandosi il possibile superamento del valore di campo magnetico dichiarato dal fabbricante. Al fine di valutare il parametro dB/dt, con la collaborazione del personale della ditta costruttrice è stato modificato un *dosimetro* preesistente destinato al rilevamento delle intensità di campo magnetico, implementando modifiche nel software di gestione per il rilevamento dei valori di campo.

Scopo del presente lavoro è quello di verificare la possibilità di impiego di uno strumento di questo tipo in grado di garantire attraverso la registrazione dei dati il rispetto dei limiti previsti dalla normativa, riportati in Tabella 1 (allegato XXXVI del D.Lgs. 81/2008).

Limite di esposizione 0-1 Hz	40 mA m <sup>-2</sup>
Valore di azione 0-1 Hz	200mT

**Tabella 1** . Limiti di azione e di esposizione previsti dalla normativa nel range di frequenze 0-1 Hz.

## Materiali e metodi

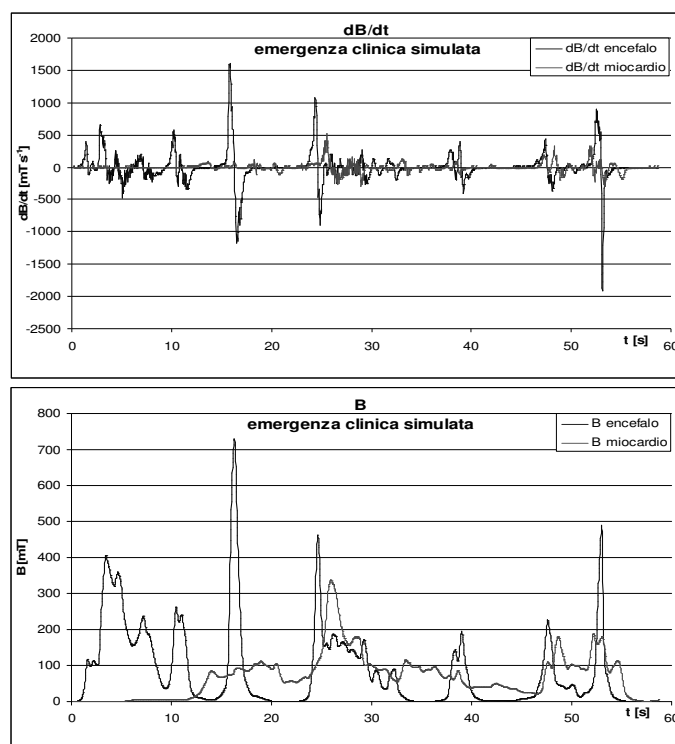
Per le valutazioni di cui al precedente paragrafo si è impiegata un apparecchiatura di misura dell'induzione magnetica della TECNORAD s.r.l. di Verona, denominato TALETE, basato sull'effetto Hall, in grado di rilevare il campo lungo tre direzioni ortogonali e darne il modulo con valore minimo di 1 mT. Il *dosimetro* è stato appositamente modificato dal personale della stessa ditta costruttrice al fine di adeguare la frequenza di campionamento alle esigenze della ricerca. La modifica sostanziale ha riguardato l'incremento della frequenza di campionamento, che è stata aumentata di più di 200 volte, per consentire una ricostruzione della variabilità del campo anche nel caso di spostamenti rapidi dell'operatore. A tal fine è stato necessario intervenire sul firmware del dispositivo, senza tuttavia poter modificare la capacità di registrazione e la durata della batteria di alimentazione. Il dosimetro, così modificato, è stato utilizzato all'interno di tre diversi impianti di risonanza magnetica da 1,5 T dotati delle seguenti apparecchiature per RM:

- 1) GE mod. SIGNA EXCITE (installata presso due siti);
- 2) Philips mod. ACHIEVA (con gradiente di campo morbido);
- 3) TOSHIBA mod. EXCELART (con magnete corto);

