

## **ALLEGATO 3 C**

### **PROTOCOLLO PER L'ESECUZIONE DI PROVE FUNZIONALI RELATIVE A:**

- **Lotto 4: Tomografi a risonanza magnetica (RM) medio campo “total body”**



## 1. Oggetto e scopo

Il presente documento descrive le procedure di acquisizione delle immagini, le procedure di elaborazione delle immagini e le modalità di presentazione dei parametri dei Tomografi a risonanza magnetica a basso campo ( $\leq 0,5T$ ).

## 2. Oggetti test

Per l'esecuzione di tutte le misure descritte nel presente protocollo si farà uso dei seguenti oggetti test:

- *Fantoccio cilindrico* FC16  $\varnothing$  16 cm - altezza: 30 cm



- *Fantoccio 3DRAS* (Nuclear Associates, MODEL 76-908)



- *Fantoccio UAL* (Nuclear Associates, MODEL 76-907)



### 2.1 Soluzioni di riempimento

Il materiale utilizzato per il riempimento dei fantocci è una soluzione acquosa di un sale paramagnetico avente caratteristiche simili (densità degli spin  $\rho$ ,  $T_1$  e  $T_2$ ) a quella del corpo umano ( $\rho = \rho_{H_2O} \pm 20\%$ ,  $100ms < T_1 < 1200ms$  e  $50ms < T_2 < 400ms$ ).

La soluzione con la quale saranno riempiti gli oggetti test è una soluzione acquosa 8mM di solfato di rame ( $CuSO_4$ ) con l'aggiunta di 4 g/l di NaCl.

Tempo di rilassamenti longitudinale

$T_1 \sim 128$  ms (con un  $B_0=0,5T$  e  $T= 22^\circ C \pm 3^\circ C$ )

Classificazione del documento: Consip Public

Gara a procedura aperta ai sensi del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., per la fornitura di tomografi a risonanza magnetica (RM), dispositivi accessori e dei servizi connessi e opzionali per le Pubbliche Amministrazioni  
Allegato 3 C - Protocollo per l'esecuzione di prove funzionali - lotto 4



Tempo di rilassamenti trasversale

$T_2 \sim 106 \text{ ms}$  (con un  $B_0=0,5T$  e  $T= 22^\circ C \pm 3^\circ C$ )

Conducibilità

$\sigma \sim 0,8 \text{ S/m}$

La soluzione dovrà essere preparata nei sei mesi precedenti il suo utilizzo nella prova.

### 3. Indicazioni preliminari all'esecuzione delle prove funzionali

- L'apparecchiatura dovrà essere disponibile per una intera giornata e per un tempo non inferiore a sei ore.
- La temperatura e l'umidità relativa della sala magnete dovranno essere controllate ( $T= 22^\circ C \pm 3^\circ C$ ;  $UR=40\%-60\%$ ).
- Gli oggetti test dovranno essere in equilibrio termico con l'ambiente della sala magnete (per garantire le condizioni di equilibrio termico dovranno essere allocati all'interno della sala magnete almeno un'ora prima dell'esecuzione delle prove).
- Sarà cura del tecnico fornitore verificare l'eventuale presenza e dislocazione di micro bolle all'interno dei fantocci. L'eventuale presenza di piccole bolle d'aria residue all'interno dei fantocci o dei loro inserti geometrici non pregiudica l'esecuzione delle prove e l'esito dell'analisi dei risultati della prova.
- Il tecnico fornitore dovrà assicurare la disponibilità di idonei sistemi per il corretto posizionamento di ogni fantoccio all'interno delle bobine.
- I tecnici del fornitore dovranno pre-impostare e memorizzare tutti i protocolli di acquisizione, con le relative condizioni operative descritte al par. 4 prima della data stabilita per l'esecuzione delle prove funzionali. Sarà, comunque, cura del laboratorio in fase di esecuzione delle prove verificare la correttezza e la corrispondenza dei parametri indicati nel suddetto paragrafo con quanto pre-impostato e memorizzato sulle apparecchiature offerte.
- L'acquisizione potrà essere attivata dal tecnico del fornitore dopo il posizionamento degli oggetti test da parte del tecnico del laboratorio individuato da Consip Spa. Tra il posizionamento di ogni oggetto test e la successiva acquisizione delle immagini si dovrà attendere un tempo minimo di 15 minuti.
- Il carico elettrico della bobina (loading) è solo quello fornito dall'oggetto test. Nessun altra modalità di carico (elementi di carico e/o circuiti elettrici aggiuntivi) è consentita.
- Potranno essere effettuate eventuali procedure di calibrazione raccomandate dal fornitore.
- Le immagini di ogni singola prova dovranno essere acquisite con un "nome-paziente" coincidente con il nome della prova (esempio: per la prova sulla presenza di artefatti nella bobina head array impostare il nome paziente HC\_C). Per ogni "nome-paziente" verrà inserito un peso fittizio di 75 kg ed un'altezza fittizia di 170 cm.
- In ogni sequenza di acquisizione dovrà essere utilizzato sempre lo stesso valore di Pixel Bandwidth, PBW (inverso della durata della finestra di campionamento). Il PBW dovrà essere impostato con un valore compreso tra 60 Hz e 140 Hz e comunque con un valore il più possibile vicino a 100 Hz. Il valore di PBW dovrà essere sempre riportato tra i dati relativi alle condizioni operative di acquisizione di ogni parametro.
- Tutte le immagini prodotte dovranno essere di tipo modulo (magnitude images).
- Nella valutazione delle prove che lo dovessero richiedere, la "baseline" viene determinata come media del segnale presente in una ROI (Region of Interest), di dimensioni pari al 10% dell'area che produce segnale o 100 pixel, posizionata in una zona dell'immagine priva di segnale e di artefatti visibili (es: in un angolo dell'immagine).



#### 4. Condizioni operative e oggetti test per l'esecuzione delle prove

##### BOBINA HEAD

| <i>Prova</i> | <i>Parametro di Imaging</i>                 | <i>Oggetto test</i> | <i>Condizioni operative</i> |
|--------------|---|---------------------|-----------------------------|
| HC_A         | Rapporto Segnale Rumore:<br>Linearità (SNR) | FC16                | <b><i>Vedi par. 4.1</i></b> |
| HC_B         | Uniformità<br>(U)                           | FC16                | <b><i>Vedi par. 4.2</i></b> |
| HC_C         | Risoluzione spaziale<br>(RS)                | 3DRAS               | <b><i>Vedi par. 4.3</i></b> |
| HC_D         | Spessore dello Strato<br>(SS)               | 3DRAS               | <b><i>Vedi par. 4.3</i></b> |

##### BOBINA BODY COLONNA

| <i>Prova</i> | <i>Parametro di Imaging</i>                    | <i>Oggetto test</i> | <i>Condizioni operative</i> |
|--------------|--|---------------------|-----------------------------|
| BC_A         | Rapporto Segnale Rumore:<br>Linearità<br>(SNR) | UAL                 | <b><i>Vedi par. 4.4</i></b> |
| BC_B         | Uniformità<br>(U)                              | UAL                 | <b><i>Vedi par. 4.5</i></b> |
| BC_C         | Distorsione Geometrica<br>(DG)                 | UAL                 | <b><i>Vedi par. 4.6</i></b> |
| BC_D         | Artefatti                                      | UAL                 | <b><i>Vedi par. 4.7</i></b> |

## BOBINA HEAD

### 4.1 Condizioni operative per il parametro di imaging: SNR

Sequenza: 2D Spin-echo strato singolo (SE)

Posizione dell'oggetto test FC16: Al centro della bobina in posizione orizzontale

Verificare con una procedura di acquisizione rapida di tipo standard, effettuata per tutti i tre piani (trasversale, sagittale e coronale), il corretto posizionamento dell'oggetto test.

