

# Tecnica Ospedaliera

www.tecnicaospedaliera.it



Con il patrocinio della fiera

 EXPOSANITÀ

 AIIC  
associazione  
italiana  
ingegneri clinici

SANITÀ DIGITALE **INTERNET OF THINGS.**  
UNA RIVOLUZIONE PER LA SANITÀ

SICUREZZA **RMN**, RISCHI LEGATI  
AI CAMPI MAGNETICI

MODELLI ORGANIZZATIVI  
DIREZIONE SANITARIA AZIENDALE 3.0

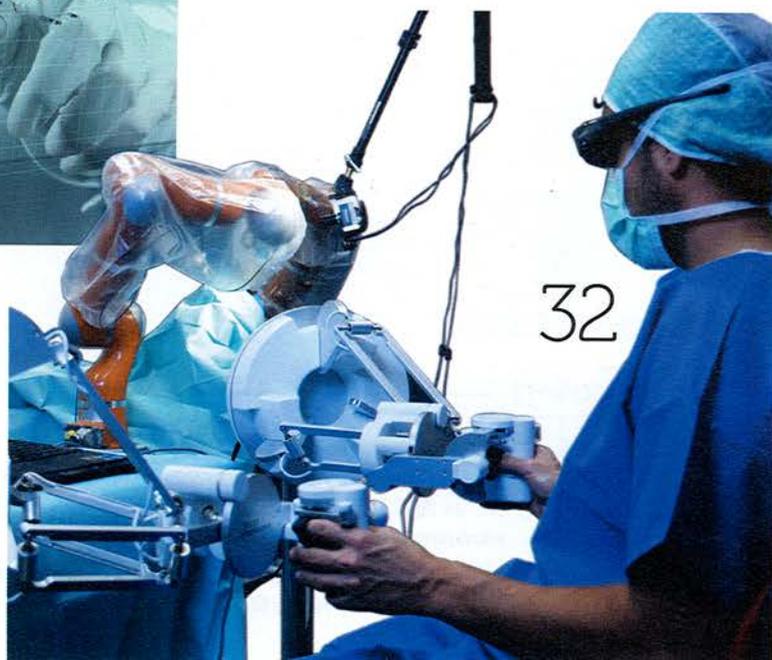
DISPOSITIVI MEDICI **RECEPIMENTO**  
DELLA DIRETTIVA 2013/59 EURATOM



- 5 AGENDA**  
 a cura di Roberta Grisotti
- 6 NOTIZIARIO AIIC**  
 Associazione Italiana Ingegneri Clinici
- 8 SANITÀ DIGITALE**  
**Connected care, l'Italia è pronta**  
 di Roberto Carminati
- 12 Internet of Things,  
 una rivoluzione per la sanità**  
 di Lorenzo Di Palma
- 16 Innovazione in sanità.  
 Con i big data si può**  
 di Lorenzo Dardano
- 20 Se digitalizzazione  
 fa rima con formazione**  
 di Roberto Carminati
- 24 SISTEMI SANITARI**  
**Un Ssn sempre  
 più socio-sanitario**  
 di Pierluigi Altea
- 26 PROGETTAZIONE**  
**San Martino, Genova.  
 Nuovi Laboratori centralizzati  
 e Blocco Operatorio**  
 di Giuseppe La Franca

- 32 INNOVAZIONE  
 & TECNOLOGIE**  
**Epilessia e chirurgia. I risultati  
 del progetto europeo Active**  
 di Stefania Somaré
- 36 Dieci anni di chirurgia  
 robotica allo IEO di Milano**  
 di Lorenzo Di Palma
- 38 Per una produzione  
 scientifica sostenibile**  
 di Roberto Carminati
- 40 DIAGNOSTICA**  
**PET/CT con Gallio 68.  
 Migliore qualità della diagnosi**  
 di Armando Ferraioli
- 44 LABORATORIO**  
**Tumori e medicina  
 personalizzata. Un nuovo test  
 disponibile per i pazienti italiani**  
 di Stefania Somaré
- 46 SICUREZZA**  
**Sicurezza in RM. Rischi legati  
 ai campi magnetici**  
 di Armando Ferraioli
- 50 MODELLI ORGANIZZATIVI**  
**Cresce l'efficienza,  
 aumenta l'attrattiva**  
 di Roberto Carminati
- 54 Per una sanità più democratica**  
 di Roberto Carminati
- 56 Le sfide e il cambiamento.  
 Direzione Sanitaria Aziendale 3.0**  
 di Lorenzo Di Palma
- 60 Ricerca clinica in corsia.  
 Più sicura se c'è un CRC**  
 di Stefania Somaré

