

L'utilizzo della Risonanza Magnetica in veterinaria: criticità, indicazioni e proposte operative per la gestione della sicurezza

Francesco Campanella (), Nicola Culeddu, (**), Massimo Mattozzi(*)*

*Ar(e)a INISPESL, Dipartimento di Igiene e Assicurazione del Lavoro e Laboratorio di Radiazioni Ionizzanti
Settore per le Verifiche autorizzative ed ispettive nelle Radiazioni Ionizzanti ed in Risonanza Magnetica*

*(**) Istituto di Chimica Biomolecolare - Dipartimento di Progettazione Molecolare
CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche "Li Punti" di Sassari*

Il fenomeno fisico su cui si basa la diagnostica per immagini con tomografia a Risonanza Magnetica (RM) ha avuto negli ultimi 25 anni ampi sviluppi e continue nuove applicazioni, sia in medicina, sia in una molteplicità di altri ambiti scientifici. L'evoluzione delle metodiche e dei relativi prodotti software di gestione, uniti alla possibilità di utilizzare campi magnetici e gradienti ad intensità sempre crescenti, ha consentito, e consente tutt'oggi, di ampliare le frontiere delle possibili applicazioni della tecnica, non più limitandole all'imaging, ma facendole procedere nella direzione delle più moderne e raffinate tecniche di spettroscopia e di diffusione, le quali sempre più vengono applicate in via elettiva ai più svariati campi come lo studio dell'encefalo. L'utilizzo di magneti superconduttori, che consentono di ottenere valori di campo statico molto elevati, comporta però valori di esposizione professionale e implicazioni di sicurezza, correlate anche a fattori di rischio associati a quello sopra identificato, sempre maggiori, ponendo di fatto nuove criticità che vanno superate, al fine di garantire la sicurezza di tutti i soggetti coinvolti nell'utilizzo delle apparecchiature RM, in modo particolare per i lavoratori.

Fermo restando quanto sopra evidenziato, mentre l'utilizzo a scopo medico della Risonanza Magnetica è codificato da un quadro normativo specifico che è in vigore da 25 anni, e la gestione della sicurezza deve conformarsi al rispetto degli "standard" di cui all'art.2 del DPR 542/94, ovvero agli allegati tecnici n.1 e n.4 del D.M. 2/8/1991. Nel caso di applicazioni non mediche, ovvero per "utilizzi alternativi", l'unico riferimento normativo attuale è il D.Lgs. 81/08, nel quale si fa riferimento alla Direttiva Europea 40/2004 in materia di esposizione a campi elettromagnetici, ma la cui entrata in vigore è stata procrastinata al 2012, "congelando", di fatto, i limiti di esposizione in essa definiti. Il decreto 81/08, inoltre, non entra in nessun modo nel merito della gestione dei magneti superconduttori in un luogo di lavoro, ove la presenza di fluidi criogenici comporta un ulteriore livello di rischio, anch'esso direttamente correlato al crescere del campo statico utilizzato.

Una delle applicazioni alternative della Risonanza Magnetica, oggi sempre più largamente diffusa anche in Italia, è rivolta alla **Medicina Veterinaria**.

Le apparecchiature che risultano essere installate, ad oggi, sul territorio nazionale sembrerebbero essere dotate di soli magneti permanenti, con campo magnetico statico mediamente compreso fra 0.2 Tesla e 0,3 Tesla e con conformazione "a sandwich", un'architettura simile a quella tipicamente utilizzata nella diagnostica medica per umana, sebbene realizzate con specificità tecnologiche completamente diverse, quali le dotazioni di bobine "dedicate" per le diverse tipologie di animali esaminati.

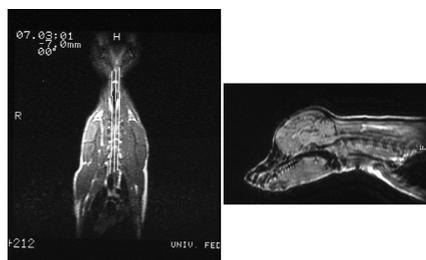
In realtà, per quanto a conoscenza degli autori, sono attualmente in fase di ingresso sul mercato italiano apparecchiature “ad uso veterinario” con magneti superconduttori da 1,5 Tesla, già peraltro largamente diffusi sia in Europa che negli Stati Uniti. Non si può tuttavia escludere che in qualche caso esse siano già installate ed operanti nel nostro Paese, anche in considerazione del fatto, che non essendoci né un apparato normativo di riferimento, né un processo autorizzativo cui ottemperare,. Ad oggi il censimento di questa tipologia di installazione sembrerebbe di non immediato espletamento.