Posizione dello strato: all'isocentro del magnete ( $\pm 30$  mm)

Piano di acquisizione: trasversale

Effettuare eventuali procedure di pre-scan

Tempo di Ripetizione, TR: 600 ms

Tempo di Eco, TE: 20 ms

Flip Angle, FA: 90°

Pixel Bandwidth, PBW: il più vicino possibile a 100 Hz

Field of View, FOV: 200 mm

Matrice di acquisizione uguale alla matrice di ricostruzione: 256x256



Spessori dello strato: 3, 4, 5, 6 e 7 mm,

Numero di medie/eccitazioni: 1

Per ogni spessore di strato eseguire due acquisizioni consecutive senza effettuare alcuna procedura di calibrazione tra le due acquisizioni

Non sono permesse operazioni di media del segnale

Tutti i filtri di acquisizione e ricostruzione devono essere disattivati

Durata della sequenza: 153 s

Durata dell'acquisizione per ogni spessore di strato (due sequenze consecutive): 306 s

Durata dell'acquisizione per la valutazione del parametro (5 strati): 1530 s

**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

#### 4.2 Condizioni operative per il parametro di imaging: U

Le condizioni operative per questo parametro sono le stesse del punto 4.1 relativamente allo spessore di strato 5 mm. Pertanto non è necessario ripetere l'acquisizione dell'immagine.

Per la valutazione del parametro si utilizzerà la prima delle due immagini acquisite con spessore di strato 5 mm.

**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

#### 4.3 Condizioni operative per il parametro di imaging: RS e SS

Sequenza: 2D Spin-echo 7 strati (SE multi strato)

Posizione dell'oggetto test 3DRASS: Al centro della bobina in posizione orizzontale

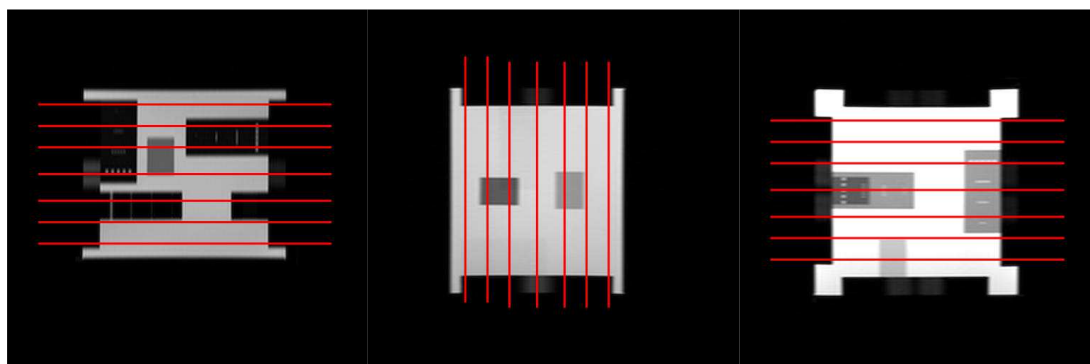
Numero di strati: 7

Verificare con una procedura di acquisizione rapida di tipo standard, effettuata per tutti i tre piani (trasversale, sagittale e coronale), il corretto posizionamento dell'oggetto test

Posizione degli strati: lo strato centrale deve trovarsi all'isocentro del magnete ( $\pm 30$  mm)

Piano di acquisizione: trasversale, sagittale, coronale

Vedi immagini seguenti per riferimento della posizione degli strati in ogni piano di acquisizione



TRASVERSALE

SAGITTALE

CORONALE

Effettuare eventuali procedure di pre-scan



Tempo di Ripetizione, TR: 600 ms

Tempo di Eco, TE: 20 ms

Flip Angle, FA: 90°

Pixel Bandwidth, PBW: il più vicino possibile a 100 Hz

Field Of View, FOV: 200 mm

Matrice di acquisizione uguale alla matrice di ricostruzione: 512x512

Spessore dello strato: 5 mm

Distanza tra gli strati: 10 mm

Numero di medie/eccitazioni: 2

Tutti i filtri di acquisizione e ricostruzione devono essere disattivati

Durata della sequenza: 614 s

Durata dell'acquisizione per ogni piano di acquisizione: 614 s

Durata dell'acquisizione per la valutazione del parametro (3 piani): 1842 s

**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

## BOBINA BODY COLONNA

### 4.4 Condizioni operative per il parametro di imaging: SNR

Sequenza: 2D Spin-echo 7 strati (SE multi strato)

Posizione dell'oggetto test UAL: Al centro della bobina parallelo al piano di acquisizione

Numero di strati: 7

Verificare con una procedura di acquisizione rapida di tipo standard, effettuata per tutti i tre piani (trasversale, sagittale e coronale), il corretto posizionamento dell'oggetto test.

Piano di acquisizione: trasversale, sagittale e coronale

Posizione del pacchetto di strati: vedi figura 4.4.1 come esempio della posizione degli strati in caso di acquisizione coronale

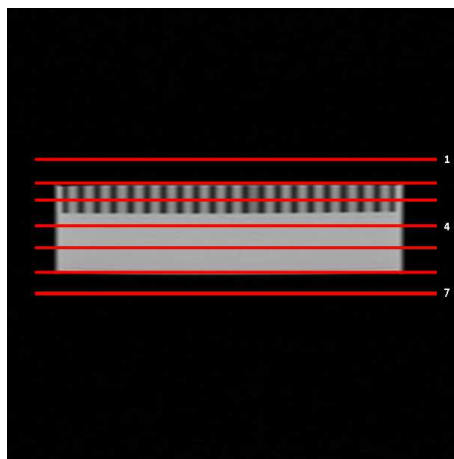


Fig. 4.4.1

Effettuare eventuali procedure di pre-scan

Tempo di Ripetizione, TR: 600 ms

Tempo di Eco, TE: 20 ms

Flip Angle, FA: 90°

Pixel Bandwidth, PBW: il più vicino possibile a 100 Hz



Field Of View, FOV: 350 mm

Matrice di acquisizione uguale alla matrice di ricostruzione: 256x256

Spessori dello strato: 3, 5, 7, 8 e 10 mm

Distanza tra gli strati (tra le fine di uno strato e l'inizio dell'altro): 19, 17, 15, 14 e 12 mm