12



32

**FORMAZIONE****62 ECM. Quanti medici sono in regola?**

di Stefania Somaré

**DISPOSITIVI MEDICI****64 Recepimento della direttiva 2013/59 Euratom. Un'occasione da non perdere**

di Stefania Somaré

**68 La micrologistica in sala operatoria**

di Pierluigi Altea

**CASE HISTORY****72 Un sistema informativo per le emergenze cardiologiche****74 Scaffold in magnesio. Al cuore dell'innovazione**

di Roberto Carminati

**76 Dispositivi medici innovativi e processi. I due volti della sicurezza**

di Pierluigi Altea

**APP SANITÀ****78 a cura di Stefania Somaré****VETRINA****80 a cura di Andrea Silva**

TECNOLOGIE E MANAGEMENT PER LA SANITÀ

# Tecnica Ospedaliera

Anno XLV - Numero 1 - gennaio 2017

**Casa Editrice/Publishing House:**© Tecniche Nuove Spa  
via Eritrea, 21 - 20157 Milano - Italia  
telefono 02390901 - 023320391 - fax 023551472**Direttore Responsabile/Publisher:**

Ivo Alfonso Nardella

**Direttore Editoriale/Editor in chief:**

Paolo Pegoraro

**Comitato Scientifico/Scientific Comitee:**

Stefano Capolongo, Marco Di Muzio, Danilo Gennari, Giuseppe La Franca, Adriano Lagostena, Lorenzo Leogrande, Luigi Lucente, Luigi O. Molendini, Luciano Villa

**Referee:**

Stefano Capolongo, Danilo Gennari, Luigi O. Molendini, Luciano Villa

**Redazione/Editorial Staff:**Cristina Suzzani - tel. 0239090318 - fax 0239090332  
e-mail: cristina.suzzani@tecnicheNuove.com**Hanno collaborato a questo numero/Contributors to this issue:**

A.I.C. P. Altea, R. Carminati, L. Dardano, L. Di Palma, A. Ferraioli, R. Grisotti, G. La Franca, A. Silva, S. Somaré

**Direttore Generale/General Manager:**

Ivo Alfonso Nardella

**Direttore commerciale/Sales manager:**

Cesare Gnocchi - cesare.gnocchi@tecnicheNuove.com

**Direttore Marketing/Marketing Director:**Paolo Sciacca - tel. 0239090390  
paolo.sciacca@tecnicheNuove.com**Coordinamento stampa e pubblicità/  
Printing and advertising coordination:**

Fabrizio Lubner (resp.)/Sara Andreazza (tel. 0239090295) - sara.andreazza@tecnicheNuove.com

**Grafica, disegni ed impaginazione/Graphics, drawings and layout:**

Grafica Quadrifoglio S.r.l. - Milano

**Abbonamenti/Subscriptions:**Valentina Fasolin e-mail: valentina.fasolin@tecnicheNuove.com  
Alessandra Caltagirone e-mail: alessandra.caltagirone@tecnicheNuove.com  
Sara Checchia e-mail: sara.checchia@tecnicheNuove.com  
Domenica Sanrocco e-mail: domenica.sanrocco@tecnicheNuove.com  
Tel 0239090261 - Fax 0239090335 abbonamenti@tecnicheNuove.com**Abbonamenti/Subscriptions:**

