

PROBLEMATICHE DI PROTEZIONE IN RISONANZA MAGNETICA

LA RISONANZA MAGNETICA PUÒ ESSERE CONSIDERATA, IN LINEA DI MASSIMA, A BASSO RISCHIO PER IL PAZIENTE. TUTTAVIA, I TRE TIPI DI CAMPO MAGNETICO UTILIZZATI NECESSITANO DI PARTICOLARI ATTENZIONI, ANCHE IN BASE A QUANTO DISPOSTO DALLA NORMATIVA E DALLE RACCOMANDAZIONI DEGLI ORGANISMI INTERNAZIONALI.

La risonanza magnetica (Rm) è una tecnica di indagine diagnostica che permette di ottenere specifiche informazioni non ottenibili mediante altre tecniche di *imaging*. La Rm presenta inoltre sicuramente meno rischi per la salute del paziente delle tecniche di *imaging* che impiegano radiazioni ionizzanti, quali per esempio i raggi X utilizzati per la Tac. Tuttavia, gli esami Rm possono presentare alcuni rischi che devono essere compresi e adeguatamente valutati, in particolare quelli associati all'esposizione ai campi magnetici generati dagli apparati Rm che saranno trattati nel seguito. Non vanno tuttavia dimenticati i rischi di altra natura, dall'utilizzo di particolari agenti di contrasto (gadolinio) che possono essere tossici per alcuni pazienti, al rumore spesso intenso associato agli esami Rm, nonché le problematiche di sicurezza connesse all'utilizzo di liquidi per il raffreddamento dei magneti superconduttori (quando presenti), che in alcune situazioni di emergenza (*quenching* del magnete) potrebbero evaporare e fuoriuscire con possibile rischio di asfissia e lesioni da freddo per gli operatori e il paziente.

In Rm sono utilizzati tre tipi di campo magnetico: 1) un campo magnetico statico (non variabile cioè 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 l'idrogeno). Questi diversi tipi di campo magnetico interagiscono con il corpo umano

mediante meccanismi diversi, pertanto i relativi rischi sanitari devono essere descritti separatamente.

Campo magnetico statico

I livelli di campo magnetico statico utilizzati in Rm sono tra i più elevati cui possono essere esposti gli esseri umani. Mentre il campo magnetico terrestre, nel quale si è evoluta la vita, assume valori compresi tra 30 e 70 μT a seconda della posizione geografica, gli apparati Rm utilizzano livelli di campo magnetico dell'ordine del tesla (T): molto diffusi sono gli apparati a 1,5 T e si stanno diffondendo sul territorio nazionale gli apparati a 3 T, mentre alcuni apparati sperimentali arrivano a 7 T e anche più.

I campi magnetici statici possono avere diversi tipi di effetti, potenziali cause di rischio sanitario: effetti più propriamente biologici ed effetti indiretti, questi ultimi dovuti alle forze che si esercitano su vari tipi di oggetti o alle interferenze su dispositivi elettronici impiantati nel corpo del paziente. Tra i possibili effetti biologici dei campi magnetici statici, le evidenze più consistenti sono quelle relative alle sensazioni di nausea e vertigini, e alle sensazioni visive transitorie descritte come lampi di luce (magnetofosfeni), connesse ai movimenti del corpo o di sue parti (testa o occhi) in intensi campi magnetici statici. Tali effetti sono più di disturbo che dei reali rischi per la salute, e vi si può ovviare evitando movimenti troppo veloci nella sala magnete per quanto riguarda gli operatori, o muovendo i pazienti dentro e fuori del magnete lentamente. Possono essere invece causa di reali rischi per la salute gli effetti indiretti, che vanno dallo spostamento di oggetti ferromagnetici all'interno del corpo del paziente (protesi metalliche, graffe per aneurismi cerebrali, schegge metalliche, la cui presenza deve essere verificata prima dell'esame) alle forze

di attrazione su oggetti metallici presenti nella sala Rm da parte del magnete (sono stati segnalati incidenti anche mortali), fino alle interferenze con eventuali dispositivi elettronici impiantati nel corpo del paziente, quali per esempio i *pacemaker* cardiaci o i defibrillatori cardiaci impiantabili.

Campi di gradiente variabili nel tempo

I campi di gradiente oscillano a frequenze che arrivano fino a qualche kilohertz: a queste frequenze i campi magnetici possono indurre stimolazioni dei tessuti nervosi e muscolari elettricamente eccitabili se vengono superate delle soglie che in Rm vengono espresse in termini di dB/dt (la derivata temporale dell'induzione magnetica). Il dB/dt è un parametro connesso alla capacità dei campi di gradiente di indurre correnti elettriche all'interno del corpo del paziente le quali, se sufficientemente elevate, possono, all'aumentare del grado di stimolazione dei tessuti eccitabili, indurre percezione, fastidio o dolore, o, al limite, fibrillazione ventricolare. La normativa nazionale, che impone dei limiti sul dB/dt , risale al 1993, e siamo in attesa del suo aggiornamento alla luce delle raccomandazioni in materia di protezione del paziente sottoposto a indagini Rm espresse nel 2004 dall'Icnirp (Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti).

Campo magnetico a radiofrequenza

Anche i campi magnetici a radiofrequenza inducono correnti elettriche nel corpo, ma tali correnti non sono in grado, alle frequenze radio, di stimolare i tessuti elettricamente eccitabili. Il meccanismo responsabile di diversi effetti fisiologici potenzialmente pericolosi è invece il riscaldamento dei tessuti indotto dalle correnti. La grandezza dosimetrica utilizzata per indicare l'assorbimento di energia

elettromagnetica nei tessuti è il tasso di assorbimento specifico (*Specific Absorption Rate, Sar*), cioè la potenza assorbita nell'unità di massa di tessuto. Se il Sar è calcolato sull'intero corpo, esso dà una misura del 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 nel caso di bambini, donne in gravidanza e persone con difetti del sistema cardiocircolatorio.

L'Icnirp raccomanda che la temperatura del paziente non superi 0,5 °C negli esami di routine. Al fine di mantenere il rialzo di temperatura entro 0,5°C, sono stati definiti dei limiti di esposizione in termini di Sar: anche in questo caso valgono le considerazioni precedenti circa l'auspicabile aggiornamento della normativa nazionale.

Particolare cautela deve essere posta nei confronti di alcune categorie di pazienti, come nel caso delle donne in gravidanza. L'Icnirp (e così la normativa nazionale) raccomanda infatti che le pazienti in gravidanza siano sottoposte agli esami Rm solo dopo una valutazione rischio-beneficio, in particolare durante il primo trimestre.

In conclusione, le procedure diagnostiche a Rm possono essere considerate a basso rischio per il paziente, soprattutto se confrontate con altre tecniche impieganti radiazioni

ionizzanti. I rischi associati alle forze esercitate su oggetti ferromagnetici presenti nel corpo del paziente, e quelli associati alle interferenze su dispositivi medici impiantati, possono essere evitati, per esempio per mezzo della compilazione di appositi questionari. I rischi connessi ai campi variabili nel tempo (campi di gradiente e campi a radiofrequenza) possono essere evitati rispettando i limiti di esposizione raccomandati per il paziente, o comunque possono essere oggetto di appropriate analisi rischio-beneficio da parte del medico quando la condizione clinica del paziente richieda indagini ad alti valori del dB/dt o del Sar.

Alessandro Polichetti

Dipartimento Tecnologie e salute,
Istituto superiore di sanità



FOTO: SAUTER