Distanza tra gli strati (tra centro strato a centro strato): 22 mm

*NB Ogni spessore dello strato deve essere associato alla relativa distanza tra strati affinché la posizione del centro dello strato si mantenga costante al variare delle dimensioni dello strato.*

*Es: gli strati con spessore 3 mm devono essere posti alla distanza di 19 mm.*

Numero di medie/eccitazioni: 1

Eseguire due acquisizioni consecutive senza effettuare alcuna procedura di calibrazione tra le due acquisizioni

Tutti i filtri di acquisizione e ricostruzione devono essere disattivati

Durata della sequenza: 153 s

Durata dell'acquisizione per ogni spessore di strato (due sequenze consecutive): 306 s

Durata dell'acquisizione, per piano di acquisizione, per la valutazione del parametro: 1530s

Durata dell'acquisizione totale: 4590 s

*Qualora non fosse tecnicamente consentita una delle combinazione richieste tra spessore dello strato e distanza degli strati è possibile modificare il numero degli strati della sequenza ( da 7 a 13) e modificare la distanza degli strati in questo modo (dati in mm):*

|                    |                       |   |
|--------------------|-----------------------|---|
| Spessore strato 3  | distanza tra strati 8 | (distanza tra centro strato e centro strato) 11 |
| Spessore strato 5  | distanza tra strati 6 | (distanza tra centro strato e centro strato) 11 |
| Spessore strato 7  | distanza tra strati 4 | (distanza tra centro strato e centro strato) 11 |
| Spessore strato 8  | distanza tra strati 3 | (distanza tra centro strato e centro strato) 11 |
| Spessore strato 10 | distanza tra strati 1 | (distanza tra centro strato e centro strato) 11 |

*NB: L'acquisizione, per ogni spessore dello strato, deve essere effettuata in ogni caso sempre con una sequenza che abbia l'identico numero di strati.*

Posizione del pacchetto di strati nel caso di sequenza con 13 strati: vedi figura 4.4.2 come esempio della posizione degli strati in caso di acquisizione coronale

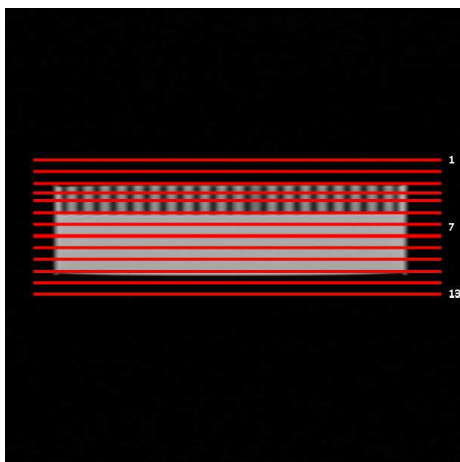


Fig. 4.4.2



**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

#### **4.5 Condizioni operative per il parametro di imaging: U**

Le condizioni operative per questo parametro sono le stesse del punto 4.4 relativamente allo spessore di strato 5 mm. Pertanto non è necessario ripetere l'acquisizione dell'immagine.

Per la valutazione del parametro si utilizzerà, per ogni piano di acquisizione, la prima delle due immagini acquisite con spessore di strato 5 mm.

**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

#### **4.6 Condizioni operative per il parametro di imaging: DG**

Le condizioni operative per questo parametro sono le stesse del punto 4.4 relativamente allo spessore di strato 10 mm. Pertanto non è necessario ripetere l'acquisizione dell'immagine.

Per la valutazione del parametro si utilizzerà, per ogni piano di acquisizione, la prima delle due immagini acquisite con spessore di strato 10 mm.

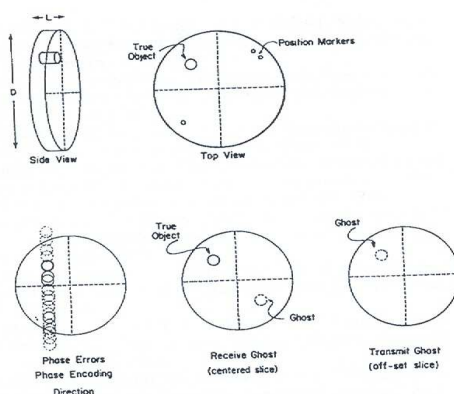
**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

#### **4.7 Condizioni operative per il parametro di imaging: Artefatti**

Le condizioni operative per questa tipologia di artefatti sono le stesse del punto 4.4 relativamente allo spessore di strato 10 mm. Pertanto non è necessario ripetere l'acquisizione dell'immagine.

Vengono valutate le seguenti tipologie di artefatti (vedi fig. 4.7.1)

- a) errori nella codifica di fase;
- b) errori nella ricezione in quadratura;



**Fig 4.7.1 Tipologia di artefatti**

**Per la tipologia di artefatti a) e b)**

Per la valutazione delle due tipologie di artefatti a) e b) si utilizzerà, per ogni piano di acquisizione, la prima delle due immagini acquisite con spessore di strato 10 mm.





**Annotare ogni non conformità alle condizioni operative specificando i motivi e riportare tutte le modifiche dei parametri di acquisizione necessarie per effettuare la prova.**

## 5. Prove

Per l'esecuzione di ciascuna prova occorrerà impostare l'apparecchiatura secondo le condizioni operative previste, posizionare l'oggetto test ed attivare l'apparecchiatura per l'acquisizione delle immagini.

I file di immagine acquisiti andranno salvati su un CD/DVD identificato come di seguito: Nome azienda-Lotto; ad esempio: azienda POLO - lotto 4 (POLO-lotto4).

I file di immagine dovranno essere singolarmente denominati.

### 5.1 PROVA HC\_A - RAPPORTO SEGNALE RUMORE: LINEARITÀ

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina HEAD

*Documentazione*

N. 10 immagini digitali (due per ogni strato)

**Acquisizione dei dati** (a cura del laboratorio)

*Metodo 1 (Il seguente metodo si applica per bobine di ricezione ad acquisizione volumetrica: phased array volume sub-coils). Il metodo è applicabile anche per bobine di volume a canale singolo.*

1) Disegnare nell'immagine 1 una ROI (ROI75%) posizionata al centro dell'area dell'oggetto test che produce segnale e di dimensioni pari al 75% di questa area. Determinare il valor medio dell'intensità dei pixel della ROI75%.