Dalle composite considerazioni sopra esposte è nata la riflessione che ha ispirato la stesura del presente documento, nel quale viene presentata una proposta che possa supportare l’utenza nel tentativo comunque di operare, all’interno di un ambito in continuo e significativo sviluppo, secondo una strategia ed un approccio metodologico improntati a ragionevoli criteri di sicurezza.



LE APPLICAZIONI DELLA RISONANZA MAGNETICA NELLA DIAGNOSTICA MEDICA VETERINARIA

Se storicamente le radiazioni ionizzanti hanno fornito il primo “probe” anche in ambito veterinario nel settore della diagnostica per immagini, negli ultimi anni le apparecchiature a Risonanza Magnetica hanno visto un utilizzo ed una diffusione sempre maggiore. Le loro peculiarità diagnostiche sono particolarmente indicate su molti animali che, per motivi diversi, risultano particolarmente “cari” all’uomo, come per esempio i tipici animali domestici, primi tra tutti **cani** e **gatti**, o anche gli animali utilizzati in competizioni sportive, quali i **cavalli da corsa**.



Ulteriore ambito di utilizzo è quello degli animali da addestramento, tra i quali in particolare i cani specificatamente utilizzati per:

- Operazioni di sicurezza svolte dalle squadre speciali delle forze dell’ordine, come la polizia, in cui i cani cosiddetti “da fiuto”, sono utilizzati per riconoscere la presenza di droghe, esplosivi o altre sostanze in fase di perquisizione
- cani da caccia,
- cani da difesa,
- cani guida per non vedenti o per assistenza a disabili



Ovviamente, vale la pena anche menzionare tutti gli animali addestrati e utilizzati in ambito teatrale e ancor più circense, quelli presenti negli zoo e quelli tenuti all'interno di riserve in regime speciale, con particolare riferimento alle specie protette perché in via di estinzione, e quindi sottoposte costantemente a stretto controllo veterinario. Un'altra categoria di animali che viene tipicamente sottoposta a controlli specifici, tra cui anche la risonanza magnetica, è costituita dagli "animali da laboratorio". Questa categoria è costituita da animali allevati negli stabulari, sui quali viene effettuata la sperimentazione pre-clinica di nuovi farmaci, terapie e cure specifiche. In tale ambito, oltre alla Risonanza Magnetica, va senz'altro citata la microPET che recentemente sta rappresentando la punta di diamante nello studio delle cure legate alle patologie tumorali e agli effetti collaterali dovute all'utilizzo di farmaci chemioterapici.

Quelli citati sono solo una parte degli strumenti diagnostici che vedono come oggetto di studio l'animale e tra questi la Risonanza magnetica sta assumendo sempre più un ruolo di primo piano con un trend che si espande di pari passo con la crescita delle potenzialità tecnologiche delle macchine. Infatti il mondo delle applicazioni veterinarie si estende oggi in modo molto più ampio rispetto al passato, abbracciando una quantità sempre maggiore di potenziali "pazienti".

Il fenomeno è dovuto anche al fatto che un numero sempre maggiore di persone utilizza gli animali per quello che in termini generali potremmo definire "un qualche proprio interesse" e per questo "interesse" esso è disposto ad affrontare anche spese di una certa entità

Nonostante il sistema veterinario non preveda un servizio nazionale di assistenza sanitaria così come per l'uomo, per gli animali che oggi si configurano come nostri "speciali amici" o come essenziali partner professionali per le attività di addestramento a cui sono stati educati, gli ambulatori e le cliniche veterinarie hanno la continua esigenza di organizzare un sistema di diagnosi, terapia e cura sempre più efficiente ed adeguato ai tempi, dotato di mezzi ed apparecchiature che consentano una migliore assistenza del paziente animale.

Proprio in ragione di quei nuovi "interessi" che legano l'uomo all'animale inteso come investimento, o più semplicemente come componente della famiglia, la spesa affrontata per le sue cure è, di fatto, sia un sostegno all'investimento, sia il doveroso sostegno che la nostra coscienza impone per i nostri cari amici animali domestici, oltre alla sempre crescente necessità di salvaguardare il mantenimento di specie in via di estinzione.

