



Horizon Scanning report No. 7

**Risonanza magnetica ad alto campo  
7 Tesla per lo studio delle patologie  
neurodegenerative**

**Dicembre 2010**

## Metodologia

Agenas, Agenzia nazionale per i servizi sanitari regionali, è un ente pubblico per la promozione dell'innovazione e dello sviluppo nella sanità Italiana e svolge attività di Horizon Scanning (HS) sulle tecnologie sanitarie.

L'intero processo di HS e i metodi adottati per ciascuna delle fasi del processo sono descritti dettagliatamente sul portale [www.agenas.it](http://www.agenas.it)

*Il presente documento deve essere citato come:*

Chiarolla E, Ferroni E, Cavallo A, Jefferson T, Cerbo M. Risonanza magnetica ad alto campo 7 Tesla per lo studio delle patologie neurodegenerative. Agenas, Agenzia nazionale per i servizi sanitari regionali. Roma, Dicembre 2010.

Ogni riproduzione del documento o di parte dello stesso è vietata. Il contenuto intellettuale del documento è di proprietà del Ministero della Salute.

*Informazioni sul contenuto possono essere richieste presso:*

Agenas, Agenzia nazionale per i servizi sanitari regionali  
Sezione ISS – Innovazione, Sperimentazione e Sviluppo  
Via Puglie, 23 - 00187 Roma  
e-mail: [hta@agenas.it](mailto:hta@agenas.it)

## Limitazioni

Il presente documento è basato su informazioni disponibili al momento delle ricerche e non contiene riferimenti a successivi sviluppi o perfezionamenti della tecnologia oggetto di valutazione. Le considerazioni sull'efficacia, la sicurezza o la costo-efficacia della tecnologia oggetto di valutazione riportate nel documento sono pertanto non definitive e di carattere provvisorio.

## Autori

Il presente rapporto di Horizon Scanning è stato preparato da:

Emilio Chiarolla

Eliana Ferroni

Antonella Cavallo

Tom Jefferson

Marina Cerbo

## Dichiarazione di conflitto di interessi

Gli Autori dichiarano di non ricevere benefici o danni dalla pubblicazione del presente report. Nessuno degli Autori detiene o deteneva azioni, prestato consulenza o avuto rapporti personali con alcuno dei produttori dei dispositivi valutati nel presente documento.

## Ringraziamenti

Cesare Colosimo (Responsabile di Struttura Complessa Radiodiagnostica 3<sup>a</sup>, Policlinico "A. Gemelli", Roma), Roberto Floris (Responsabile dell'Unità di Neuroradiologia, Policlinico Tor Vergata, Roma), Gianluigi Lenzi (Dirigente del Dipartimento Scienze Neurologiche, Policlinico "Umberto I", Roma), Pierpaolo Buò (MR Modality Manager, GE Healthcare, Milano, Italia), Gabriele Giovannini (Country Head of MR Imaging and Therapy Division, Siemens S.p.A, Milano, Italia), Alessandro Leo (Sales MR Modality Specialist Business, Philips S.p.A, Monza, Italia), Antonio Migliore (Ingegnere biomedico, Agenas).

**Nome della tecnologia/procedura:** **Risonanza magnetica ad alto campo 7 Tesla per lo studio delle patologie neurodegenerative**

### **Popolazione target**

La popolazione target candidata ad indagini con Risonanza Magnetica ad alto campo 7 Tesla (RM 7.0T) è rappresentata da tutti i pazienti con patologie neurodegenerative.