2) Disegnare nell'immagine 1 una ROI (ROI10%) posizionata in una zona dell'immagine priva di segnale e di artefatti visibili (es: in un angolo dell'immagine) e di dimensioni pari al 10% dell'area che produce segnale dell'oggetto test o di 100 pixel. Il valore di baseline è calcolato come il valor medio dell'intensità dei pixel all'interno della ROI10%.

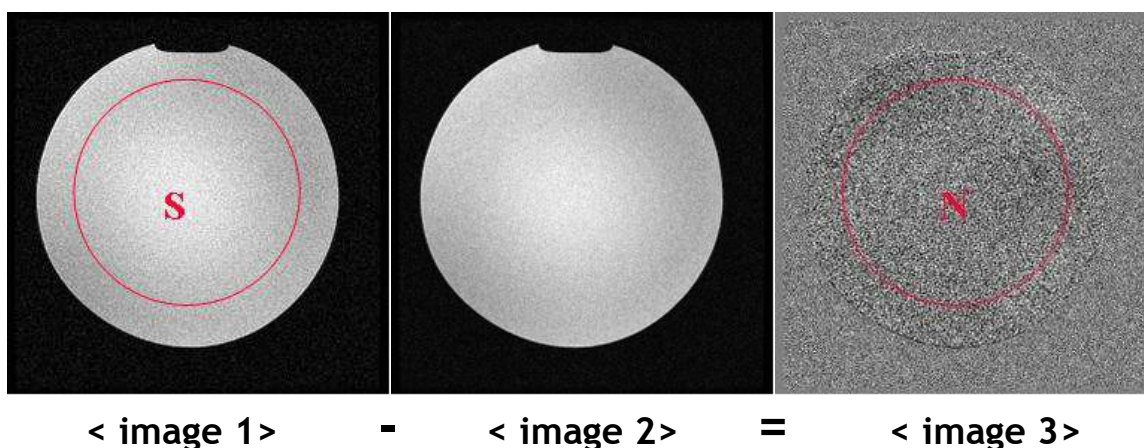
3) Determinare il segnale S come sottrazione dei due valori di intensità media dei pixel precedentemente determinati (valore della ROI75% meno valore della ROI10%)

4) Determinare l'immagine 3 come sottrazione algebrica, pixel a pixel, dell'immagine 1 e dell'immagine 2

5) Trasferire la ROI75% utilizzata per determinare il segnale S nell'immagine 1 nella stessa posizione nell'immagine 3 e calcolare il rumore N come deviazione standard (SD) della dell'intensità dei pixel presenti nella ROI

6) Calcolare il Rapporto Segnale Rumore come:

$$SNR = \sqrt{2} \times S/N$$

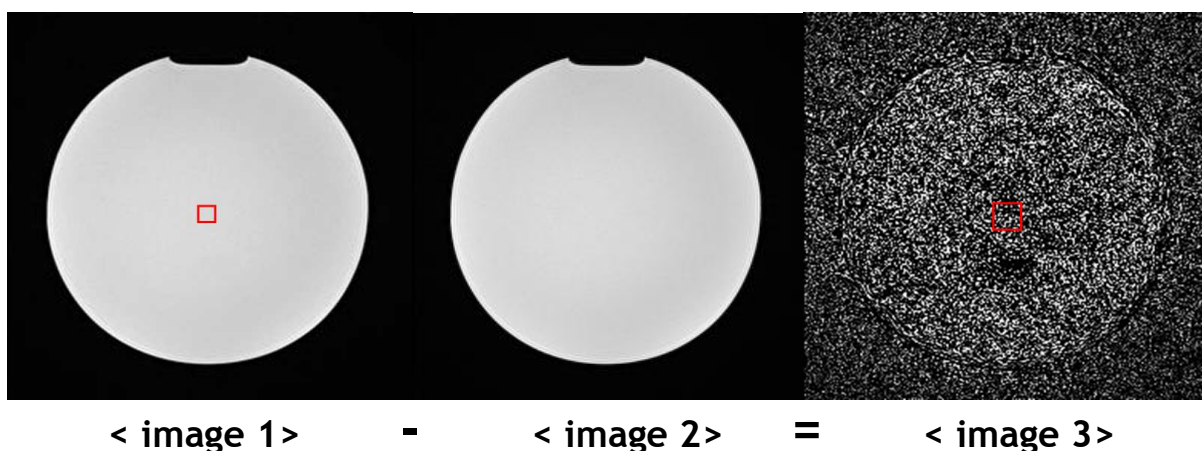


Ripetere l'operazione per ogni spessore dello strato

*Metodo 2 (Il seguente metodo si applica per bobine di ricezione ad acquisizione superficiale: phased array - surface sub-coil)*

- 1) Disegnare nell'immagine 1 una ROI (SROI7x7) quadrata di dimensioni 7x7 pixel posizionata al centro della area dell'oggetto test che produce segnale. Determinare il valor medio dell'intensità dei pixel della ROI7x7.
- 2) Disegnare nell'immagine 1 una ROI (BROI7x7) quadrata di dimensioni 7x7 pixel posizionata in una zona dell'immagine priva di segnale e di artefatti visibili (es: in un angolo dell'immagine). Il valore di baseline è calcolato come il valor medio dell'intensità dei pixel all'interno della BROI7x7.
- 3) Determinare il segnale S come sottrazione dei due valori di intensità media dei pixel precedentemente determinati (valore della SROI7x7 meno valore della BROI7x7)
- 4) Determinare l'immagine 3 come sottrazione algebrica, pixel a pixel, dell'immagine 1 e dell'immagine 2
- 5) Disegnare una ROI (NROI11x11) quadrata di dimensioni 11x11 pixel al centro dell'immagine 3 e calcolare il rumore N come deviazione standard (SD) dell'intensità dei pixel presenti nella NROI11x11
- 6) Calcolare il Rapporto Segnale Rumore come:

$$SNR = \sqrt{2} \times S/N$$



Ripetere l'operazione per ogni spessore dello strato



#### Dati

$$R^2H = R^2$$

Riportare in un grafico il SNR in funzione dello spessore dello strato. Eseguire un fit lineare e riportare il valore del coefficiente di regressione lineare,  $R^2$ .

Valori numerici di SNR per ogni spessore dello strato.

#### Documentazione

Elaborazione delle immagini e dei dati determinati.

Riportare il valore del parametro  $R^2H$  approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

## 5.2 PROVA HC\_B - UNIFORMITÀ

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina HEAD

#### Documentazione

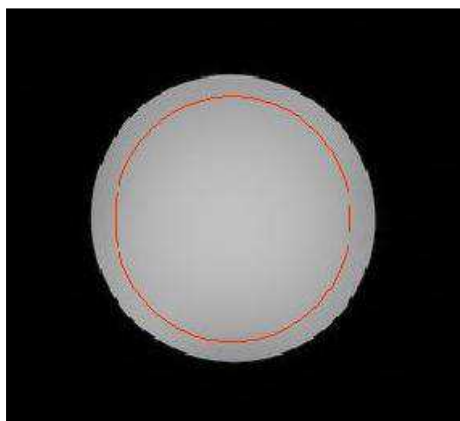
N. 1 immagine digitale

#### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Usare la prima immagine utilizzata per la valutazione del rapporto segnale rumore.