Tariffe per l'Italia: cartaceo annuale € 60,00; cartaceo biennale € 110,00; digitale annuale € 45,00; Tariffe per l'Estero: digitale annuale € 45,00. Per abbonarsi a Tecnica Ospedaliera è sufficiente versare l'importo sul conto corrente postale n. 394270 oppure a mezzo vaglia o assegno bancario intestati a Tecniche Nuove Spa - Via Eritrea 21 - 20157 Milano. Gli abbonamenti decorrono dal mese successivo al ricevimento del pagamento. Costo copia singola € 2,70 (presso l'editore, fiere e manifestazioni) Copia arretrata (se disponibile) € 5,50 + spese di spedizione.

**Ufficio commerciale-vendita spazi pubblicitari/Commercial department - sales of advertising spaces:**Milano - Via Eritrea, 21  
Tel. 0239090283-39090272 - Fax 0239090411**Uffici regionali/Regional offices:**Bologna - Via di Coricella, 181/3  
Tel. 051325511 - Tel. 051324647  
Vicenza - Contrà S. Caterina, 29  
Tel. 0444540233 - Fax 0444540270  
E-mail: commerc@tecnicheNuove.com  
Internet: http://www.tecnicheNuove.com**Stampa/Printing:** New Press - via De Gasperi, 4 - Cermenate (CO)**Dichiarazione dell'Editore**

La diffusione di questo mese è di 17.563 copie

**Responsabilità/Responsibility:** la riproduzione delle illustrazioni e articoli pubblicati dalla rivista, nonché la loro traduzione è riservata e non può avvenire senza

espressa autorizzazione della Casa Editrice. I manoscritti e le illustrazioni inviati alla redazione non saranno restituiti, anche se non pubblicati e la Casa Editrice non si assume responsabilità per il caso che si tratti di esemplari unici. La Casa Editrice non si assume responsabilità per i casi di eventuali errori contenuti negli articoli pubblicati o di errori in cui fosse incorsa nella loro riproduzione sulla rivista.

**Associazioni/Associations**
**ANES** ASSOCIAZIONE NAZIONALE EDITORIA DI SETTORE  
Aderente a: Confindustria Cultura Italia
**Organo Privilegiato A.I.I.C.**

(Associazione Italiana Ingegneri Clinici)

Sotto gli auspici di S.I.T.O.

(Società Italiana di Tecnica Ospedaliera)

**Periodicità/Frequency of publication:** mensile - Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1, DCB Milano**Registrazione/Registration:** N. 17 del 16-1-1971 Tribunale di Milano - Iscritta al ROC Registro degli Operatori di Comunicazione al n° 6419 (delibera 236/01/Cons del 30.6.01 dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni) Testata volontariamente sottoposta a certificazione e diffusione in conformità al Regolamento**Tecnica Nuove pubblica inoltre le seguenti riviste/ Tecniche nuove also publishes the following magazines:**

AE Apparecchi Elettrodomestici, Arredo e Design, Automazione Integrata, Backstage, Biotech, Commercio Idrotermosanitario, Costruire in Laterizio, Cucina Naturale, DM Il Dentista Moderno, Elettro, Dermakos, Farmacia News, Fluid Trasmissioni di Potenza, Fonderia - Pressofusione, GEC Il Giornale del Cartolaio, Griffe, GT Il Giornale del Termoidraulico, HA Household Appliances Parts&amp;Components, Hotel Domani, Il Commercio Edile, Il Latte, Il Nuovo Cantiere, Il Pediatra, Il Progettista Industriale, Il Tuo elettrodomestico, Imbottigliamento, Imprese Edili, Industria della Carta, Italia Grafica, Kosmetica, La tua farmacia, Laboratorio 2000, Lamiera, L'Erborista, L'Impianto Elettrico, Logistica, Luce e Design, Macchine Agricole, Macchine Alimentari, Macchine Edili, Macchine Utensili, Medicina Integrata, Nautech, NCF Notiziario Chimico Farmaceutico, Oleodinamica Pneumatica, Organi di Trasmissione, Ortopedici e Sanitari, Plastix, Porte &amp; Finestre, RCI, Serramenti + Design, Stampi Progettazione e Costruzione, Strumenti Musicali, Subfornitura News, Technofashion, Tecnica Calzaturiera, Tecnica Ospedaliera, Tecnologie del Filo, Tema Farmacia, TF Trattamenti e Finiture, Utensili &amp; Attrezzature, VQ - Vite, Vino &amp; Qualità, Watt Aziende Distribuzione Mercato, ZeroSottoZero.