### **Descrizione della procedura e della tecnologia**

La RM 7.0T viene proposta allo scopo di ottenere, soprattutto nell'ambito neurologico, una serie di vantaggi rispetto ai sistemi a più basso campo (1.5T e 3.0T) [Jens M, 2009]. Tali vantaggi sono correlati all'elevato rapporto segnale/rumore, che si traduce in una elevata risoluzione spaziale e consente di descrivere più dettagliatamente l'anatomia, la patologia e la funzionalità molecolare [Mekle R, 2009]. Di particolare interesse sono gli studi di esplorazione funzionale fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) attraverso la misurazione del segnale BOLD (Blood Oxygen Level Dependent) il cui effetto aumenta con l'intensità del campo magnetico statico, e le tecniche di perfusione e di diffusione in cui il miglioramento del rapporto segnale/rumore consente di cogliere con maggiore precisione le dinamiche funzionali delle reti neurali coinvolte nello svolgimento delle funzioni cerebrali [Dae-Shik K, 2003]. Altre applicazioni della tecnologia in esame riguardano: le analisi angiografiche TOF (Time Of Flight), che consentono l'esplorazione non invasiva e la valutazione anatomico-strutturale del circolo vascolare [Kang CK, 2010]; l'imaging molecolare, che permette di visualizzare in-vivo processi biochimici di interesse; la spettroscopia che, sfruttando le proprietà magnetiche, non solo dell'idrogeno, ma anche del fosforo <sup>31</sup>P, del carbonio <sup>13</sup>C e del sodio <sup>23</sup>Na, consente di estendere l'esplorazione della distribuzione e delle dinamiche biologiche utili nello studio dei metabolismi lenti [Wattjes MP, 2009].

A causa dell'elevato campo magnetico, le procedure diagnostiche con RM 7.0 si differenziano da quelle effettuate con altri sistemi RM a più basso campo: il paziente viene posizionato sul lettino prima dell'ingresso nella sala di diagnostica, alla quale accede seguendo un percorso che tiene conto delle linee di campo. Inoltre, l'avanzamento del paziente all'interno del *gantry* avviene con maggior cautela, al fine di evitare stimolazioni nervose. Pertanto, le procedure con RM 7.0T sono mediamente più lunghe rispetto a quelle eseguite con i sistemi da 1.5 e 3.0T; il tempo di scansione può durare da 20 minuti a 2 ore in relazione alla procedura (NCT00413621). Il presente report di HS tratta l'utilizzo della RM 7.0T per la diagnosi e il follow-up dei pazienti affetti da patologie neurodegenerative.

### **Importanza clinica e peso della malattia**

Sono patologie neurodegenerative quelle caratterizzate dalla perdita progressiva dello sviluppo delle funzioni

di base o perdita (totale o parziale) dei tessuti del sistema nervoso [Filiano J, 2005]. La malattia di Alzheimer, il morbo di Parkinson e la sclerosi multipla sono sicuramente tra le patologie neurodegenerative più rilevanti in termini clinici ed epidemiologici.

La malattia di Alzheimer, in termini di impatto sulla popolazione italiana, rappresenta la forma più comune di demenza senile; attualmente essa colpisce circa il 5% dei soggetti con più di 60 anni e si stimano circa 500.000 ammalati [CNESPS]. Tale numero è destinato ad aumentare sulla base dell'andamento demografico e delle stime sull'invecchiamento della popolazione.

Dopo la malattia di Alzheimer, quella di Parkinson è la malattia neurodegenerativa più diffusa, colpendo all'incirca il 2% della popolazione sopra i 65 anni. Secondo i dati elaborati dall'Istituto Superiore di Sanità, i casi di Parkinson in Italia sono circa 220.000 [CNESPS]. La sclerosi multipla, o sclerosi a placche, è un'altra delle malattie neurodegenerative più comuni. Essa ha decorso cronico, spesso progressivamente invalidante, e colpisce la popolazione tra i 15 e i 50 anni; generalmente si manifesta nei giovani adulti, tra i 20 e i 30 anni, e tra le donne, in un rapporto di 2:1 rispetto agli uomini. In Italia i malati di sclerosi multipla sono circa 57.000 e si registrano circa 1.800 nuovi casi ogni anno [CNESPS].

