



Protocollo per i controlli di qualità e sicurezza in Risonanza Magnetica da 1,5 T

P. O. "Giovanni Paolo II" - Ragusa

A.S.P. DI Ragusa

Dott.ssa Anna Rabito

Esperto Responsabile della Sicurezza in RM

Dott. Francesco Floridia

*Medico Radiologo Responsabile della Sicurezza Clinica
e dell'efficacia diagnostica dell'apparecchiatura RM*

INTRODUZIONE

Il programma di assicurazione di qualità in tomografia a Risonanza Magnetica deve comprendere tutti i controlli, connessi all'utilizzo dell'apparecchiatura, tali da fornire un sufficiente grado di qualità nello svolgimento di un esame RM.

I controlli di qualità sull'immagine sono articolati in tre diverse fasi di valutazione:

Prove di accettazione e collaudo: servono a "...controllare la corrispondenza dell'apparecchiatura a caratteristiche prefissate all'atto della installazione, dopo sostituzioni di parti o dopo l'apporto di importanti modifiche". Le prove di accettazione, dovendo convalidare la corrispondenza del sistema alle specifiche dichiarate dalla casa costruttrice, vengono con essa concordate ed in genere prevedono prove definite dal costruttore.

Prove di verifica o di stato: servono a "...verificare il livello di funzionamento dell'apparecchiatura in rapporto alla funzione che deve svolgere". In sostanza servono da riferimento per confrontare le performances delle apparecchiature rispetto a parametri di qualità indicati da organismi nazionali ed internazionali nonché a definire i riferimenti per le prove di mantenimento o di costanza.

Prove di mantenimento o di costanza: servono a "...verificare periodicamente il corretto funzionamento dell'apparecchiatura, attraverso prove rappresentative". Hanno quindi la funzione di confermare il rispetto degli standard di qualità nel tempo, a segnalare ed eventualmente correggere mediante opportuni interventi quei parametri che risultassero al di fuori dei limiti di tolleranza.

I controlli tecnici sull'ambiente comprendono:

Controlli di esistenza/funzionalità di tutti i dispositivi di sicurezza (rivelatore di ossigeno, sistema di aspirazione di emergenza, rivelatore di metalli, ecc.)

Verifica delle curve isomagnetiche

Verifica di efficienza della schermatura RF (gabbia di Faraday)

Parametri posti a controllo, valori di riferimento, tolleranze e periodicità

	<i>Parametri</i>	<i>Tolleranza</i>	<i>Periodicità</i>
1	Uniformità dell'immagine	>80%	Semestrale
2	SNR - Rapporto segnale/rumore	≥90% rif.	Semestrale
3	SNR – uniformità del SNR	Non prevista	Semestrale
4	Ghost (Artefatti)	$E \leq 2\%$	Semestrale
5	Distorsione geometrica dell'immagine	±5%	Semestrale
6	Spessore dello strato (SS)	±10%	Semestrale
7	Slice warp	±1mm	Semestrale
8	Separazione degli stati	±1mm	Semestrale
9	Risoluzione spaziale	≥ rif.	Semestrale
10	Contrasto T1 e T2	≤2% rif.	Semestrale

Strumentazione utilizzata

Per determinare i parametri strumentali di valutazione della qualità d'immagine si utilizzano speciali fantocci progettati per risonanza.

I fantocci hanno sezioni diverse, che consentono la misura dei parametri significativi della qualità d'immagine sopra riportati. I fantocci utilizzati per le misure sono i fantocci della serie Eurospin

Norme di riferimento

- D.M. 10/08/2018 "Determinazione degli standard di sicurezza e impiego per le apparecchiature a risonanza magnetica"
- Circolare del Ministero della Sanità prot.900.2/4.1. AG/581 del 28/4/92
- Protocollo EUROSPIN
- Protocollo NEMA (National Electrical Manufacturers Association)
- Protocollo AAPM (American Association of Medical Physicist)
- Report AIFM n°2 2004

DESCRIZIONE CONTROLLI

1. UNIFORMITÀ DELL'IMMAGINE

Caratterizza la capacità del sistema di imaging a produrre un segnale di intensità costante a seguito della scansione di un oggetto omogeneo. All'interno della regione di interesse (MROI) viene misurata l'uniformità integrale, cioè la deviazione massima dell'intensità di segnale nell'immagine, rispetto al valore medio di pixel.