# Sicurezza in risonanza magnetica

## Rischi legati ai campi magnetici

Armando Ferraioli - Studio di Ingegneria Medica – Cava De' Tirreni (Sa)

La RM è considerata una modalità di diagnostica per immagini sicura perché non utilizza radiazioni ionizzanti. Tuttavia, l'uso dei tre tipi di campi magnetici necessari per il suo funzionamento richiede particolari attenzioni perché possono dare luogo a gravi incidenti. Si riportano qui i rischi ai quali si può andare incontro se non si osservano le precauzioni dettate dalle norme di sicurezza e dalle linee guida.

### KEYWORDS

risonanza magnetica,  
diagnostica, campo magnetico,  
rischio, quench

magnetic resonance,  
diagnostics, magnetic  
field, risk, quench

**I**rischi associati alle tecniche di imaging con risonanza magnetica, possono sembrare ovvi per chiunque lavori regolarmente con esse, tuttavia gli esami RM possono presentare alcuni rischi che devono essere adeguatamente valutati e che sono legati all'esposizione ai campi magnetici generati dagli apparati. Sebbene la RM sia ritenuta una modalità di tecnica d'immagini sicura per il paziente per la mancanza di radiazioni ionizzanti mentre la Tac utilizza i raggi x, i rischi della RM sono correlati ai tre tipi di campi magnetici utilizzati dalla metodica stessa e che sono:

- un campo magnetico statico (non variabile nel tempo) per l'orientamento dei nuclei atomici;
- i campi magnetici variabili nel tempo (gradienti) necessari per la risoluzione spaziale e quindi per la formazione delle immagini;
- il campo magnetico a radiofrequenza (RF) oscillante alla frequenza di risonanza dei nuclei atomici di interesse (generalmente l'idrogeno).

Questi diversi campi magnetici interagiscono con il corpo umano mediante meccanismi diversi.

### Effetti dei campi magnetici statici

Premesso che i livelli di campo magnetico statico utilizzati in RM sono tra i più elevati cui possono essere esposti gli esseri umani, tipicamente dell'ordine di 1,5 o 3 tesla (rispetto al campo magnetico terrestre dell'ordine di 0,00005 tesla), gli effetti potenziali/cause di rischio sanitario legato ai campi magnetici statici sono effetti biologici diretti ed effetti indiretti.

Gli effetti biologici diretti possono essere:

- riscaldamento dei tessuti;
- effetti su molecole e cellule;
- interazioni elettrodinamiche;
- interazioni magnetomeccaniche.

Le conseguenze pratiche più evidenti sono relative alle sensazioni di nausea e vertigini e alle sensazioni visive transitorie descritte come lampi di luce connesse ai movimenti del corpo o di sue parti come la testa o gli occhi. Questi effetti sono transitori e possono essere evitati muovendo lentamente il paziente nel foro del magnete. Non ci sono evidenze significative che l'esposizione a campi magnetici statici causino seri effetti a lungo termine per campi magnetici (statici minori di 2 tesla), sebbene i dati al momento siano relativamente pochi specialmente per campi magnetici statici superiori, certamente necessari di approfondimento in previsione dei futuri sviluppi delle applicazioni cliniche su tali sistemi (3, 4-8 tesla).