Recentemente, l'evoluzione tecnologica degli scanner di RM ha consentito di ottenere modelli tridimensionali dell'encefalo che permettono di rilevare maggiori dettagli anatomici tali da svelare anche lievi modificazioni strutturali ed ultrastrutturali del parenchima cerebrale [Tedeschi G, 2005]. Con l'utilizzo della RM 7.0T sarebbe possibile riconoscere il profilo specifico di atrofia causato dalle malattie neurodegenerative che colpiscono le diverse regioni cerebrali [Tallantyre EC, 2010]; inoltre, essendo in grado di visualizzare maggiori dettagli anatomici e funzionali rispetto alle tecnologie a 1.5T e 3T [Tallantyre EC, 2009], la RM 7.0T potrebbe consentire una diagnosi precoce delle malattie neurodegenerative e permettere, in alcuni casi, anche di impostare un percorso terapeutico più appropriato [Cho ZH, 2010], verificandone l'efficacia al follow-up.

## Prodotti, Produttori, Distributori e Certificazioni

Sono state identificate tre aziende produttrici di RM 7.0T: GE Healthcare, Philips S.p.A. e Siemens S.p.A. Nessuno dei sistemi attuali è provvisto di marcatura CE né tanto meno di approvazione FDA. Tali sistemi non risultano pertanto registrati nel RDM del Ministero della Salute. In Italia il D.P.R n. 542 dell'8.8.1994 restringe l'utilizzo di campi statici di induzione superiori a 4 Tesla per scopi di ricerca e limitatamente allo studio degli arti, quindi i sistemi RM da 7.0T non possono essere impiegati per lo studio dell'encefalo.

Nome prodotto	Produttore/Distributore	Marchio CE	RDM	FDA
7T MR 950	GE Healthcare	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Achieva 7.0T	Philips S.p.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magnetom 7T	Siemens S.p.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Contesto di utilizzo

Attualmente la tecnologia viene utilizzata esclusivamente in centri di ricerca avanzati in cui alla ricerca clinica

si affianca lo sviluppo della tecnologia stessa.

<input type="checkbox"/> Domicilio	<input type="checkbox"/> Ospedale	<input type="checkbox"/> Ambulatorio
<input type="checkbox"/> Pronto Soccorso	<input checked="" type="checkbox"/> Altro: Centri di ricerca	

## Livello di sviluppo/grado di diffusione in Italia

Ad oggi in Italia non vi sono installazioni di sistemi RM 7.0T, anche in relazione ai citati limiti normativi.

<input checked="" type="checkbox"/> Pre-marketing	<input type="checkbox"/> In commercio da 1-6 mesi	<input type="checkbox"/> In commercio da 7-12 mesi
<input type="checkbox"/> In commercio da > 12 mesi	<input type="checkbox"/> Non identificato	

## Comparatori

Attualmente per la diagnosi ed il follow-up delle malattie neurodegenerative vengono impiegate RM da 1.5 e 3.0T. Tali sistemi sono quindi da considerarsi come i principali comparatori della RM 7.0T.

## Efficacia e sicurezza

L'efficacia della RM 7.0T può essere espressa come la capacità di effettuare una diagnosi precoce e più accurata delle lesioni cerebrali riconducibili a patologie neurodegenerative [Tallantyre EC, 2009; Kollia K, 2009]. Inoltre, è importante considerare anche la capacità di seguire l'evoluzione della patologia attraverso un follow-up più accurato del paziente [Ge Y, 2008].

La ricerca della letteratura sull'utilizzo della RM 7.0T per la diagnosi ed il follow-up dei pazienti affetti da patologie neurodegenerative è stata effettuata attraverso la consultazione dei database di EuroScan e CRD (DARE & HTA) (12 Novembre 2010), al fine di individuare i rapporti di Horizon scanning (HS) e di rapid Health Technology Assessment, pubblicati in italiano ed inglese, sullo specifico argomento. La ricerca non ha prodotto alcun risultato.

L'evidenza scientifica di riferimento è stata individuata considerando gli studi pubblicati e presenti nelle principali banche dati: Medline (12 Novembre 2010), Cochrane Library (12 Novembre 2010) ed Embase (12 Novembre 2010). I criteri di inclusione degli studi sono rappresentati da studi comparativi su pazienti affetti da malattie neurodegenerative sottoposti ad esame con RM 7.0T per la diagnosi ed il follow-up di tali patologie.