Procedura:

Le misure vengono effettuate secondo le prescrizioni dettate dal protocollo NEMA.

- Porre il fantoccio T01 sul lettino centrato all'interno della bobina RF.
- Utilizzare uno spessore dello strato $S=5$ mm, con una risoluzione di 128.
- Effettuare una scansione su singolo strato in ciascuno dei tre piani ortogonali passanti per l'isocentro, utilizzando le sequenze di impulso e i procedimenti di ricostruzione tipicamente usati nelle analisi cliniche.
- Utilizzare una sequenza spin-eco con tempo di ripetizione $TR \leq 5T_1$ ed in particolare impostare: $TE=20$ ms e $TR=500$ ms

Indicando con S_{MAX} ed S_{min} il valore massimo e il valore minimo dei segnali ottenuti, l'uniformità integrale nella MROI (75% dell'area dell'immagine che produce segnale) viene calcolata secondo la relazione:

$$U\% = 100 \left(1 - \frac{S_{MAX} - S_{min}}{S_{MAX} + S_{min}} \right)$$

L'uniformità deve essere $>80\%$.

2. RAPPORTO SEGNALE RUMORE (SNR: signal to noise ratio)

Rappresenta il rapporto tra la media dei valori di pixel nella regione di interesse e la loro deviazione standard.

Procedura:

Le misure vengono effettuate secondo le prescrizioni dettate dal protocollo Eurospin.

- Porre il fantoccio T01 sul lettino centrato all'interno della bobina RF.
- Utilizzare uno spessore dello strato $S=5$ mm, con una risoluzione di 128.
- Effettuare una scansione su singolo strato in ciascuno dei tre piani ortogonali passanti per l'isocentro, utilizzando le sequenze di impulso e i procedimenti di ricostruzione tipicamente usati nelle analisi cliniche.
- Utilizzare una sequenza spin-eco con tempo di ripetizione $TR \leq 5T_1$ ed in particolare impostare: $TE=20$ ms e $TR=500$ ms

Posizionare una ROI al centro dell'immagine pari a 100 pixel dell'area dell'immagine stessa e determinare il valore medio di pixel e la deviazione standard (SD).

Il rapporto segnale-rumore viene determinato dalla relazione

$$SNR = \frac{S}{SD}$$

Tolleranza: non inferiore al 10% rispetto a quello di riferimento

3. UNIFORMITÀ RAPPORTO SEGNALE RUMORE (SNR: signal to noise ratio)

Rappresenta la distribuzione del SNR all'interno dell'immagine

Procedura:

Le misure vengono effettuate secondo le prescrizioni dettate dal protocollo Eurospin.

- Porre il fantoccio TO1 sul lettino centrato all'interno della bobina RF.
- Effettuare una scansione su singolo strato impostando uno spessore dello strato S=5 mm.
- Utilizzare una sequenza spin-eco con i seguenti parametri: TE=20 ms e TR=500 ms

Posizionare 5 ROI quadrate di circa 100 px al centro dell'immagine e nelle posizioni periferiche e misurare i rispettivi valori medi del segnale S e le deviazioni standard SD. Calcolare i valori di SNR di ogni ROI e valutare lo scarto percentuale di ognuno di essi rispetto alla ROI centrale.

L'uniformità del rapporto segnale-rumore viene ottenuta dal valore massimo degli scarti percentuali.

