

## Ressonància magnètica a l'Hospital Vall d'Hebron: divuit anys d'activitat clínica i de recerca

**Àlex Rovira, Juli Alonso**

Unitat de Ressonància Magnètica (Institut Diagnòstic per la Imatge). Servei de Radiologia. Hospital Vall d'Hebron. Barcelona.

---

### Resum

La ressonància magnètica (RM) és, possiblement, la tècnica d'imatge amb un desenvolupament més ràpid des del seu descobriment fins a l'inici de la seva aplicació en l'àmbit clínic com a eina de diagnòstic i de recerca. Tot i que encara avui està en una fase d'expansió pel que fa al nombre d'aplicacions clíniques, ja ha esdevingut una tècnica imprescindible per a moltes patologies. L'activitat que es realitza a la Unitat de Ressonància Magnètica de l'Hospital Vall d'Hebron és un exemple de les possibilitats que ofereix i de l'evolució que està tenint.

### Introducció històrica de la ressonància magnètica

La ressonància magnètica és una tècnica de diagnòstic que ha suposat un dels avenços més importants tant en el camp de la medicina clínica com experimental. Aquesta tècnica es fonamenta en un fenomen fisicoquímic que es basa en la propietat que presenten alguns nuclis atòmics que sota camps magnètics molt potents són capaços d'absorbir selectivament energia de radiofreqüència. L'alliberament d'aquest excés energètic induïx un senyal elèctric en l'equip de ressonància que, processat de manera adequada, produeix una imatge –imatge per ressonància magnètica (IRM)– o bé un espectre que permet fer una anàlisi metabòlica dels teixits –espectroscòpia per ressonància magnètica (ERM)–. De manera independent, els grups de Felix Bloch i Edward M. Purcell varen descriure, l'any 1946, el fenomen de la ressonància magnètica nuclear i varen ésser guardonats amb el Premi Nobel de Física l'any 1952.

L'aplicació de l'RM a la medicina ha passat per diferents fases, relacionades directament amb els avenços tecnològics desenvolupats al llarg del temps. Una primera etapa, que es podria anomenar “analítica”, es va iniciar amb l'estudi de cèl·lules i teixits. L'any 1971, el grup d'R.V. Damadian va mostrar que es podia discriminar el teixit normal d'un de tumoral en animals d'experimentació. El grup de P. Lauterbur va publicar, l'any 1973, la imatge de tubs amb aigua obtinguda mitjançant un nou mètode basat en l'aplicació de gradients de camp magnètic per codificar el senyal i reconstrucció mitjançant el mètode de retroprojecció filtrada que l'any 1974 li va permetre obtenir una imatge de la cavitat toràctica d'un ratolí. A partir d'aquell moment, els successius avenços es van produir de manera vertiginosa. L'any 1974, Hutchinson i Mallard varen realitzar, a Aberdeen, la primera imatge d'un ratolí viu. Durant l'any 1975, P. Mansfield i A. A. Maudsley varen obtenir la imatge d'un dit. Aquell mateix any, el grup d'R. Ernst va publicar la base de la formació de les imatges actuals. Les primeres tomografies del cervell humà van ser publicades el 1979 per Hawkes. Finalment, l'any 1981 es va instal·lar el primer prototip d'RM per a ús clínic a l'Hospital Hammersmith de Londres.

L'etapa clínica de l'RM es va iniciar tímidament durant la dècada dels 80. A Espanya, el primer equip clínic es va instal·lar l'any 1983, en el Centre Mèdic de Ressonància Magnètica de Barcelona. Va ser a principis dels 90 quan es va produir una autèntica revolució en la utilització de l'RM en el camp del diagnòstic per la imatge, que ja no s'utilitzava simplement com a tècnica complementària a d'altres més establertes (radiologia convencional, tomografia computada (TC), angiografia), sinó com una tècnica de primera elecció en nombrosos processos patològics, essencialment en el camp de les neurociències i de la patologia musculoesquelètica. En reconeixement de l'aportació de l'RM en el camp de la medicina, el Premi Nobel de 2003 es va concedir a P. Lauterbur i P. Mansfield com a representants de la gran quantitat de científics que, a través del seu esforç, han convertit aquesta tècnica en una de les proves diagnòstiques més importants en el camp de la medicina. De fet, un estudi

---

Correspondència: Dr. Àlex Rovira Cañellas  
Unitat de Ressonància Magnètica. Servei de Radiologia  
Hospital Vall d'Hebron  
Passeig de la Vall d'Hebron, 119-129  
08035 Barcelona  
Tel. 93 428 60 34  
Fax 93 428 60 59  
Adreça electrònica: alex.rovira@idi-cat.org

realitzat per Victor R. Fuchs i Harold C. Sox l'any 2001 va mostrar com l'RM, juntament amb la TC, era considerada, entre un ampli grup de líders en el camp de la medicina interna als Estats Units, com la innovació mèdica més important dels darrers 25 anys.