La riduzione del rischio si traduce in una limitazione del tempo di permanenza in zone in cui sia presente un forte campo statico disperso, tenuto conto del fatto

**M**R is considered a safe imaging diagnostic modality because it does not use ionizing radiations. However, the use of the three necessary magnetic fields for its operation requires particular attentions because they can cause serious accidents. We report here the risks to which one can be subjected if the precautions dictated by safety regulations and guidelines are not observed.

che il tempo di permanenza è funzione dell'intensità del campo e della parte esposta. È pertanto buona norma che l'esposizione giornaliera dei lavoratori non sia continua ma intervallata.

Molto più reali sono i rischi legati all'interazione del campo magnetico statico con oggetti ferromagnetici o dotati di circuiti elettronici presenti nel corpo umano (protesi metalliche, graffe per aneurismi cerebrali, pacemaker, defibrillatori impiantabili, stent, pompe insuliniche, impianti cocleari ecc.) o oggetti esterni, come i piercing. Per effetto del campo magnetico, infatti, si esercitano su di essi torsioni o forze che possono alterarne la funzionalità o determinare l'insorgere di emorragie e ferite. Molto più reali sono i rischi legati all'interazione del campo magnetico statico con oggetti ferromagnetici presenti nell'area interessata dal campo magnetico. Gli oggetti metallici liberi possono essere messi in movimento con traiettorie del tutto imprevedibili e velocità elevate (effetto proiettile).

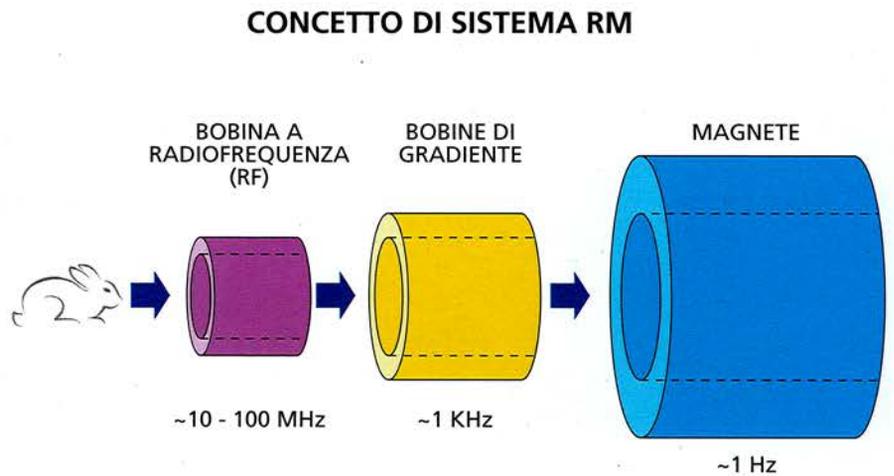
La forza di attrazione-torsione dipende da:

- proprietà magnetiche del materiale;
- intensità del campo (maggiore di 3 tesla);
- gradiente di campo (attrazione);
- allineamento dell'oggetto (torsione);
- massa e forma dell'oggetto.

### Il rischio è per il paziente o chiunque si trovi sulla traiettoria

Sono stati riportati vari casi di incidenti, come quello di un paziente entrato in sala con delle forbici nella tasca; le forbici sono state attratte fortemente dal magnete permanente conficcandosi nella fronte dell'operatore.

Un altro caso dell'effetto proiettile è stato quello causato da un'infermiera (ignara delle norme di sicurezza) che aveva portato una bombola di ossigeno in risposta



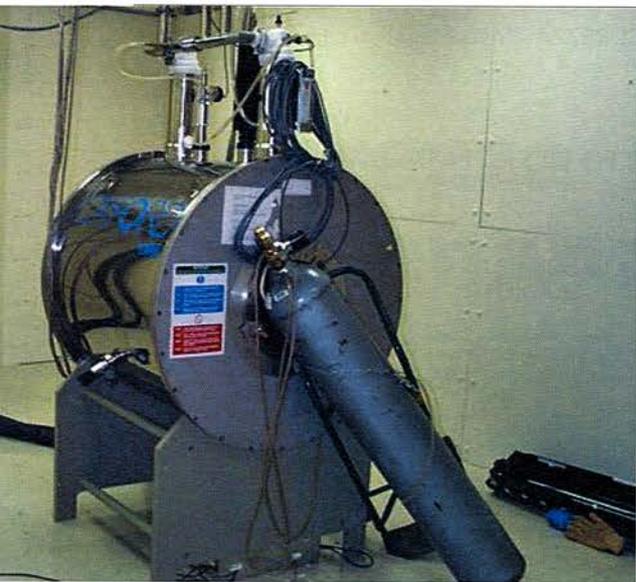
a una richiesta di emergenza da parte dell'anestesista. La bombola è stata letteralmente strappata dalle mani dell'infermiera, entrando nel foro del magnete e colpendo la testa del paziente di 6 anni sottoposto a esame RM, causandone la morte.