Tolleranza: non è previsto un valore limite, ma si deve monitorare la variazione di tale parametro nel tempo

4. GHOST

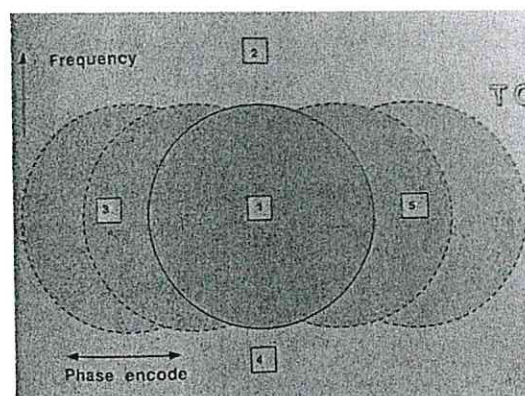
Gli artefatti (ghost) sono rappresentazioni indesiderate dell'oggetto in studio e possono riflettere l'oggetto completamente o parzialmente.

Il livello di ghost è definito come la massima intensità di un artefatto nell'immagine rispetto alla intensità dell'immagine originale ed è classificato in base alla sua causa.

Procedura: le misure vengono effettuate secondo le prescrizioni dettate dal protocollo EUROSPIN.

- Orientare il fantoccio T01 nel piano di scansione desiderato (trasversale, sagittale, coronale o obliquo)
- Usare una sequenza spin-eco con TE=20ms e TR=500ms
- Usare spessori di fetta pari a 5 mm assicurandosi che la fetta sia al centro del fantoccio
- Usare una risoluzione dello scanner pari a 256 pixel

Sull'immagine del fantoccio considerare il segnale medio di 5 ROI della dimensione 10x10 pixel posizionate al centro dell'immagine (posizione 1) e in periferia (posizione 2,3,4,5) come nella figura sottostante.



Il Ghost è calcolato attraverso la seguente formula:

$$\text{Ghost} = 100 \frac{\text{media } ROI_{2,3,4,5}}{\text{media } ROI_1}$$

Il valore del GHOST deve essere < 2%.

5. DISTORSIONE GEOMETRICA DELL'IMMAGINE

Caratterizza l'accuratezza del sistema nel rappresentare le dimensioni geometriche di un oggetto rispetto a quelle reali

Procedura:

- Utilizzare il fantoccio T02
- Effettuare le misure con una sequenza spin-eco con valori di TE=20 e TR=500
- Utilizzare uno spessore dello strato pari a 5mm
- Risoluzione 256.

Verificare che lunghezze dei lati del quadrato che contiene le rampe siano pari a 120mm a meno di 2%

6. SPESSORE DELLO STRATO

Lo spessore dello strato indica quanto accurato sia il valore dello spessore del taglio effettuato rispetto a quello selezionato nel protocollo di scansione.

Procedura:

- Utilizzare il fantoccio T02
- Effettuare le misure con una sequenza spin-eco con valori di TE=20 e TR=500
- Utilizzare uno spessore dello strato pari a 5mm
- Risoluzione 256.

Verificare HWFM del profilo delle rampe presenti nel fantoccio lo spessore di strato è dato da:

$$SS = FHWM/5$$

Tolleranza: 10% del valore impostato

7. RISOLUZIONE SPAZIALE

Questo controllo permetta di valutare la capacità risolutiva del sistema

Procedura:

- Utilizzare il fantoccio T04
- Effettuare le misure con una sequenza spin-eco con valori di TE=20 e TR=500
- Utilizzare uno spessore dello strato pari a 5mm
- Risoluzione 256.

Il fantoccio presente una serie di linee a separazione diversa valutare visivamente il più piccolo gruppo di linee visibile.

Tolleranza valutare che la risoluzione resti invariata nel tempo

8. SLICE WARP

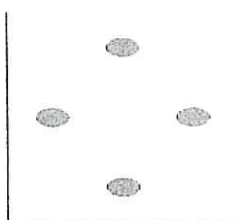
E' un test che serve per valutare la presenza di eventuali deformazioni della fetta. Viene usato il fantoccio TO3.