- 1) Disegnare una ROI centrale pari al 75% della area che produce segnale
- 2) Determinare la deviazione media assoluta (AAD, Average Absolute Deviation) nella ROI come:

$$AAD = \sum_i^N |S_i - S_{mean}| / N$$



#### Dati

Classificazione del documento: Consip Public

Gara a procedura aperta ai sensi del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., per la fornitura di tomografi a risonanza magnetica (RM), dispositivi accessori e dei servizi connessi e opzionali per le Pubbliche Amministrazioni

Allegato 3 C - Protocollo per l'esecuzione di prove funzionali - lotto 4



$$UH = 1 - AAD / S_{mean}$$

#### Dove

$$AAD = \sum_i^N |S_i - S_{mean}| / N$$

$S_i$  rappresenta il valore di ogni singolo pixel nella ROI

$S_{mean}$  rappresenta il valore medio nella ROI

$N$  rappresenta il numero di pixel nella ROI

#### Documentazione

Elaborazione dell'immagine e dei dati determinati

Riportare il valore del parametro **UH** approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

### 5.3 PROVA HC\_C - RISOLUZIONE SPAZIALE

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina HEAD verificando con attenzione che il fantoccio risulti centrato, in piano ed allineato.

#### Documentazione

N. 1 immagine digitale per ogni piano di acquisizione

#### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Utilizzare l'immagine che contiene l'inserito per la risoluzione spaziale.

Regolare la finestra di visualizzazione ed eventualmente effettuare una operazione di ingrandimento dei particolari di interesse.

Tracciare un profilo sulla linea di fori e verificare che siano visibili cinque distinti segnali (i segnali si considerano completamente distinti quando la profondità raggiunge almeno il 50% del massimo). Ripetere l'operazione in ambedue le direzioni di codifica.

Vedi figure 5.3.1, 5.3.2 e 5.3.3

La struttura è composta da 4 linee di 5 fori quadrati di lato 0.5mm, 0.75mm, 1.0mm, 2.0mm

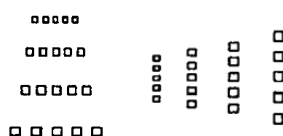


Fig. 5.3.1

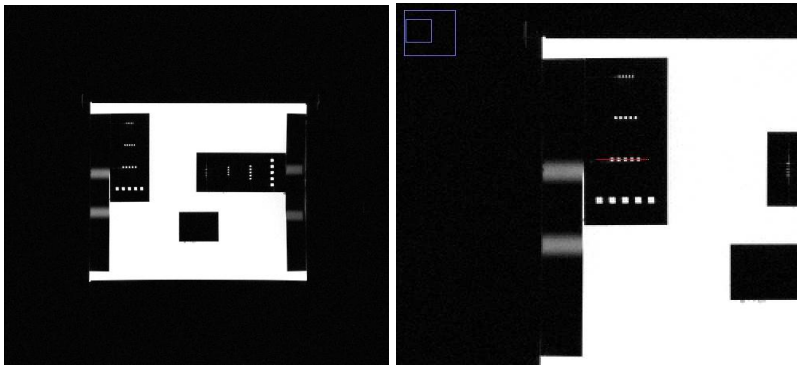


Fig. 5.3.2

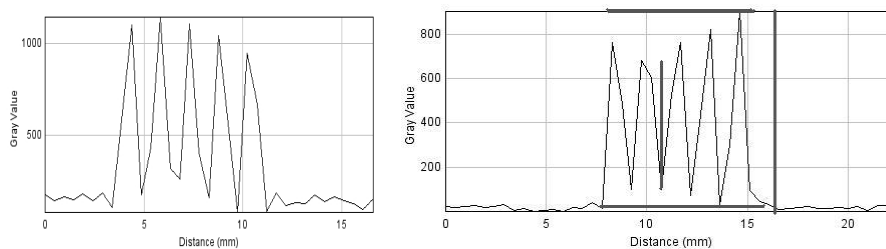


Fig. 5.3.3

#### Dati

La risoluzione spaziale è data dalla dimensione dei particolari più piccoli che risulta nettamente evidenziata. La risoluzione spaziale attesa, RSN, è pari a 0,5 mm (prima linea di fori). Riportare, per ogni piano di acquisizione, la risoluzione spaziale espressa in mm, ottenuta come media della risoluzione spaziale nelle due direzioni di codifica, di frequenza,  $f$ , e di fase,  $\varphi$ :

$RSC$  (risoluzione spaziale complessiva - espressa in mm) =  $[(\langle RS_T \rangle + \langle RS_S \rangle + \langle RS_C \rangle)/3]$

Dove:

$\langle RS_T \rangle = (RS_{Tf} + RS_{T\varphi})/2$

$\langle RS_T \rangle$  è la risoluzione spaziale media sul piano trasversale

$\langle RS_S \rangle = (RS_{Sf} + RS_{S\varphi})/2$

$\langle RS_S \rangle$  è la risoluzione spaziale media sul piano sagittale

$\langle RS_C \rangle = (RS_{Cf} + RS_{C\varphi})/2$

$\langle RS_C \rangle$  è la risoluzione spaziale media sul piano coronale

#### Documentazione

Elaborazione delle immagini per la determinazione del parametro

Riportare il valore del parametro  $\Delta RS = |RSC - RSN|$ , modulo della differenza tra il valore della risoluzione complessiva misurata e il valore della risoluzione attesa, approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

## 5.4 PROVA HC\_D - SPESSORE DELLO STRATO



A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina HEAD verificando con attenzione che il fantoccio risulti centrato, in piano ed allineato.