La ricerca bibliografica ha permesso di individuare 5 studi (Tabella 1). Quattro studi [Ge Y, 2008; Kollia K, 2009; Tallantyre EC, 2009; Tallantyre EC, 2010] riguardavano pazienti affetti da sclerosi multipla, mentre

uno studio [Cho ZH, 2010] prendeva in considerazione un paziente con malattia di Parkinson. In totale sono stati presi in considerazione 32 pazienti affetti da sclerosi multipla ed un solo paziente affetto da malattia di Parkinson.

Gli studi sui pazienti affetti da sclerosi multipla hanno evidenziato come la RM 7.0T, quando confrontata con la tecnologia a 1.5T e 3.0T, permetta una migliore visualizzazione dell'anatomia strutturale delle lesioni, incidendo in modo sostanziale sull'accuratezza diagnostica della metodica stessa [Tallantyre EC, 2009]. In particolare, la RM 7.0T sembra essere in grado di evidenziare in modo più accurato i cambiamenti precoci nella vascolarizzazione delle lesioni cerebrali. Tale aspetto risulterebbe molto importante per la diagnosi ed il follow-up delle lesioni. [Ge Y, 2008].

Inoltre, la ricerca condotta sul registro dei trial sul sito internet [www.clinicaltrial.gov](http://www.clinicaltrial.gov) (14 Dicembre 2010) ha prodotto due risultati: NCT01085253 e NCT00321568; il primo studio, ancora in corso di reclutamento dei pazienti, ha come obiettivo quello di individuare un nuovo marker per la identificazione precoce delle lesioni causate dal morbo di Parkinson. Il secondo, invece, si è recentemente concluso, ed aveva come obiettivo quello di utilizzare l'alto campo magnetico generato dalla RM 7.0T per la visualizzazione delle lesioni corticali nelle diverse zone dell'encefalo nei pazienti con sclerosi multipla. L'analisi della letteratura condotta non ha tuttavia evidenziato studi riconducibili al trial concluso.

Gli aspetti legati alla sicurezza della tecnologia dovrebbero essere approfonditi con specifici studi inerenti gli effetti dei campi elettromagnetici sui pazienti e sugli operatori. Al momento in letteratura sono presenti pochi dati riguardanti la sicurezza delle procedure con la RM 7.0T. I primi studi effettuati evidenziano effetti indesiderati (quali ad es. vertigini e nausea) maggiori nei soggetti sottoposti a scansione con la RM 7.0T rispetto a quelli da 1.5T [Theysohn JM, 2008; Möller HE, 2008]. Tuttavia, secondo l'FDA non vi sono particolari rischi per la salute per esposizioni a campi magnetici statici entro gli 8.0T [CDRH, 1997].

Inoltre è da segnalare che secondo la normativa italiana, proprio come per le tecnologie a risonanza magnetica a più basso campo, non possono accedere all'esame i pazienti portatori di pace-maker, di clip metalliche, protesi e le altre categorie di persone per cui esistono controindicazioni all'esposizione al campo magnetico (D.P.R n. 542 dell'8.8.1994).

## Benefici potenziali per i pazienti

La RM 7.0T potrebbe risultare utile nella diagnosi precoce delle malattie neurodegenerative e consentire anche un monitoraggio più accurato delle condizioni del paziente. Tuttavia, allo stato attuale, la tecnologia è ancora in fase sperimentale, e mancano dati di evidenza scientifica a supporto di tali considerazioni.

<input type="checkbox"/> Riduzione della mortalità o aumento della sopravvivenza	<input type="checkbox"/> Riduzione della morbilità	<input type="checkbox"/> Miglioramento della qualità della vita (del paziente o degli utilizzatori)
<input checked="" type="checkbox"/> Monitoraggio più accurato delle condizioni del paziente	<input type="checkbox"/> Altro:	<input type="checkbox"/> Non identificati

## Costo della tecnologia

Gli investimenti per l'acquisizione della RM 7.0T sono ingenti e connessi anche alla costruzione di appositi locali e degli impianti. Anche i costi di esercizio sono considerevoli e riguardano la manutenzione ed il

personale specialistico coinvolto. I produttori generalmente forniscono la tecnologia nell'ambito di accordi e progetti di ricerca specifici; indicativamente gli investimenti ammontano a € 10 Mln in 5 anni.