È interessante notare come, nonostante per gli animali, il diritto non esiga quegli standard di sicurezze che invece si applica in campo umano, la scienza veterinaria abbia sentito l'esigenza di organizzare un percorso diagnostico di alta qualità e tecnologia che consenta una gestione ad alto livello e in assoluta sicurezza

Ciò è tanto più vero se si considera che l'utilizzo a scopo veterinario della Risonanza Magnetica è in forte crescita: le notevoli applicazioni legate agli esami sull'apparato muscolo-scheletrico, sul tessuto cerebrale e sulle parti molli, nelle quali essa consente la distinzione fra tessuti diversi, difficilmente ottenibile mediante altre metodiche, hanno contribuito alla rapida ed efficace introduzione nel mondo veterinario di piccole apparecchiature a basso campo, tipicamente a forma di sandwich, ove gli animali vengono introdotti sotto anestesia, per tenerli in stato di immobilità durante l'esame che altrimenti verrebbe compromesso da artefatti da movimento.

Gli animali da esaminare possono essere posizionati nella sede di "alloggiamento" completamente, o solo parzialmente, ovvero limitando l'introduzione alla sola parte del corpo da investigare (come gli arti, il busto, la testa), sulla quale va montata la bobina ricevente. L'introduzione di una sola parte del corpo dell'animale è una pratica molto utilizzata soprattutto per gli animali di grossa taglia, ove l'esame interessa nella maggior parte dei casi, gli arti e la testa, come nel caso di patologie negli arti inferiori dei cavalli da corsa o su altri animali di grossa taglia.



Ai fini protezionistici legati all'utilizzo delle metodiche RM in veterinaria, preme evidenziare come il tempo di stazionamento degli addetti all'interno della sala magnete sia notevolmente maggiore rispetto ai tipici tempi impiegati nella diagnostica umana.

Infatti, anche se spesso l'anestesia dell'animale viene effettuata all'esterno della sala magnete, ed esso viene portato in quest'ultima solo in un secondo tempo le procedure di posizionamento e centratura sono di norma molto più lungo e difficoltose che non nell'essere umano. Si pensi a questo proposito alle difficoltà di effettuare piccoli spostamenti su di un cavallo che mediamente pesa dai 500 agli 800 kg. Uno dei metodi per anestetizzare il cavallo è quello sedarlo in un locale adiacente la sala magnete tenendolo addossato ad una parete a forma di L basculante e imbottita. Quando l'animale non è più in grado di reggersi in piedi, le cinghie evitano che impulsi di panico possano creare situazioni di pericolo e la parete imbottita ruota di 90 gradi. In questa situazione tutta la parete funge da lettiga per il trasporto dell'animale in sala magnete

In altri casi, tutte le pareti di questa sala di anestesia sono imbottite e a pavimento è previsto un sistema di sollevamento dell'animale anestetizzato che consenta, da un lato l'imbracatura dello stesso, e il suo posizionamento, attraverso un carroponete, su un'adeguata barella di trasporto, dall'altro le azioni di trasbordo dell'animale sulla barella amagnetica introducibile all'interno della sala magnete.



Generalmente, per ovvi motivi tecnici, come nelle installazioni ad uso umano la sala magnete ad uso veterinario è dotata di gabbia di Faraday, ma in questi casi la porta di accesso non può avere le dimensioni solite delle sale RM ad uso umano. Queste porte devono necessariamente avere un passo di apertura molto più ampio e spesso sono a due ante battenti o a scorrimento, o circolari e le gabbie di Faraday nel caso di magneti a basso campo ($B < 3T$) possono essere del tipo detto "open", cioè costituite da una rete metallica forata che assicura un discreto coefficiente di attenuazione. Nel caso di magneti superconduttori i problemi sono enormemente maggiori.

Il passaggio della barella che trasporta un grande animale non è l'unico problema relativamente alla necessità di garantire ampie dimensioni; a questo si aggiunge infatti la necessità di avere sale di diagnosi sufficientemente grandi, onde consentire con efficacia e praticità sia l'accostamento della barella al lettino dell'apparecchiatura, sia l'introduzione degli arti o della testa nel sandwich del magnete.



Attualmente in Italia non risultano ancora operanti – almeno per quanto a conoscenza di questo Istituto - apparecchiature RM per uso veterinario di tipo superconduttore, ma questo "gap" è destinato a riempirsi nel giro di pochissimo tempo, visto il già avanzato interesse da parte di molte cliniche veterinarie e facoltà universitarie che vedono, come per l'uomo, più ampi orizzonti diagnostici utilizzando macchine ad alto campo.