#### Documentazione

N. 1 immagine digitale per ogni piano di acquisizione

#### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Selezionare la terza o la quinta delle immagine acquisite (una delle due prime vicine alla quarta immagine che è l'immagine centrale del pacchetto di sette immagini). Si individua sull'immagine la coppia di bande dovute alle rampe e per ogni banda si determina il profilo del segnale (vedi figure 5.4.1 e 5.4.2 ). Per aumentare il rapporto segnale rumore è possibile mediare il profilo di strato su più linee adiacenti. Sui profili di strato si determinano le FWHM delle due bande, a e b, espresse in mm (vedi figura 5.4.3). Calcolare lo spessore dello strato come:

$$ST = \sqrt{a*b}$$

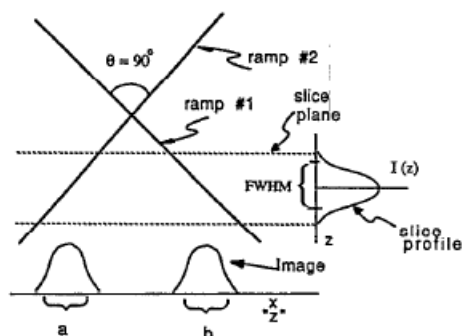


Figura 5.4.1

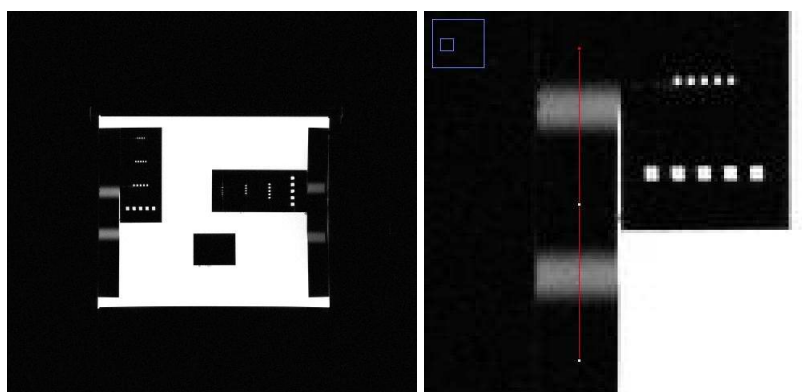


Figura 5.4.2

<zoom su particolare >

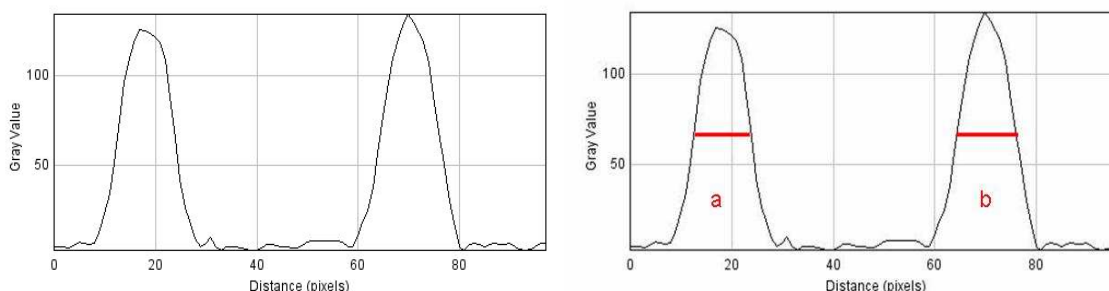


Figura 5.4.3

#### Dati

$$ST = \sqrt{a \cdot b}$$

Dove

a = FWHM della prima banda (mm)

b = FWHM della seconda banda (mm)

#### Documentazione

Elaborazione delle immagini per la determinazione del parametro

Calcolare, per ogni piano di acquisizione, il valore dello spessore di strato determinato (in mm) ed il modulo della differenza relativa tra il valore dello spessore di strato nominale, STN (5mm), ed il valore dello spessore di strato determinato.

$$\Delta ST_T = |STN - ST_T| / STN = |5 - ST_T|$$

$$\Delta ST_S = |STN - ST_S| / STN = |5 - ST_S|$$

$$\Delta ST_C = |STN - ST_C| / STN = |5 - ST_C|$$

Calcolare la media dei valori assoluti delle tre differenze relative

$$\Delta ST = (\Delta ST_T + \Delta ST_S + \Delta ST_C) / 3$$

Riportare il valore del parametro  $\Delta ST$  approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

## 5.5 PROVA BC\_A - RAPPORTO SEGNALE RUMORE: LINEARITÀ

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina BODY COLONNA

#### Documentazione

N° 2 immagini digitali per ogni spessore dello strato e per ogni piano di acquisizione

*N.B. Utilizzare le immagini 5 (nel caso di pacchetto da 7 strati; vedi figura 4.4.1) o le immagini 9 (nel caso di pacchetto da 13 strati; vedi figura 4.4.2)*

#### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Classificazione del documento: Consip Public

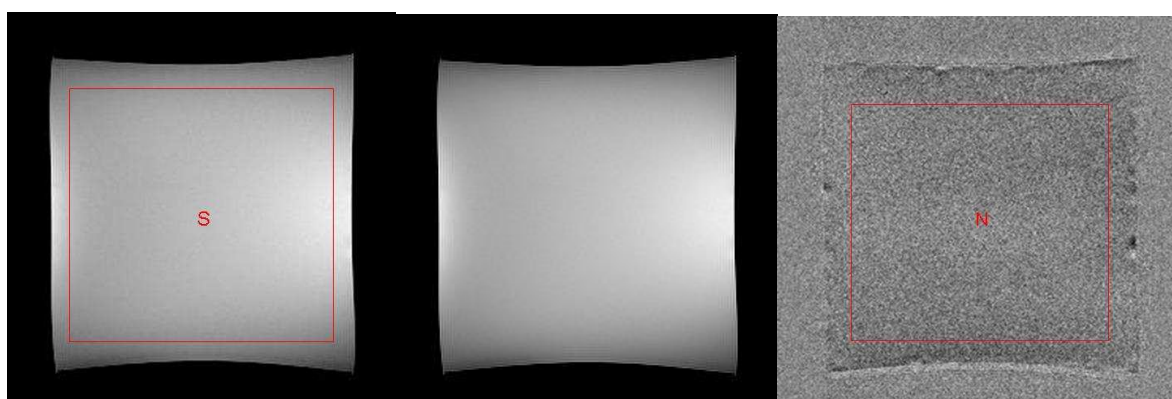
Gara a procedura aperta ai sensi del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., per la fornitura di tomografi a risonanza magnetica (RM), dispositivi accessori e dei servizi connessi e opzionali per le Pubbliche Amministrazioni  
Allegato 3 C - Protocollo per l'esecuzione di prove funzionali - lotto 4





- 1) Disegnare nell'immagine 1 una ROI (ROI75%) posizionata al centro dell'area dell'oggetto test che produce segnale e di dimensioni pari al 75% di questa area. Determinare il valor medio dell'intensità dei pixel della ROI75%.
- 2) Disegnare nell'immagine 1 una ROI (ROI10%) posizionata in una zona dell'immagine priva di segnale e di artefatti visibili (es: in un angolo dell'immagine) e di dimensioni pari al 10% dell'area che produce segnale dell'oggetto test o di 100 pixel. Il valore di baseline è calcolato come il valor medio dell'intensità dei pixel all'interno della ROI10%.
- 3) Determinare il segnale S come sottrazione dei due valori di intensità media dei pixel precedentemente determinati (valore della ROI75% meno valore della ROI10%)
- 4) Determinare l'immagine 3 come sottrazione algebrica, pixel a pixel, dell'immagine 1 e dell'immagine 2
- 5) Trasferire la ROI75% utilizzata per determinare il segnale S nell'immagine 1 nella stessa posizione nell'immagine 3 e calcolare il rumore N come deviazione standard (SD) della dell'intensità dei pixel presenti nella ROI
- 6) Calcolare il Rapporto Segnale Rumore come:

$$SNR = \sqrt{2} \times S/N$$



$$< \text{image 1} > - < \text{image 2} > = < \text{image 3} >$$

Ripetere l'operazione per ogni spessore dello strato

#### Dati

$$R^2_B = (R^2_T + R^2_S + R^2_C)/3$$

Riportare in un grafico il SNR in funzione dello spessore dello strato, per ogni piano di acquisizione. Eseguire un fit lineare e riportare il valore del coefficiente di regressione lineare,  $R^2$ , per ogni piano di acquisizione.