### Cosa fare in caso di incidente

In situazioni di emergenza bisognerebbe urgentemente attivare il quench, consistente nel surriscaldamento di una parte del suo avvolgimento che porta alla perdita della superconduttività. In tal modo la corrente circolante viene rapidamente dissipata e il magnete cessa di funzionare perdendo la sua superconduttività, con conseguente ventilazione all'esterno dell'elio criogenico evaporato. Si tenga presente che nel corso di quench l'elio si espande molto rapidamente, saturando velocemente tutto il volume a disposizione nell'ambiente della sala esame. L'elio, essendo più leggero dell'aria, va verso l'alto e si stratifica dal soffitto verso il basso. Il tenore dell'ossigeno può così scendere dal normale 20,9% al 18-16%, che rappresenta la soglia al di sotto della quale si iniziano ad avere seri problemi di insufficienza respira-



Gli oggetti metallici liberi possono essere messi in movimento con traiettorie del tutto imprevedibili e velocità elevate (effetto proiettile)



Un incidente accaduto a Nuova Delhi, in India, è stato causato da una bombola di ossigeno che, attratta dal magnete, ha catapultato il medico e il tecnico sull'apparecchio, bloccandoli per diverse ore e ferendoli in modo grave. In questo caso, il tasto del quench era apparentemente disabilitato, quindi le due vittime sono state intrappolate per quattro ore sullo scanner, riportando seri danni sia per la prolungata pressione effettuata sugli stessi con perdita della circolazione del sangue sia per la forza d'impatto iniziale

toria, fino all'asfissia. Inoltre, dato che l'elio passa dallo stato liquido (-270°C) alla temperatura in un ambiente chiuso, si somma un rischio di congelamento, per cui in caso di attivazione del quench bisogna uscire immediatamente dalla sala e aspettare che l'aria torni respirabile.

### **Effetti dei campi magnetici variabili nel tempo**

La rapida variazione, accensione e spegnimento delle correnti nelle bobine dei gradienti provocano due effetti all'interno del corpo, poiché i campi magnetici variabili nel tempo inducono correnti elettriche nel tessuto conduttivo del paziente. Tali correnti dipendono dall'ampiezza, dalla durata e dalla frequenza del campo. Le correnti indotte all'interno del corpo del paziente possono esercitare un'azione dannosa a livello del sistema nervoso e muscolare. Infatti, quando gli impulsi elettrici che sono al di sopra della soglia di stimolazione vengono indotti in un nervo, viene causata una depolarizzazione della membrana neuronica con il risultato di un segnale elettrico attraverso la fibra nervosa. I limiti previsti per la variazione dell'induzione magnetica sono normalmente tali da prevenire l'insorgere di effetti dannosi per la salute. Il secondo effetto, legato all'esposizione a campi magnetici variabili nel tempo, è l'induzione di sensazioni luminose agli occhi, di scarsa rilevanza e breve durata.

La stimolazione nervosa periferica non è a rischio di vita ma risulta fastidiosa e provoca l'interruzione dell'esame. La stimolazione cardiaca (induzione di un battito ectopico o di altra aritmia cardiaca) può essere molto pericolosa, ma ha soglia superiore rispetto alla stimolazione nervosa. Inoltre, il riscaldamento del tessuto è trascurabile, quindi clinicamente non significativo.