L'imminente introduzione dei magneti superconduttori in veterinaria anche in Italia impone la necessità di porsi il problema di quali indicazioni operative codificare per una gestione in sicurezza delle apparecchiature.

Per le applicazioni fin qui discusse le macchine installate in Italia non hanno destato fino ad oggi particolare preoccupazione per la sicurezza, sia perché trattasi di apparecchiature a basso campo, sia perché ad oggi non sono state segnalati incidenti rilevanti sul territorio nazionale. Una delle principali implicazioni in merito alla sicurezza dei lavoratori è rappresentata dalla maggiore permanenza all'interno delle zone di rischio del personale addetto al "posizionamento del paziente" e la necessità che tale operazioni, soprattutto per gli animali di media o grassa taglia, devono essere necessariamente svolte da più persone contemporaneamente.



Il posizionamento di un cavallo può addirittura richiedere la collaborazione anche di quattro o più persone contemporaneamente.

Dopo la sedazione, l'animale è trasportato in sala magnete con una barella amagnetica e la parte da esaminare, solitamente l'arto o il capo viene posizionato all'interno del sandwich costituito dalle due espansioni polari del magnete

Successivamente, si effettua la centratura della zona da investigare con spostamenti millimetrici. Tale operazione può richiedere molto tempo (da 20 a 40 minuti), e la collaborazione di più persone. Pertanto l'esposizione prolungata del personale all'interno delle zone ove è presente un potenziale rischio significativo, è un fattore non banale, da tenere in considerazione alla luce del D.Lgs. 81/08, con una doverosa analisi del rischio da campo statico, nonché, quando ciò sarà di fatto obbligatorio, con il rispetto dei limiti di esposizione introdotti dalla Direttiva 40/2004. A tal riguardo, e per giusta completezza di informazione, preme evidenziare che le cliniche veterinarie hanno in genere un carico di lavoro non elevato, condizionato però da procedure di preparazione impegnative connesse, per esempio, alla necessità della sedazione, nonché da tempi di esecuzione anche piuttosto lunghi, dovuti all'esigenza di confrontarsi con conformazioni morfologiche e strutturali completamente diverse tra loro. A ciò è correlata l'esigenza di disporre di dotazioni particolari (soprattutto riguardo alle bobine di ricezione da utilizzare per i diversi distretti corporei specifiche per ogni specie animale), nonché di software che consentano di selezionare le sequenze più appropriate per l'animale in esame. A tal proposito alcune case costruttrici di apparecchiature "a basso campo" hanno già da tempo dedicato le proprie risorse per sviluppare macchine, bobine e software di gestione specifici per le diverse tipologie di animali. E' da aspettarsi comunque che, anche in Italia, le altre case costruttrici che si stanno affacciando solo adesso a questo settore, entreranno con molta probabilità nel mercato in modo preponderante quando il business riguarderà l'utilizzo di magneti superconduttori, settore in cui il background tecnologico è in continua evoluzione e in mano ad un numero più ristretto di case costruttrici.

Il fatto che ad oggi le applicazioni veterinarie della Risonanza Magnetica non siano disciplinate da nessuna legge specifica dello Stato, pur trattandosi delle stesse apparecchiature che in ambito medico sono sottoposte ad un quadro normativo estremamente composito e severo, introduce, nel parere di questo Istituto, la necessità di una regolamentazione, che si renderà ancor più indifferibile nel momento in cui verranno introdotti i magneti superconduttori. Le indicazioni operative contenute nel presente lavoro vanno in questa auspicata direzione, cercando di utilizzare anche nella risonanza magnetica l'approccio molto sapientemente utilizzato nel caso delle radiazioni ionizzanti, non entrando nel merito di una singola applicazione ma disciplinando, , i requisiti di sicurezza e i criteri regolamentatori ad un livello generale prescindendo dalle possibili applicazioni.



Risonanza Magnetica veterinaria e sperimentazione clinica

Lo sviluppo della metodica RM nelle applicazioni sugli animali sta consentendo nuovi metodi di approccio alla sperimentazione clinica su animali da laboratorio: innanzitutto nella neuroscienza, che ha permesso di ridurre notevolmente molti degli esperimenti di vivisezione che normalmente venivano effettuati in passato sui primati, in quanto tale metodica permette di effettuare in modo non invasivo studi sia diagnostici che funzionali direttamente sull'uomo. Inoltre, in molti altri casi, l'utilizzo della diagnostica RM per valutare l'effetto provocato da nuovi farmaci o da patologie all'uopo indotte, sta permettendo una riduzione significativa delle procedure di verifica precedentemente utilizzate, spesso molto invasive, dolorose e/o letali per l'animale.