Procedura:

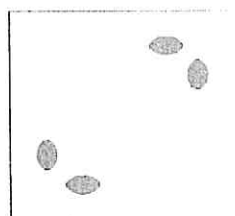
Le misure vengono effettuate secondo le prescrizioni dettate dal protocollo EUROSPIN.

- Orientare il fantoccio TO3 su un piano di scansione (trasversale, sagittale, coronale o obliquo)
- Utilizzare una sequenza spin-eco con tempo di ripetizione $TR \leq 5T1$ ed in particolare impostare: $TE=20$ ms e $TR=500$ ms
- Usare uno spessore della fetta di 5 mm, assicurandosi che la fetta sia al centro del fantoccio attraverso la visualizzazione dello scout
- Usare una risoluzione dello scanner pari a 256 pixel

Il fantoccio ha al centro un riquadro che serve per valutare l'allineamento dello stesso: un perfetto allineamento del centro produce una immagine a croce dei punti di riferimento posti al centro del fantoccio

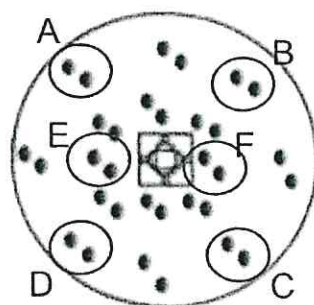


se vi è un disallineamento si ha un'immagine della croce sfalsata.



La distorsione dovrebbe essere rilevata da una variazione della spaziatura tra le immagini delle bacchette di plexiglass nel fantoccio TO3. Una fetta senza distorsione presenta una spaziatura uniforme tra le immagini delle bacchette in tutto il piano dell'immagine.

Prendendo come riferimento le coppie di bacchette A, B, C, D, E, F, misurare la distanza tra i centri delle immagini delle bacchette in ogni coppia e verificare che sia la stessa entro i limiti di riferimento, per ciascuna coppia: si calcola lo scarto S tra la massima (D_{max}) e la minima (D_{min}) distanza misurate e si impone che sia $S = D_{max} - D_{min} \leq 1$ mm.



9. SEPARAZIONE DEGLI STRATI

la separazione degli strati rappresenta la capacità del sistema di misurare correttamente la distanza fra due

strati adiacenti.

Procedura:

Utilizzare la stessa immagine del controllo precedente più un'altra spostata di 8 mm

individuare la posizione nel quadrato interno, fare un plot del profilo della rampa in esso contenuto e misurare il massimo, poi effettuare la stessa misura dell'immagine spostata di 8 mm, prendere le posizioni relative dei due massimi la loro differenza restituisce il valore dello spostamento.

Tolleranza: 1mm

10. CONTRASTO T1 E T2

Procedura:

- Orientare il fantoccio TO5 lungo il piano di scansione trasversale
- Allineare il centro del fantoccio (linea rossa) con il fascio di luce, o laser, o col punto zero della scala del lettino
- Usare una sequenza spin eco con tempi TR = 500 ms e TE = 2 ms
- Usare uno spessore di fetta pari a 5 mm e assicurarsi che la fetta si trovi al centro del fantoccio, attraverso la visualizzazione dello scout
- Usare una risoluzione dello scanner pari a 128

Il contrasto che appare sulle immagini può essere valutato misurando i segnali dell'immagine in corrispondenza di un paio di inserti nel fantoccio TO5 (al massimo 12 su 18).

Il Rapporto Contrasto Rumore (CNR) si calcola mediante la formula:

$$CNR = \frac{S_1 - S_2}{D_1^2 + D_2^2}$$

dove S ed D rappresentano rispettivamente il valore medio e deviazione standard delle ROI tra i due inserti confrontati.