Un altro aspetto importante è legato al rumore acustico che si genera perché le correnti applicate alla bobina di

gradiente, quando è accesa, interferiscono con il campo magnetico statico, producendo delle forze di Lorentz sul sistema stesso. Accensione e spegnimento continui delle correnti generano uno stato di vibrazione delle bobine che, urtando contro le strutture di supporto, producono rumore acustico. L'intensità delle vibrazioni strutturali dipende dall'intensità del campo magnetico statico, dall'intensità dei gradienti, dalla geometria e dalla struttura del tomografo e anche dalla forma d'onda delle correnti (switching currents). Le caratteristiche spettrali del rumore dipendono dalla sequenza utilizzata e dalla geometria, isolanti acustici ecc. e rispecchiano in parte quelle dei gradienti. I parametri di acquisizione possono aumentare il rumore, come la diminuzione dello spessore di strato, FOV (dimensione immagine), e per sequenze dove sono impiegate ampiezze di gradienti più elevate o frequenze di switching più elevate, producono più rumore.

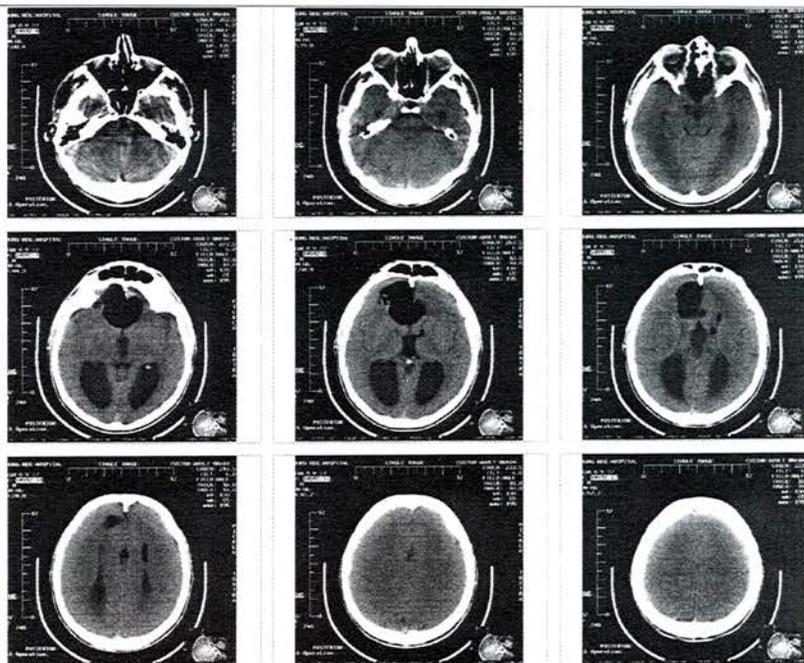
Il rumore acustico è forse la maggiore fonte di ansietà per il paziente che deve sottostare alla RM (oltre al senso di claustrofobia). I livelli sonori possono raggiungere i 100 dB e anche oltre, richiedendo pertanto, sia per il paziente sia per il personale tecnico che resta in sala, l'uso di tappi auricolari o cuffie in corso di esame. Va sottolineato che il problema è maggiormente evidenziato per particolari categorie di pazienti quali neonati, bambini e anziani. Le grandi aziende produttrici di apparecchiature RM hanno sviluppato accorgimenti tecnologici per ridurre questa problematica, modificando la sequenza degli impulsi e utilizzando ampiezze di gradienti più basse così come la velocità di spostamento delle forme d'onda del gradiente.