<input type="checkbox"/> Aumento del costo incrementale unitario rispetto all'alternativa	<input type="checkbox"/> Aumento dei costi legato all'aumento della domanda	<input checked="" type="checkbox"/> Aumento dei costi legato agli investimenti richiesti
<input type="checkbox"/> Nuove voci di costo	<input checked="" type="checkbox"/> Altro: costi relativi a specifici progetti di ricerca	

## Potenziale impatto strutturale ed organizzativo

### Impatto strutturale

L'impatto strutturale della nuova tecnologia è assai rilevante. La complessità della tecnologia è legata alla gestione ed alle problematiche tecniche generate dall'alto campo magnetico, che richiedono ingenti risorse legate ai costi di investimento tecnologico, strutturale e di esercizio. I sistemi RM 7.0T devono essere ospitati in locali appositamente progettati e costruiti per questa tecnologia, in grado di sostenere gli elevati pesi del magnete (circa 35 tonnellate) e delle schermature (circa 30, fino a 450 tonnellate per magneti non schermati ad alta omogeneità) oltre a prevedere opportuni percorsi per la sicurezza di operatori e pazienti, nonché soluzioni impiantistiche per la climatizzazione, l'aerazione, l'evacuazione ed espulsione dei gas criogeni, la rilevazione dell'ossigeno, lo spegnimento del campo magnetico, la canalizzazione dei gas criogeni e l'impianto dei gas medicali.

<input type="checkbox"/> Aumento del numero di attrezzature	<input type="checkbox"/> Utilizzabile sempre	<input checked="" type="checkbox"/> Utilizzabile solo in condizioni specifiche
<input type="checkbox"/> Riduzione del numero di attrezzature	<input type="checkbox"/> Altro:	<input type="checkbox"/> Non identificato

### Impatto organizzativo

Dato che l'utilizzo attuale della RM 7.0T è esclusivamente nel campo della ricerca, è da tenere in considerazione il coinvolgimento di figure professionali nuove e altamente qualificate (ricercatori in ambito clinico, fisico e ingegneristico).

<input type="checkbox"/> Aumento del numero di procedure	<input type="checkbox"/> Necessità di riorganizzazione	<input checked="" type="checkbox"/> Necessità di formazione degli operatori
<input type="checkbox"/> Riduzione del numero di procedure	<input checked="" type="checkbox"/> Altro: Coinvolgimento di nuove figure professionali nello sviluppo e nella gestione della tecnologia.	<input type="checkbox"/> Non identificato

## **Osservazioni conclusive**

La RM 7.0T risulta essere promettente, poiché l'elevato rapporto segnale/rumore associato alle indagini effettuate consentirebbe di svelare dettagli anatomici e funzionali non visualizzabili con gli altri sistemi a più basso campo. Tuttavia, l'evidenza è ancora allo stato embrionale e l'impatto clinico deve essere ancora oggetto di approfondimento e validazione.

Gli studi inclusi, pur essendo comparativi, sono in numero esiguo e sono stati effettuati su popolazioni di pazienti assai limitate e pertanto hanno scarsa rilevanza; è auspicabile quindi, per una valutazione completa della tecnologia, la realizzazione di trial comparativi randomizzati che includano un numero maggiore di pazienti con malattie neurodegenerative.

Inoltre, dovrebbero essere approfonditi gli aspetti relativi alla sicurezza con specifici studi inerenti gli effetti dei campi elettromagnetici su pazienti ed operatori, oltre che provato l'effettivo beneficio per i pazienti in relazione alle opzioni terapeutiche rese disponibili da una diagnosi più precoce e da un più accurato follow-up.