La sperimentazione clinica con animali di laboratorio vede pertanto davanti a se uno scenario che evolve nella direzione in cui molti studi potranno essere trasferiti direttamente sull'uomo, in quanto la tecnologia consentirà di sostituirsi all'approccio vivisezionistico, comportando non solo il vantaggio di maggiori e più immediati risultati, ma anche la riduzione dei maltrattamenti sugli animali tipicamente utilizzati in laboratorio.

L'unico ostacolo reale per portare ad un rapido compimento tale evoluzione è la lunghezza e complessità degli iter di validazione delle metodologie alternative che si intendono introdurre: molti protocolli di validazione - ad oggi - non possono prescindere dalla sperimentazione sull'animale per confermare l'evidenza scientifica.

Tentare di modificarne l'iter è spesso un processo lungo e molto complesso.

Preme tuttavia evidenziare come la Direttiva Europea 86/609/CEE concernente "... *la protezione degli animali utilizzati a fini sperimentali o ad altri fini scientifici ...*" preveda all'art. 7, comma 2, che si deve evitare "... *di eseguire un esperimento qualora per ottenere il risultato ricercato sia ragionevolmente e praticamente applicabile un altro metodo, scientificamente valido, che non implichi l'impiego di animali...*", mentre al comma 3 dello stesso articolo è data come indicazione che "... *Nello scegliere tra esperimenti diversi, devono essere preferiti quelli che richiedono il minor numero di animali, implicano animali con il più basso sviluppo neurologico, causano meno dolore, sofferenza, angoscia o danni durevoli, e offrono le maggiori probabilità di risultati soddisfacenti ...*".

La Risonanza Magnetica rappresenta in tal senso una risorsa straordinaria per dare effettivo compimento a quanto ispirato dalla Direttiva europea.



Apparecchiature RM per applicazioni su animali da laboratorio: i campi statici di induzione magnetica delle macchine oggi in commercio arrivano fino a 17 Tesla.

Allegato

Indicazioni operative per la proposta di un sistema di gestione della sicurezza che garantisca il rispetto dei requisiti minimi nel caso di apparecchiature RM in ambito veterinario¹

Ferma restando la necessità di rispettare pedissequamente tutti i criteri e i requisiti di cui al D.Lgs. 81/08, ai fini delle problematiche di sicurezza intrinsecamente collegate alle caratteristiche dell'apparecchiatura, e quindi per la minimizzazione del rischio da campo magnetico statico e degli altri rischi eventualmente associati sulla base della tipologia del magnete, si esplicita quanto di seguito evidenziato.

La trattazione è finalizzata a fornire al lettore le principali indicazioni che è opportuno applicare nell'installazione di apparecchiature di Risonanza Magnetica utilizzate per scopi di veterinaria, desumendo le medesime da quelle che sono contenute negli standard di sicurezza vigenti in merito alle apparecchiature di Risonanza Magnetica utilizzate a scopo medico, per una più ampia trattazione delle quali si rimanda alla lettura dell'art.2 del DPR 542/94, degli allegati 1 e 4 del D.M. 2/8/1991, nonché delle Linee Guida ISPESL del 31/05/2004.

Il responsabile dell'Impianto RM e della sua Procedura di Utilizzo

Il medico veterinario è responsabile dell'uso dell'apparecchiatura, anche in riferimento al rispetto del regolamento di sicurezza ad essa riferito, e si identifica quindi quale "Responsabile di Impianto e della Procedura di Utilizzo" (RIPU). Il RIPU deve avere competenze ed esperienze professionali di diagnostica per immagini relativamente al proprio campo di operatività professionale. In caso di presenza di più medici veterinari, può essere adottabile il criterio della presenza rilevante e/o grado di responsabilità interna, al fine di scegliere chi debba ricoprire l'incarico, che formalmente gli deve essere affidato dal datore di lavoro.

Per gli studi di sperimentazione clinica sugli animali, le professionalità sono individuate nell'ambito degli apparati normativi dedicati a tali ambiti.