### Progressió exponencial de la ressonància magnètica en medicina

En els darrers anys, l'RM ha experimentat una progressió exponencial, gràcies als nombrosos avenços tecnològics que han permès l'aplicació d'aquesta tècnica a camps clínics i experimentals que abans li estaven pràcticament vedats. Això es deu a la seva capacitat actual, no només d'obtenir imatges estàtiques morfològiques de gran resolució espacial i alt contrast tissular, sinó també a les possibilitats d'obtenir imatges funcionals i dinàmiques. Així es poden obtenir imatges que són sensibles al moviment macroscòpic (imatges angiogràfiques o mesures del líquid cefaloraquídi) o microscòpic (imatges de difusió molecular), sensibles a la direcció de les fibres axonals i que, per tant, ofereixen informació sobre l'estructura i la integritat del teixit cerebral (imatges del tensor de difusió) (Figura 1), i imatges que permeten obtenir informació hemodinàmica (imatges de perfusió). Amb l'RM també és possible obtenir informació sobre metabòlits presents en el teixit i estudiar alguns dels processos metabòlics que tenen lloc mitjançant l'espectroscòpia d'RM. Finalment, les tècniques d'RM funcional permeten identificar zones d'activació cerebral, no només en relació a funcions motores o sensibles (Figura 2) sinó també cognitives, que s'estan fent servir com a eina per al diagnòstic i seguiment de diferents processos neurodegeneratius i psiquiàtrics en els quals aquestes funcions estan alterades. Com a conseqüència, l'RM requereix, cada vegada més, una activitat pluridisciplinària, liderada per radiòlegs, però amb l'estreta col·laboració d'especialitats no mèdiques (bioquímica, física, enginyeria, tractament d'imatges), fet que ha de permetre oferir anàlisis no només qualitatives sinó també quantitatives d'alta complexitat. S'ha entrat, per tant, en una fase que es podria anomenar "funcional", que designa la capacitat d'aquesta tècnica més enllà de la simple informació morfològica.

Els límits de l'RM no es poden preveure, però sembla altament probable que es converteixi en una tècnica essencial no només en el diagnòstic de processos clínicament establerts, sinó també com a eina de cribratge per al diagnòstic en fases subclíniques de diferents processos en subjectes de risc (malalties neurodegeneratives i cardiovasculars, processos neoplàstics) i com un autèntic marcador biològic en el seguiment de diferents malalties, tant dintre de la pròpia història natural com quan aquesta és modificada terapèuticament. En un futur pròxim s'espera el desenvolupament d'equips clínics anomenats "híbrids"

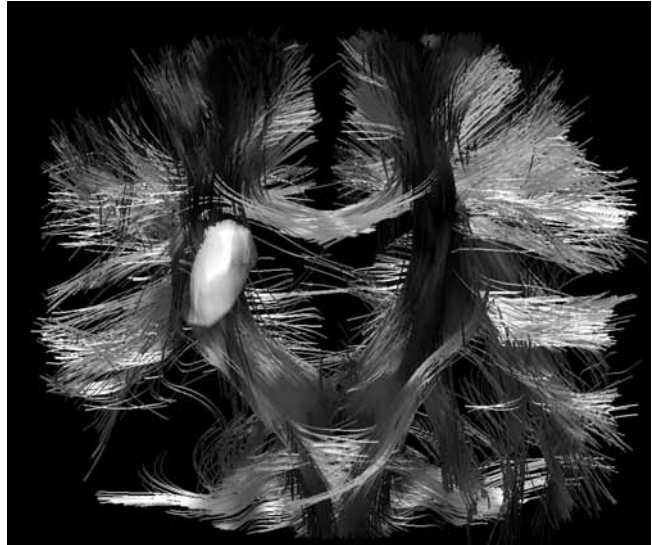


FIGURA 1. Mapa tractogràfic de les fibres de substància blanca cerebral obtingudes mitjançant ressonància magnètica de difusió