Attualmente, gli ingenti costi della tecnologia e la necessità di disporre di risorse professionali specifiche e altamente qualificate, in grado di gestire una tecnologia sperimentale e in continua evoluzione, giustificano l'utilizzo della RM 7.0T ai soli centri di ricerca e all'interno di specifici progetti.

Per quanto riguarda la pratica clinica italiana, l'introduzione della RM 7.0T risente degli attuali limiti normativi che vietano l'impiego di campi statici superiori a 4T per lo studio dell'encefalo.

## **Prospettive future**

In futuro il perfezionamento dell'hardware e del software, la costruzione di bobine dedicate oltre che per l'encefalo anche per altri distretti anatomici, la costruzione di magneti autoschermati che permetteranno di utilizzare barriere più leggere, potrebbero ridurre i costi di installazione e di esercizio.



**Tabella 1: Descrizione degli studi inclusi - Dati di efficacia e sicurezza riscontrati in letteratura**

Studio	Criteri di inclusione	Pat.	N° (F/M)	Età [anni]	Outcome (inteso come migliore visualizzazione di)	Comparatore	Conclusioni degli autori
Cho ZH, 2010	NR	P	1 (F)	48	"Structures targeted for deep brain stimulation (DBS)"	1.5T e 3.0T	"The technology enables the direct visualization of neural structures, could be a valuable aid in neurosurgical procedures."
Ge Y, 2008	Pazienti con SM remittente	SM	2 (F)	54 e 39	"Microvascular abnormalities"	3.0T	"The technology allows for direct evidence of vascular pathogenesis in MS in vivo, with important implications for monitoring lesion activity and therapeutic response."
Kollia K, 2009	Pazienti con SM	SM	12 (4F/8M)	media 32 (22-47)	"Structural abnormalities within MS lesions"	1.5T	"Better visualization of MS lesions in the gray matter and demonstrated structural abnormalities within the MS lesions themselves more effectively."
Tallantyre EC, 2009	Pazienti con patologia demielinante	SM	7 (4F/3M)	media 37 (24-48)	"Small parenchymal veins"	3.0T	"More detailed structural anatomy of MS lesions, potential discrimination between MS white matter lesions and microangiopathic lesions."
Tallantyre EC, 2010	Pazienti con patologia demielinante	SM	11 (7F/4M)	media 36.6 (24-48)	"Cortical lesions"	3.0T	"Useful for confidently classifying the location of lesions in relation to the cortical/subcortical boundary."

**Legenda:** NR = non riportato; SM = Sclerosi Multipla; MS = Multiple Sclerosis; Pat = Patologia; P = malattia di Parkinson; F = Femmine; M = Maschi.

## Ricerche bibliografiche

Le ricerche sulle banche dati EuroScan e CRD (DARE & HTA), Medline, Cochrane Library ed Embase sono state effettuate il 12 Novembre 2010; l'accesso al sito [www.clinicaltrial.gov](http://www.clinicaltrial.gov) è stato effettuato il 14 Dicembre 2010.

Sono state utilizzate combinazioni delle seguenti parole chiave: *seven-tesla, magnetic resonance, 7 tesla, ultra high field, Parkinson, Alzheimer, Multiple sclerosis, "neurodegenerative"*.