L'Esperto per la Gestione degli Aspetti di Sicurezza

Per ogni installazione è opportuna la nomina, da parte del datore di lavoro, di un "esperto per la gestione degli aspetti di sicurezza" (EGAS) correlati all'utilizzo dell'apparecchiatura RM, il quale, sentito il RIPU, sia responsabile dell'elaborazione di un regolamento di sicurezza in cui riportare i protocolli comportamentali, di sicurezza, nonché le procedure operative che devono essere rispettate, e fatte rispettare, da tutti i soggetti coinvolti, a vario titolo, nell'utilizzo dell'apparecchiatura.

¹ Quanto di seguito evidenziato vuole rappresentare la schematica proposta per l'adozione di un criterio operativo che, in attesa di specifica legiferazione in materia, possa riempire la lacuna normativa già in precedenza rappresentata.

Tale “esperto” è chiamato a garantire, ove ciò sia pertinente, e limitatamente ai criteri che non coinvolgono la protezione del paziente ma di tutti gli altri soggetti lì citati, i requisiti di sicurezza previsti per l'utilizzo di apparecchiature RM a scopo medico dagli allegati 1 e 4 del D.M. 2/8/1991, comprensivi degli aspetti inerenti il regolamento sopra citato, ciò anche in considerazione del fatto che tale modello di riferimento è per molti aspetti immediatamente e a giusto titolo esportabile.

Sarebbe doveroso e opportuno, nonché omogeneo all'impostazione sopra introdotta, che l'incarico venisse affidato a soggetti che, in virtù delle loro caratteristiche curriculari, avessero una pregressa esperienza in qualità di esperti responsabili per la sicurezza nell'ambito della RM utilizzata a scopo medico, o che testimoniassero comprovata competenza specifica relativamente alle problematiche connesse con la valutazione dell'esposizione ai rischi di pertinenza, eventualmente acquisita attraverso la partecipazione a corsi di formazione organizzati da associazioni scientifiche di settore o da Istituzioni pubbliche di rilievo, con particolare riferimento all'ISPESL ed all'INAIL.

Al fine di identificare criteri in relazione ai titoli di preferenza per l'acquisizione di incarico, sarebbe inoltre auspicabile, per analogia, utilizzare quelli – tutt'ora vigenti per l'ambito medico - di cui all'art. 2 del D.M. 29/11/85 e agli allegati 2 e 6 del D.M. 2/8/1991.

Il personale operante all'interno del sito RM

Tutto il personale autorizzato ad accedere alla sala RM dovrà essere indicato in un apposito elenco sottoscritto ufficialmente dal Datore di Lavoro e messo agli atti. Detto personale dovrà essere dotato di idoneità specifica alla mansione di cui trattasi, rilasciata ad opera del medico competente, come peraltro in linea generale disposto ai sensi del D. Lgs. 81/08.

Solo il personale autorizzato può, infatti, accedere all'interno del sito RM e svolgere le operazioni in esso necessarie.

Ad esclusione della sperimentazione clinica, che consta di un inquadramento a sé stante per le motivazioni sopra riportate, nel caso di prestazioni in ambito veterinario è necessario garantire un'appropriata e corretta applicazione dei protocolli operativi per le diverse tipologie di animali trattati, con particolare riferimento a:

- necessaria verifica anamnestica dell'animale prima dell'accesso alla sala magnetica per l'accertamento della non sussistenza di eventuali controindicazioni all'esame (presenza di collari, guinzagli, ferri di cavallo, stato di gravidanza etc.). Tra le controindicazioni occorre tener conto anche del fatto che sui cani domestici oggi viene applicato in modo sottocutaneo, ai sensi di legge, un microchip di identificazione. In tal caso, occorre valutare la compatibilità del microchip con i campi magnetici statici ed i campi elettromagnetici tipici dell'apparecchiatura RM. E' buona prassi prevedere una tracciabilità delle verifiche anamnestiche che prevedano la firma del medico veterinario responsabile dell'esecuzione dell'esame e quella del padrone e/o accompagnatore dello stesso, a titolo legale di consenso all'esecuzione dell'indagine essendo stato messo a conoscenza dei rischi associati all'esecuzione della metodica.

- necessaria sussistenza della dotazione dei farmaci e delle attrezzature destinante alla preparazione all'esame dell'animale (per l'eventuale anestesia, mezzo di contrasto, etc.)
- eventuale sussistenza della dotazione dei farmaci e delle attrezzature di supporto per soccorrere l'animale in caso necessiti di cure di emergenza durante l'esecuzione dell'esame stesso.

L'animale non deve essere mai lasciato libero di muoversi da solo all'interno del sito RM.