|         |   |
|---------|---|
| $R^2_T$ | Coefficiente di regressione lineare sul piano trasversale |
| $R^2_S$ | Coefficiente di regressione lineare sul piano sagittale   |
| $R^2_C$ | Coefficiente di regressione lineare sul piano coronale    |

#### Documentazione

Elaborazione delle immagini e dei dati determinati





Riportare valore del parametro  $R^2B$  approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

## 5.6 PROVA BC\_B - UNIFORMITÀ

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina BODY COLONNA

### Documentazione

N. 1 immagine digitale per ogni piano di acquisizione

*N.B. Utilizzare l'immagine 5 (nel caso di pacchetto da 7 strati; vedi figura 4.4.1) o l'immagine 9 (nel caso di pacchetto da 13 strati; vedi figura 4.4.2)*

### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Utilizzare tra le immagini acquisite solo l'immagine con spessore dello strato 5 mm

- 1) Disegnare una ROI centrale pari al 75% della area che produce segnale dell'oggetto test.
- 2) Determinare la deviazione media assoluta (AAD, Average Absolute Deviation) nella ROI come:

$$AAD = \sum_i N |S_i - S_{mean}| / N$$

Dove :

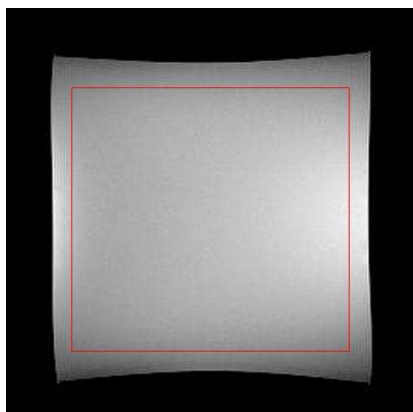
$S_i$  rappresenta il valore di ogni singolo pixel nella ROI

$S_{mean}$  rappresenta il valore medio nella ROI

N numero di pixel nella ROI

- 3) Calcolare l'uniformità come:

$$U = 1 - AAD / S_{mean}$$



< image 1 >

### Dati

$$UB = (U_T + U_S + U_C) / 3$$

Classificazione del documento: Consip Public

Gara a procedura aperta ai sensi del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., per la fornitura di tomografi a risonanza magnetica (RM), dispositivi accessori e dei servizi connessi e opzionali per le Pubbliche Amministrazioni  
Allegato 3 C - Protocollo per l'esecuzione di prove funzionali - lotto 4



Dove:

$$U_T = 1 - AADT / S_{Tmean}$$

Uniformità sul piano trasversale

$$U_S = 1 - AADS / S_{Smean}$$

Uniformità sul piano sagittale

$$UC = 1 - AADC / S_{Cmean}$$

Uniformità sul piano coronale

#### Documentazione

Elaborazione delle immagini e dei dati determinati

Riportare il valore del parametro **UB** approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

## 5.7 PROVA BC\_C - DISTORSIONE GEOMETRICA

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova

A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina BODY COLONNA

#### Documentazione

N. 1 Immagine digitale per ogni piano di acquisizione

#### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Utilizzare solo le immagini con spessore dello strato 10 mm

Per ogni piano di acquisizione selezionare l'immagine contenente la griglia (immagine 3 nel caso di pacchetto a 7 strati: vedi figura 4.4.1 ; Immagine 5 nel caso di pacchetto a 13 strati: vedi figura 4.4.2)

Misurare su ogni immagine selezionata le dimensioni della griglia nella direzione della codifica di fase (es:  $r_i$ ) e nella direzione di codifica di frequenza (es:  $d_j$ ). Riportare per ogni direzione cinque valori della misura. Le misure delle dimensioni della griglia vanno eseguite, per la direzione di codifica di fase e per la direzione di codifica di frequenza, nelle posizioni indicate nella figura 5.7.1: una al centro, due in posizione estrema, due in posizione intermedia tra la posizione centrale e quelle estreme.

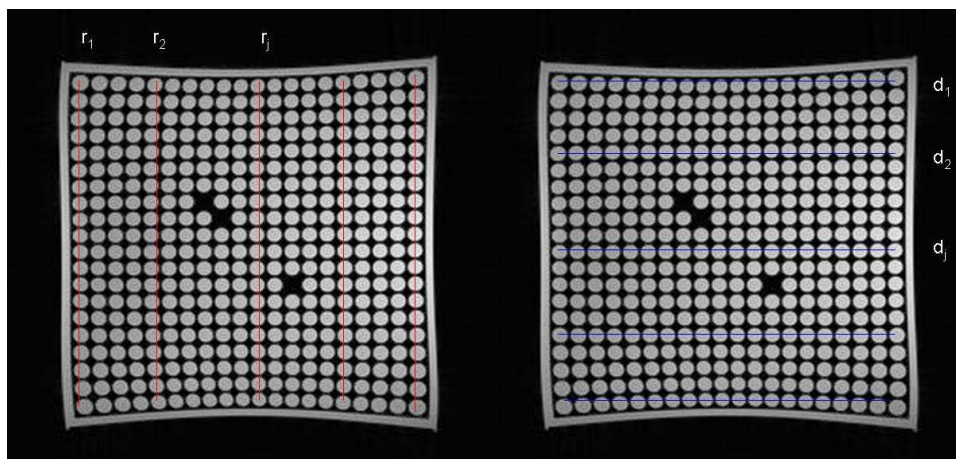




Fig . 5.7.1 Piano di acquisizione coronale: misure delle dimensioni della griglia

Per ogni piano di acquisizione calcolare il valore assoluto della massima differenza relativa (indipendentemente dalla direzione) tra la distanza misurata e quella reale come:

$$DG = \text{MAX} (|L_m - L_a| / L_a)$$

Dove:

$L_a$  rappresenta il valore reale della distanza (R o D)

$L_m$  rappresenta il valore misurato sull'immagine ( $r_i$  o  $d_j$ )