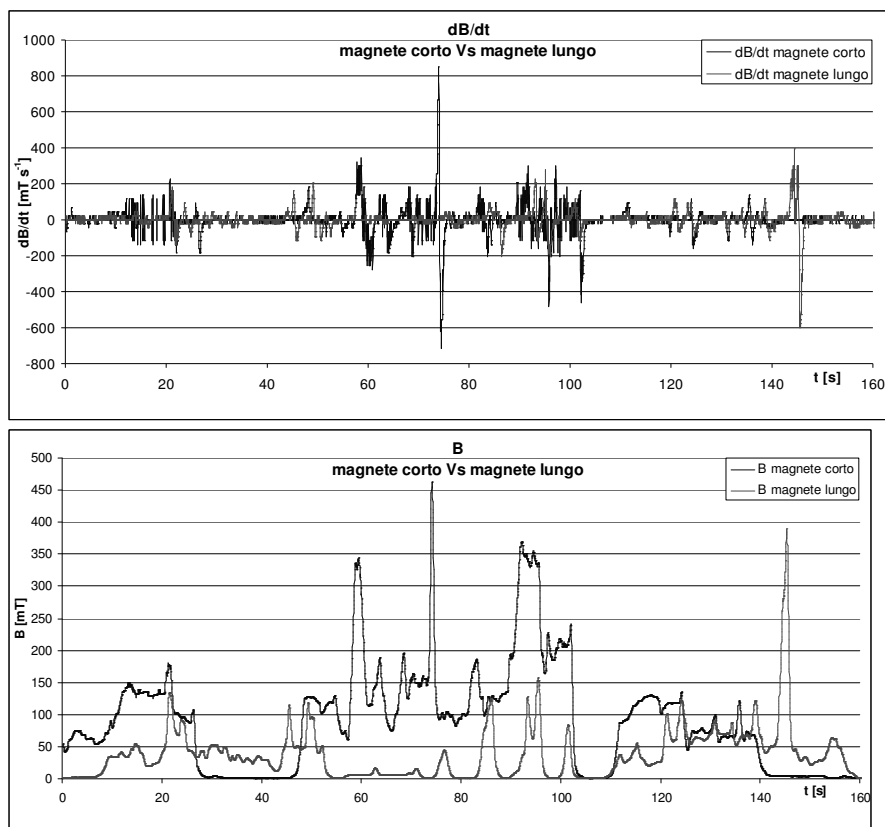
Le prove sperimentali sono state effettuate utilizzando il dosimetro così modificato e indossato in diverse posizioni del corpo da un operatore addetto alla o da un operatore impegnato nella fase di assistenza al paziente, ossia durante operazioni caratterizzate da diversa velocità di movimento dell'operatore stesso. E' stato inoltre simulato il movimento di un operatore durante una ipotetica fase di emergenza clinica, ossia con movimenti rapidi dell'operatore attorno alla macchina in funzione, atta a verificare le sollecitazioni all'operatore in circostanze critiche.

## Risultati e discussione

Nelle Figure 1-3 sono riportati alcuni andamenti sia del parametro B sia di dB/dt in funzione del tempo per varie tipologie di movimento di un operatore all'interno di una apparecchiatura RM. Dai grafici si rileva una marcata variabilità del campo, specie con apparecchi a magnete corto, ed elementi di criticità correlati maggiormente a interventi in caso di emergenza clinica. La migliore risoluzione nella descrizione degli andamenti di campo, o della sua variazione, è direttamente correlata alla maggiore frequenza di campionamento: tuttavia ciò comporta la registrazione di un numero di valori notevolmente superiore a quanto in precedenza effettuato, con la limitazione della massima capacità attuale della memoria dello strumento. Conseguentemente è anche limitato il periodo di tempo in cui può essere monitorato il movimento dell'operatore. Questo inconveniente può essere facilmente risolto con l'incremento della memoria (e della batteria) o, come in parte già programmato dalla ditta costruttrice, con una ottimizzazione del software di gestione dello strumento, fino alla conservazione di un solo valore, risultato di una operazione di media in un adatto periodo di tempo.



**Figura 1.** Andamento del campo magnetico e della variazione di campo in funzione del tempo, dovuta ai rapidi movimenti dell'operatore durante una emergenza clinica