E' ovvio che, durante l'esame RM, quando l'animale è sedato, la presenza del proprietario sia inutile e possa essere di intralcio all'attività, tanto più che egli non può partecipare alle operazioni di posizionamento dell'animale

Classificazione delle zone di rischio

Zona ad accesso controllato

Si definisce Zona ad Accesso Controllato (ZAC) il locale o i locali che contengono la linea di campo disperso di induzione magnetica pari ad almeno 0,5 mT (5 G). Nella ZAC non deve essere possibile accedere liberamente, ma solo tramite un opportuno filtro degli accessi da realizzare con barriere fisse normalmente chiuse (ad esempio porta con apertura previo consenso, con dispositivo a banda magnetica, con combinatore numerico, etc.). Generalmente, ma non necessariamente, essa è contenuta all'interno della sala magnete, ma in realtà può estendersi anche al di fuori della medesima, invadendo i locali limitrofi che, in questo caso, vanno comunque strettamente dedicati alla gestione in sicurezza delle attività con risonanza magnetica. Nel caso in cui la ZAC si identifichi esclusivamente con la sala magnete, l'accesso può essere filtrato dal personale autorizzato, fermo restando la corretta chiusura della porta della sala magnete per la quale non è obbligatorio prevedere sistemi di apertura a consenso.

Il Presidio veterinario dovrà adottare un progetto di installazione che consenta di contenere le linee isomagnetiche da 0,5 mT all'interno del sito RM. Qualora linee isomagnetiche di valori pari o superiore a 0,5 mT dovessero emergere in aree o locali esterni al sito RM, il Presidio dovrà realizzare, prima dell'energizzazione del magnete, barriere fisiche fisse atte ad impedire l'accesso in tali zone di persone non autorizzate.

Il sito RM deve necessariamente prevedere un unico accesso rigidamente regolamentato e dotato di barriera fisica fissa, ovvero di porta di accesso normalmente chiusa, apribile solo dall'interno mediante apposito dispositivo di consenso (es. citofono, pulsantiera a combinazione numerica dedicata in via esclusiva al personale autorizzato, ecc....).

Gli estintori posti all'interno del sito devono essere in materiale amagnetico, ed il loro numero e grandezza dimensionati per l'area e la tipologia di impiantistica presente. È opportuno che dopo ogni revisione periodica, o caricamento, sia verificata la loro amagneticità e non siano stati sostituiti erroneamente con altri non amagnetici. Tale operazione può essere svolta semplicemente con una calamita che se attratta dall'estintore denoterebbe una sua erronea sostituzione.

E' buona norma disporre di un metal detector portatile, al fine di identificare oggetti metallici che in un secondo luogo dovranno essere verificati come amagnetici.

Misure di sicurezza specifiche di carattere procedurale devono prevenire l'accesso, anche accidentale, di persone non autorizzate.

Zona di rispetto

Si definisce Zona di Rispetto l'area interessata da valori di campo disperso di induzione magnetica compresi tra 0,1 mT (1 G) e 0,5 mT (5 G). Essa non necessariamente è tutta contenuta all'interno della sala magnete, ma comunque deve essere necessariamente contenuta nella proprietà dello Studio veterinario.

Inoltre, per motivi di cautela, l'utilizzo della Zona di Rispetto deve essere regolamentato sulla base di prescrizioni che tengano conto delle problematiche connesse alla compatibilità elettromagnetica relativa alle apparecchiature presenti

Nella sala magnete deve essere prevista l'indicazione a terra della linea dei 200 mT quale esplicita indicazione di zona a potenziale rischio per lo stazionamento indebito dei lavoratori addetti. Motivi di sicurezza e di opportunità gestionale dovrebbero spingere a posizionare l'apparecchiatura RM in modo da consentire il camminamento lungo almeno due lati della stanza.

Segnaletica

All'ingresso della Zona ad Accesso Controllato deve essere esposta idonea segnaletica che individui l'accesso al sito RM e segnali ai soggetti a rischio la presenza di campi elettromagnetici.

In corrispondenza della zona di rischio, deve invece essere necessariamente apposta idonea cartellonistica atta a segnalare con chiarezza la presenza del campo magnetico e il divieto di ingresso a portatori di pace-maker o altre protesi a carattere ferromagnetico o a contenuto elettronico, nonché alle altre categorie di persone per le quali esista controindicazione all'esposizione al campo magnetico: se del caso essa potrà essere integrata con quanto attiene i protocolli di sicurezza adottati dal presidio per impedire l'introduzione anche accidentale di oggetti ferromagnetici mobili. E' buona prassi indicare all'esterno del sito RM i nomi dei Responsabili per la Sicurezza incaricati, nonché identificare – mediante apposita cartellonistica - tutti/e i/le locali/aree all'interno del sito RM, al fine di ufficializzarne in modo univoco la loro destinazione d'uso, oppure indicare le destinazioni d'uso su una piantina ben visibile all'interno del sito in prossimità del regolamento di sicurezza..