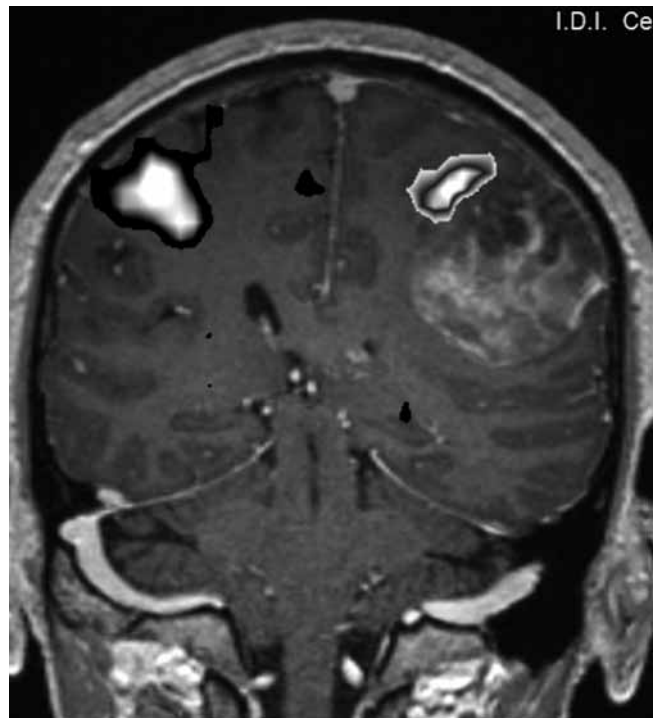


FIGURA 2. Exemple d'activació cerebral de les àrees motores en un pacient amb un glioma frontal esquerre. Aquesta informació és de gran utilitat per a la planificació quirúrgica

que integren la tecnologia de l'RM i de la tomografia per emissió de positrons (PET), que permetran obtenir en un mateix estudi una informació diagnòstica integral (morfològica, funcional, molecular), amb l'extraordinari benefici que això pot representar en el diagnòstic i seguiment de diferents processos, especialment en les àrees d'oncologia i de les neurociències.

## La Unitat de Resonància Magnètica de l'Hospital Vall d'Hebron

L'Hospital Vall d'Hebron és un dels hospitals de referència de Catalunya i, per això, l'any 1991 va ésser l'hospital públic on es va instal·lar la primera unitat d'RM. Davant de l'increment de la demanda, l'any 1993 s'instal·là una segona unitat, posteriorment l'any 2005 una tercera i, finalment, l'any 2009 una quarta. D'aquestes quatre unitats, tres tenen un camp magnètic d'1,5 T i la quarta de 3,0 T; aquesta última té una finalitat no només assistencial, sinó també de recerca.

L'any 2008 la capacitat assistencial de la unitat d'RM va ser de 17.200 exploracions. En considerar l'activitat des de l'any 1991, es pot observar un augment constant del nombre d'exploracions (Figura 3). Malgrat això, la demanda de proves d'RM encara ha estat superior com a conseqüència de l'ampliació de les aplicacions clíniques, especialment en els camps de les neurociències, l'oncologia, la cardiologia, la ginecologia, la urologia, l'hepatologia i la pediatria.

Les previsions de creixement en la demanda de proves diagnòstiques d'RM fins l'any 2016 és del 5% anual, creixement degut, en gran part, a l'augment de la demanda d'estudis vasculars (patologia estenòtica atero-

roscleròtica), cardíacs (avaluació morfològica i funcional, estudis de funció ventricular i de viabilitat miocàrdica) i de mama (cribratge de neoplàsies en subjectes de risc, estudis d'extensió prequirúrgics i seguiment de tumors malignes) (Figura 4). Aquesta previsió d'augment de la demanda implicarà la necessitat de realitzar a mig termini unes 65 exploracions anuals per cada 1.000 habitants, fet que obligarà a incrementar el parc tecnològic d'unitats d'RM per tal de poder atendre la població de referència de l'Hospital Vall d'Hebron.