Il valore di CNR deve rimanere costante entro il 2% rispetto al valore di riferimento

DEFINIZIONI

Volume specifico: volume dell'immagine all'interno del quale il costruttore garantisce le specifiche di prestazione dell'immagine, utili per gli scopi diagnostici o di imaging. Per scansioni della testa, tale volume include una sfera di raggio 10cm centrato nella bobina testa ricevente, per scansioni body tale volume include una sfera di raggio 20cm centrato nella bobina body ricevente.

Area specifica: è l'intersezione tra il piano dell'immagine e il volume di caratterizzazione e dovrebbe includere il reference point

Distorsione dell'immagine: è una deviazione spaziale di un punto arbitrario dell'immagine dalla posizione reale attesa.; può essere specifica o assoluta.

MROI: è una regione geometrica regolare che include il 75% del volume dell'immagine che produce segnale.

FOV: campo di vista

Immagine segnale: è il valore medio dei pixel all'interno della MROI nell'immagine originale.

Immagine rumore: è una variazione random dell'intensità nei pixel nella MROI.

Immagine degli artefatti: è un'immagine anomala che non è rappresentativa della struttura e della chimica dell'oggetto in esame, ma che appare nell'immagine in una posizione inattesa.

Non uniformità dell'immagine: è una variazione di intensità di pixel all'interno dell'immagine ripetibile da scansione a scansione; si indica con N e in assenza vale 0% , quindi si ha una uniformità del 100% ($U=1-N$).

Parametri di acquisizione: sono parametri da utilizzare per ripetere le misure

Reference point: punto ben definito sul fantoccio vicino all'isocentro del magnete

Volume di caratterizzazione: è l'intersezione del volume dell'immagine e il volume specifico e dovrebbe includere il reference point

Volume massimo selezionabile: è il volume incluso tra i massimi FOV e i piani delle slice selezionabili lontane dall'isocentro

Controlli tecnici sull'ambiente

Sistema di ventilazione e di climatizzazione (semestrale)

Si verifica il corretto funzionamento di ventilazione e di climatizzazione in condizione normale (leggera sovrappressione) e di emergenza (leggera depressione).

Si verifica l'effettiva attivazione dell'aspirazione di emergenza quando si innesca il sistema di allarme, sia mediante il pulsante a fungo sia mediante l'attivazione del sensore ossigeno.

Per mezzo dell'intervento di una ditta specializzata si misurano inoltre le portate d'aria delle bocchette di mandata e ripresa della sala RM, per poter calcolare la portata d'aria globale e quindi il numero di ricambi d'aria/ora sia in condizioni normali che di emergenza, calcolata con il minimo valore fra quelli misurati di mandata totale e di ripresa totale.

Rivelatore di ossigeno (semestrale)

Per mezzo dell'intervento di una ditta specializzata si tara periodicamente il sensore ossigeno in modo tale da avere un Preallarme a 19%, un Allarme a 18% ed una lettura ad aria libera di circa 20,9%.

Sistema di disattivazione del magnete (giornalmente)

Si verifica che i pulsanti siano liberi ed accessibili, e che sono presenti e ben visibili le relative etichette.

Rivelatore di metalli (semestrale)

Si verifica la funzionalità del sistema di metal detector a portale avvicinando un oggetto ferromagnetico e verificando che siano funzionanti gli allarmi acustici e visivi

Sistemi di prevenzione incendio (semestrale)

Si verifica la presenza di estintori amagnetici per la sala esami ed il locale tecnico.

Segnaletica di Sicurezza (semestrale)

Si verifica la presenza della segnaletica di sicurezza.

Controlli di accesso al sito ed alla sala RM (giornalmente)

Si verifica la presenza dei moduli anamnestic per pazienti e visitatori che devono accedere alla Zona Accesso Controllato.

Distribuzione delle curve isomagnetiche (semestrale)

Si verificano i dati di collaudo.

Tenuta della gabbia di Faraday (annuale)

Per mezzo dell'intervento di una ditta specializzata si verifica annualmente l'efficienza di schermatura della gabbia di Faraday.