## Bibliografia

- CDRH, Criteria for Significant Risk Investigations of Magnetic Resonance Diagnostic Devices, Guidance for Industry and FDA Staff, 2003,  
[www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/ucm072688.pdf](http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/ucm072688.pdf) (ultimo accesso 29.10.10).
- Cho ZH, Min HK, et al., Direct visualization of deep brain stimulation targets in Parkinson disease with the use of 7-tesla magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 2010; 113:639–647.
- CNESPS - Centro Nazionale di Epidemiologia, Sorveglianza e Promozione della Salute - ISS.  
<http://www.epicentro.iss.it/problemi/demenza/demenza.asp> (ultimo accesso 27.09.10).
- CNESPS - Centro Nazionale di Epidemiologia, Sorveglianza e Promozione della Salute - ISS.  
<http://www.epicentro.iss.it/problemi/sclerosi/epid.asp> (ultimo accesso 27.09.10).
- CNESPS - Centro Nazionale di Epidemiologia, Sorveglianza e Promozione della Salute - ISS.  
<http://www.epicentro.iss.it/problemi/parkinson/epid.asp> (ultimo accesso 27.09.10).
- Dae-Shik K, Garwood, M. High-field magnetic resonance techniques for brain research. *Current Opinion in Neurobiology*. 2003; 13, 612-619.
- Filiano J, Olson AL. *Neurodegenerative Diseases*. Da Osborn LM. *Pediatrics*. Elsevier Health Sciences, 2005.
- Ge Y, Zohrabian VM, Grossman RI. Seven-Tesla magnetic resonance imaging: new vision of microvascular abnormalities in multiple sclerosis. *Arch Neurol*. 2008 Jun;65(6):812-6.
- Jens M. Theysohn, O. Kraff, S et al. The Human Hippocampus at 7 T—In Vivo MRI, *Hippocampus* 2009, 19:1–7.
- Kang CK, Park CA, Kim KN et al. Non-invasive visualization of basilar artery perforators with 7T MR angiography, *J Magn Reson Imaging*, 2010 Sep; 32(3): 544-50.
- Kollia K, Maderwald S, Putzki N et al. First clinical study on ultra-high-field MR imaging in patients with multiple sclerosis: comparison of 1.5T and 7T. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2009 Apr;30(4):699-702.
- Kim D, Garwood M, High-field magnetic resonance techniques for brain research, *Current Opinion in Neurobiology* 2003, 13:612–619
- Mekle R, Mlynárik V, Gambarota G et al. MR spectroscopy of the human brain with enhanced signal intensity at ultrashort echo times on a clinical platform at 3T and 7T, *Magn Reson Med*. 2009 Jun; 61(6):1279-85.
- Möller HE, Von Cramon DY, Survey of risks related to static magnetic fields in ultra high field MRI, *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgebenden Verfahren* 2008 180:4 (293-301)
- NCT00413621, MRI of Alzheimer's Disease Imaging Amyloid Plaques in Persons With and Without Memory Problems. [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov) (ultimo accesso 14.12.2010).
- NCT00321568, Magnetic Resonance Imaging to Detect Brain Damage in Patient With Multiple Sclerosis. [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov) (ultimo accesso 14.12.2010).
- Tedeschi G, Cirillo S, Calatgirone C. *Le neuro immagini delle demenze*. Testo-Atlante. Critical Medicine Publishing Editore. Roma 2005.
- Theysohn JM, Kraff O, Ladd ME, Subjective acceptance of 7 Tesla MRI for human imaging, *Magn Reson*

Mater Phy, 2008; 21:63–72.

Tallantyre EC, Morgan PS, et al., 3 Tesla and 7 Tesla MRI of Multiple Sclerosis Cortical Lesions. Journal of Magnetic resonance imaging 2010; 32:971–977

Tallantyre EC, Morgan PS et al., A comparison of 3T and 7T in the detection of small parenchymal veins within MS lesions. Invest Radiol. 2009 Sep;44(9):491-4.

Wattjes MP, Barkhof F, High field MRI in the diagnosis of multiple sclerosis: high field–high yield?, Neuroradiology 2009; 51:279–292.

## Glossario

**CRD:** Centre for Reviews and Dissemination.

**D.P.R.:** Decreto del Presidente della Repubblica.

**FDA:** Food and Drug Administration.

**Gantry:** spazio del dispositivo in cui viene introdotto il paziente per la scansione e l'esecuzione dell'esame.

**HS:** Horizon Scanning.

**ISS:** Istituto Superiore di Sanità.

**RM 8.0T, 7.0T, 3.0T, 1.5T:** Risonanza Magnetica a 8.0, 7.0, 3.0, 1.5 Tesla.

**RDM:** Repertorio nazionale Dispositivi Medici

(<http://www.salute.gov.it/dispositivi/paginainternasf.jsp?id=499&menu=repertorio>).