Dispositivistica di sicurezza

Si rimanda a quanto integralmente contenuto negli allegati 1 e 4 del DM 2.8.91 dedicato agli utilizzi medici della Risonanza Magnetica, i quali, in particolare per le apparecchiature dotate di magneti superconduttori, stabiliscono la necessità di avere in sala magnete:

- un sistema di ventilazione normale (6-8 ric/h);
- un sistema di ventilazione di emergenza (18-22);

- un sensore ossigeno per la rilevazione dell'Elio gassoso che dovesse fuoriuscire dalle tubazioni accoppiate al magnete,;
- una centralina di monitoraggio del tenore di ossigeno in sala, collegato al sensore sopra definito, e caratterizzato da una soglia di preallarme e di una soglia di allarme (rispettivamente, 19% e 18% di ossigeno), ovviamente capace di attivare, se del caso, e in automatico, la ventilazione di emergenza;
- una canalizzazione (tubo di quench) per l'evacuazione all'esterno dell'edificio, e in zona sicura. Il terminale del tubo all'esterno deve essere predisposto in modo da non consentire l'entrata dell'acqua piovana al suo interno e deve essere dotato di retina antintrusione per gli insetti;
- un termoigrometro per la valutazione delle condizioni microclimatiche

Tutti i dispositivi di sicurezza citati dovranno essere installati alla regola d'arte, e verificati periodicamente in relazione alle loro modalità di funzionamento: l'indicazione è quella di effettuare controlli di mantenimento della corretta funzionalità almeno ogni 6 mesi.

Con la medesima periodicità vanno effettuati – da parte dell' "esperto" - i controlli di qualità per garantire l'ottimale funzionamento del tomografo, mentre ogni due anni il medesimo deve verificare la tenuta della gabbia di Faraday.

Nella zona di comando è necessario prevedere la presenza dei pulsanti di sicurezza per l'attivazione manuale della ventilazione di emergenza e per lo sgancio elettrico. Nella sala RM, e, ove ciò sia tecnicamente consentito e previsto dall'"esperto", anche in zona comandi, va realizzato il pulsante che consente il quench pilotato dell'apparecchiatura. Ogni pulsante, interruttore, comando in genere deve essere chiaramente contraddistinto con una scritta esplicativa della sua funzione

Nel caso di magneti permanenti o resistivi è necessaria soltanto la ventilazione normale in sala magnete finalizzata a garantire condizioni microclimatiche appropriate per la salubrità dell'ambiente, e quindi una temperatura pari a 22 +/- 2°C ed un'umidità relativa inferiore al 60%.

Per tutti gli aspetti non riconducibili ai contenuti del decreto ministeriale sopra citato, deve comunque valere l'applicazione del principio generale di cautela, fatto ovviamente salvo il rapporto costo/beneficio.

Precisazioni

Le immagini riportate nel presente lavoro perseguono il solo scopo di esplicitare con la massima chiarezza - anche visiva - il fine scientifico e divulgativo dei concetti espressi nel testo, perseguendo il solo obiettivo di trasmettere aspetti tecnici, procedure operative e finalità che possano meglio infondere conoscenza scientifica e cultura della sicurezza nei settori trattati. Non sono perseguiti fini pubblicitari, né diffamatori, né commerciali di alcuna forma e genere.

Ringraziamenti

La stesura di questo lavoro ha visto la collaborazione di diverse strutture Universitarie che hanno consentito l'accesso al loro interno mettendosi a disposizione per la raccolta d'informazioni relative agli aspetti di sicurezza di installazione e gestione delle apparecchiature RM nei vari settori.

In particolare preme ringraziare la facoltà di *Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Sassari* per l'attenzione ed il tempo dedicato ai sopralluoghi esplorativi effettuati dagli autori.

Parimenti si ringrazia il caro amico e prezioso collega Dott. Rolando Milani per la preziosa e competente collaborazione.

A tutti coloro che hanno contribuito con la propria disponibilità a poter raccogliere informazioni ed immagini per l'elaborazione della presente trattazione va un grazie sentito da parte degli autori.