### **Effetti dei campi a radiofrequenza**

Il principale effetto dovuto ai campi a RF impiegati in RM (la frequenza richiesta dipende dalla forza del campo magnetico, per esempio 64 MHz a 1,5 tesla e 128 MHz a 3

tesla) è dovuto all'innalzamento della temperatura in seguito alla deposizione di energia elettromagnetica (legge di Faraday). L'aumento della temperatura del tessuto dipende dal sistema di termoregolazione del paziente che agisce per convenzione (flusso sanguigno), conduzione, irradiazione ed evaporazione; dalle condizioni dell'ambiente circostante, ovvero temperatura, umidità relativa, areazione. Il parametro introdotto per qualificare l'assorbimento di energia e quindi la quantità di calore prodotta nel corpo per effetto della radiazione elettromagnetica è il tasso di assorbimento specifico SAR (Specific Absorption Rate) cioè la potenza assorbita nell'unità di massa dal tessuto espressa in W/Kg. Se il SAR è calcolato sull'intero corpo, esso dà una misura di sovraccarico complessivo a cui è sottoposto il sistema termoregolatore. In realtà questa informazione non è sufficiente per valutare un potenziale rischio sanitario di tipo termico, in quanto la distribuzione del SAR nelle varie parti del corpo può essere estremamente disomogenea dando luogo, per esempio, ad assorbimenti estremamente elevati in qualche organo particolare; pertanto è generalmente necessario calcolare, mediante complesse tecniche numeriche, il SAR locale. Il corpo umano può ben tollerare un aumento di temperatura inferiore a 1°C o a 0,5°C in caso di bambini, donne in gravidanza e persone con difetti del sistema cardiocircolatorio. L'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) nelle linee guida raccomanda che la temperatura del paziente non superi 0,5°C negli esami di routine. A tal fine sono stati definiti dei limiti di esposizione in termini di SAR. È pertanto auspicabile un aggiornamento della normativa nazionale. Particolare cautela deve essere posta nei confronti di alcune categorie di pazienti, come le donne in gravidanza, che si raccomanda di sottoporre a RM solo dopo una valutazione rischio-beneficio, in particolare durante il primo trimestre.

Oltre agli effetti dell'aumento della temperatura, le ustioni più gravi possono avvenire se oggetti elettricamente con-



duttivi entrano in contatto con il paziente in corso di RM; essi possono surriscaldarsi anche oltre i 60°C (particolarmente se la lunghezza dell'oggetto è tale da entrare in risonanza con il campo RF). In letteratura medica è riportato un caso di incidente legato al sensore del pulsossimetro posizionato sul braccio di un bambino che ha causato un'ustione tale da causare l'amputazione dell'arto. L'aumento dei parametri di sicurezza in RM ha prodotto, ovviamente, una certa quantità di legislazione normativa, tesa a inquadrare e delegare i rischi e i problemi che l'uso della strumentazione RM può comportare, nonché le "regole di comportamento" da seguire per operatori e pazienti. Purtroppo la legislazione relativa alla RM varia da Paese a Paese. Molti Paesi non hanno una legislazione specifica per la RM, anche se le attività a essa correlate sono soggette alle leggi sulla salute e sulla sicurezza. Nell'Ue, la struttura della direttiva salute e sicurezza (89/391/EEC), è stata trasfusa nelle leggi nazionali da gli Stati membri. Le disposizioni della direttiva richiedono persone che eseguano "la gestione del rischio", apportando sicurezza nella pratica lavorativa e fornendo un training appropriato alle persone coinvolte nel lavoro. In conclusione, per minimizzare i rischi associati alla RM, le apparecchiature devono seguire le linee guida MHRA (Agenzia Regolatoria Britannica sui Farmaci e Dispositivi Medici) quale miglior pratica, con l'inclusione dell'uso delle aree controllate, la valutazione del rischio, i ruoli locali e la documentazione di supporto e lo screening verbale e scritto dei pazienti prima che gli stessi abbiano accesso all'ambiente RM. Pertanto l'accesso alle unità RM dovrebbe essere gestito da un esperto della sicurezza nel settore RM, che dovrebbe essere titolato per questa attività. ■

© RIPRODUZIONE RISERVATA

## Effetti biologici dei campi magnetici statici

*Gli effetti biologici diretti dei campi magnetici statici sull'essere umano possono essere:*

- riscaldamento dei tessuti
- effetti su molecole e cellule
- interazioni elettrodinamiche
- interazioni magnetomeccaniche