Vedi, a titolo di esempio, la tabella 5.7.1

| segmento | Distanza misurata ( $r_i$ ) | Distanza reale (R) | Differenza % $ L_m - L_a  / L_a$ | Massima Differenza in R | DG    |
|----------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-------|
| r1       | 292                         | 280                | 4,0                              | 0,040                   | 0,040 |
| r2       | 283                         | 280                | 1,0                              |                         |       |
| r j      | 284                         | 280                | 1,1                              |                         |       |
| segmento | Distanza misurata ( $d_j$ ) | Distanza reale (D) | Differenza % $ L_m - L_a  / L_a$ | Massima Differenza in D |       |
| d1       | 286                         | 280                | 2,0                              | 0,020                   |       |
| d2       | 283                         | 280                | 1,0                              |                         |       |
| dj       | 282                         | 280                | 1,0                              |                         |       |

Tabella 5.7.1

#### Dati

Riportare, per ogni piano di acquisizione, la massima distorsione geometrica calcolata come

$$DG \text{ (distorsione geometrica)} = (DG_T + DG_S + DG_C) / 3$$

Dove:

$$DG_T = \text{MAX} (|L_m - L_a| / L_a)$$

Distorsione Geometrica sul piano Trasversale

$$DG_S = \text{MAX} (|L_m - L_a| / L_a)$$

Distorsione Geometrica sul piano Sagittale

$$DG_C = \text{MAX} (|L_m - L_a| / L_a)$$

Distorsione Geometrica sul piano Coronale

$L_a$  rappresenta il valore reale della distanza (R o D)

$L_m$  rappresenta il valore misurato sull'immagine ( $r_i$  o  $d_j$ )

#### Documentazione

Elaborazione delle immagini per la determinazione del parametro

Riportare il valore del parametro DG approssimato a tre cifre significative dopo la virgola

## 5.8 PROVA BC\_D - ARTEFATTI

A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative relative all'apparecchiatura previste per questa prova



A cura del tecnico del laboratorio:

Posizionare l'oggetto test collocandolo al centro della bobina BODY COLONNA

#### Documentazione

N. 7 immagini digitali per ogni piano di acquisizione

#### Acquisizione dei dati (a cura del laboratorio)

Utilizzare tra le immagini acquisite solo le immagine con spessore dello strato 10 mm

#### Tipologia di artefatti ( vedi fig. 5.8.1)

- a) errori nella codifica di fase.
- b) errori nella ricezione in quadratura

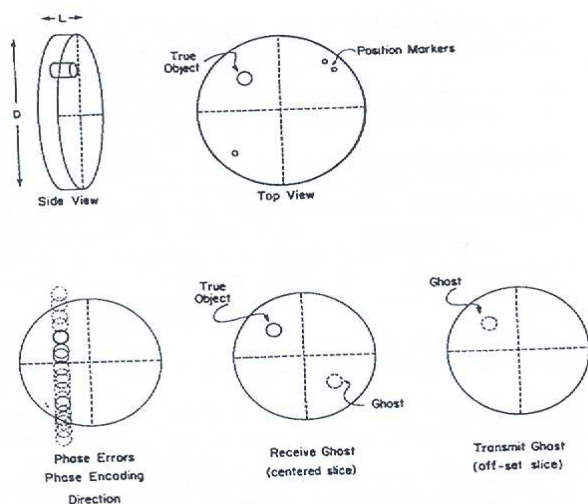


Fig 5.8.1 (a superiore, b inferiore)

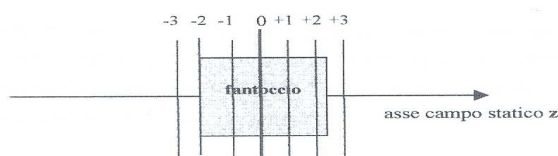


Fig 5.8.2

Per la tipologia di errori a) e b) si utilizza il pacchetto di strati acquisito (con il fantoccio all'isocentro del magnete e intersecato dalla slice centrale del pacchetto di strati vedi figura 5.8.2)

Per ogni piano di acquisizione

- 1) misurare il valore del ghost, G, come media del segnale di una ROI 10x10 pixel (100 pixel) nella regione con maggiore intensità di ghost.
- 2) misurare il valore del segnale nell'immagine, S, come media del segnale di una ROI 10x10 pixel (100 pixel).
- 3) stimare il valore del fondo, F, come media del segnale di una ROI 10x10 pixel (100 pixel) posta al di fuori dalla regione con presenza di segnale e fuori dalla regione con presenza di ghost.

Classificazione del documento: Consip Public

Gara a procedura aperta ai sensi del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., per la fornitura di tomografi a risonanza magnetica (RM), dispositivi accessori e dei servizi connessi e opzionali per le Pubbliche Amministrazioni  
Allegato 3 C - Protocollo per l'esecuzione di prove funzionali - lotto 4

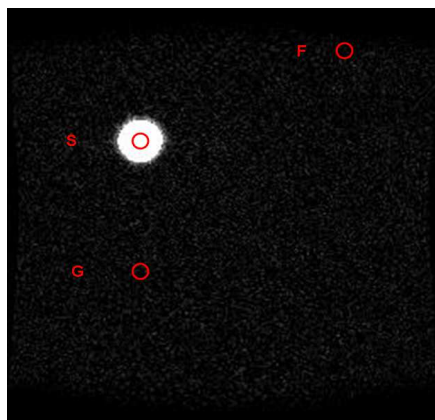


Fig. 5.8.3 Esempio di posizionamento delle ROI per la determinazione di E

#### Dati

$EB = \text{MAX}(Ea, Eb)$                       Massima intensità artefatto totale

EB rappresenta il massimo tra i valori Ea, Eb.

Per ogni piano di acquisizione calcolare i rapporti:

$Ea = Ga/S$

Ea        Rappresenta l'intensità dell'artefatto di tipo a

$Eb = Gb/S$

Eb        Rappresenta l'intensità dell'artefatto di tipo b

NB: per tutti i valori di G tali che  $G \leq 1,5 \cdot F$  porre  $G=0$

Dove:

$Ga/S = \text{MAX}(Ga_T/S_T, Ga_S/S_S, Ga_C/S_C)$

È il massimo dei rapporti tra l'intensità del Ghost e il Segnale dovuti ad artefatto di tipo a) calcolati in ognuno dei tre piani di acquisizione (Trasversale, Sagittale e Coronale)

$Gb/S = \text{MAX}(Gb_T/S_T, Gb_S/S_S, Gb_C/S_C)$

È il massimo dei rapporti tra l'intensità del Ghost e il Segnale dovuti ad artefatto di tipo b) calcolati in ognuno dei tre piani acquisizione (Trasversale, Sagittale e Coronale)

#### Documentazione

Elaborazione dell'immagine contenente i valori misurati.

Riportare il valore del parametro **EB** approssimato a tre cifre significative dopo la virgola