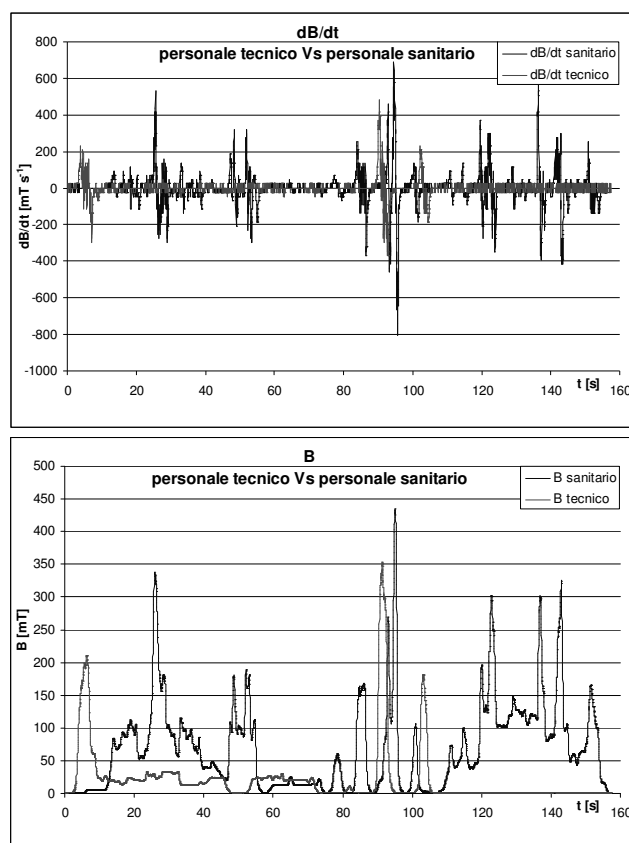
**Figura 2.** Andamento del campo magnetico e della variazione di campo in funzione del tempo, dovuta a movimenti dell'operatore durante normale assistenza al paziente e confronto tra le risposte del dosimetro con apparecchiature dotate di magnete corto o lungo. .

Considerando quanto indicato da Glover [3], con un valore  $\text{dB/dt}$  di  $1 \text{ T s}^{-1}$  all'interno del corpo umano possono generarsi campi elettrici tra  $0,002$  e  $0,15 \text{ V m}^{-1}$ . Si noti che in presenza di gradienti attivi (bobine per l'indagine RM accese) possono raggiungersi anche valori di  $10 \text{ T s}^{-1}$ . E' allora interessante correlare il valore  $\text{dB/dt}$  con il valore delle correnti indotte all'interno del corpo umano. Solo a titolo di esempio, Crozier [2] determina, per campi da  $1.5 \text{ T}$ , correnti indotte con valori compresi tra  $32$  e  $63 \text{ mA m}^{-2}$ , fino ad un massimo di  $160 \text{ mA m}^{-2}$  in zone del tronco non vitali.

## Conclusioni

Il dosimetro appositamente modificato ha mostrato una buona versatilità di funzionamento ed è stato in grado di rilevare significative variazioni di campo in periodi di tempo molto piccoli. Lo studio delle risposte temporali, sia pure ancora preliminare, ha dimostrato la realizzabilità di un dosimetro in grado di misurare la variazione di campo nel tempo ( $\text{dB/dt}$ ), parametro utile per una correlazione con i valori delle correnti indotte all'interno del corpo umano. Un ulteriore sviluppo della ricerca sarà pertanto orientato allo studio di una correlazione tra i valori  $\text{dB/dt}$  e correnti indotte, tenendo conto di una possibile personalizzazione dello strumento in base ai dati somatici dell'utilizzatore. Sono state inoltre acquisite informazioni utili per progettare e realizzare un

prototipo di un nuovo *dosimetro*, con una diversa architettura hardware e con una ottimizzazione del software, in grado di effettuare campionamenti con elevata frequenza e computare direttamente i valori di dB/dt in periodi di tempo adatti a successive valutazioni.



**Figura 3.** Andamento del campo magnetico e della variazione di campo in funzione del tempo, dovuta a movimenti dell'operatore durante normale assistenza al paziente e confronto con quella di un tecnico durante un'operazione di manutenzione ordinaria su parti meccaniche esterne al Gantry. .

## Bibliografia

- [1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). *Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields*. Health Phys 96:504-514; 2009.
- [2] Crozier S, Liu F. *Numerical evaluation of the fields induced by body motion in or near high-field MRI scanners*. Prog. Biophys. Mol. Biol., Vol.87(2-3), 2005,pp. 267-278.
- [3] Glover PM, Bowtell R. *Measurement of electric fields induced in a human subject due to natural movements in static magnetic fields or exposure to alternating magnetic field gradients*. Phys. Med. Biol., Vol. 53,2008, pp. 361–373.