L'any 2009 s'ha posat en marxa un equip d'RM de 3,0 T (camp magnètic més intens per a ús clínic), que ha suposat un salt qualitatiu molt important tant pel que fa a les prestacions assistencials com per a la recerca. Els principals avantatges que ofereix un equip de 3,0 T deriven de l'increment en la relació senyal/soroll, que alguns treballs xifren en el 40% - 60%. De manera general, es pot dir que les grans beneficiades de treballar amb aquest tipus d'equip són totes les tècniques que presenten una baixa relació senyal/soroll com ara les angiogràfiques, de difusió, de perfusió, funcionals i d'espectroscòpia. D'aquesta relació es pot deduir que és molt ampli el grup de patologies que es poden beneficiar d'un equip d'aquestes característiques que, a més a més, es considera essencial per poder dur a terme estudis d'investigació clínica.

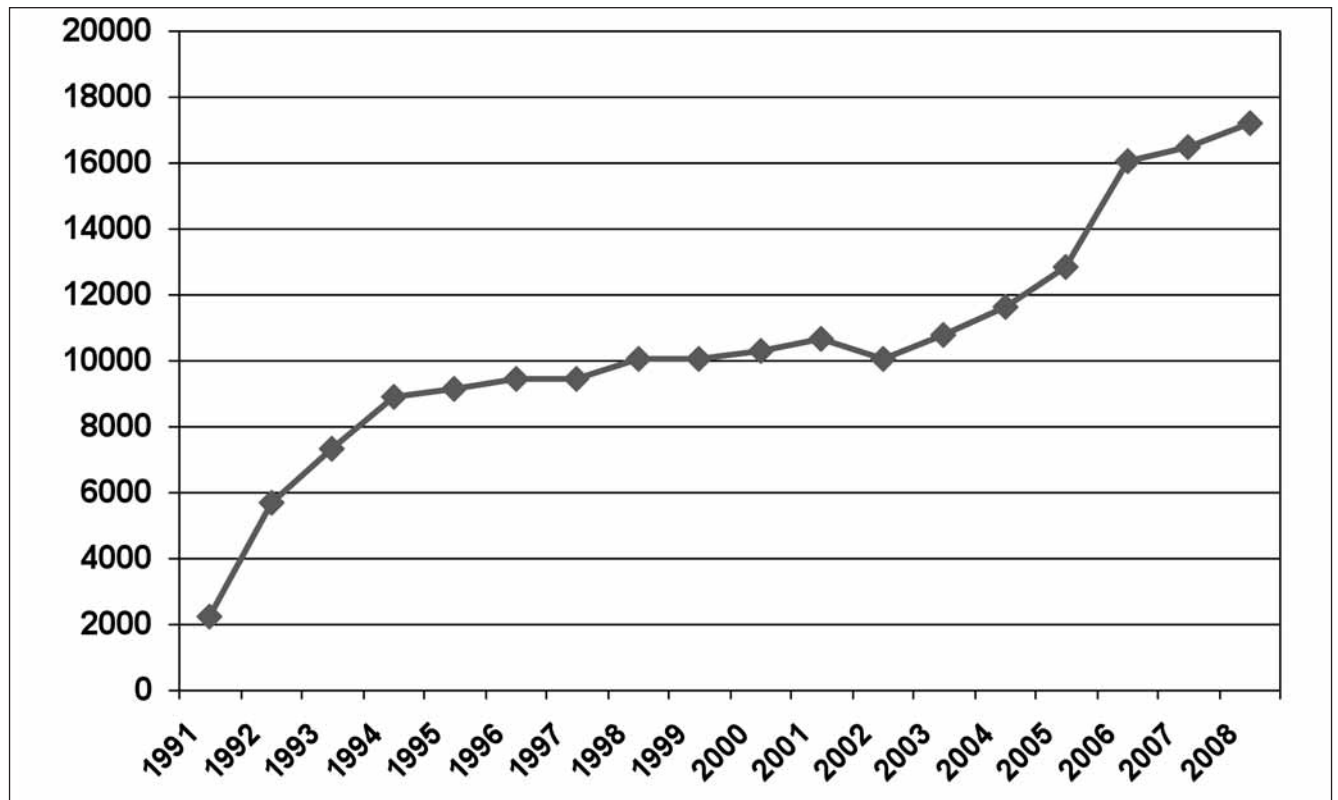


FIGURA 3. Evolució històrica expressada en nombre d'exploracions anuals realitzades a la Unitat de Resonància Magnètica de l'Hospital Vall d'Hebron

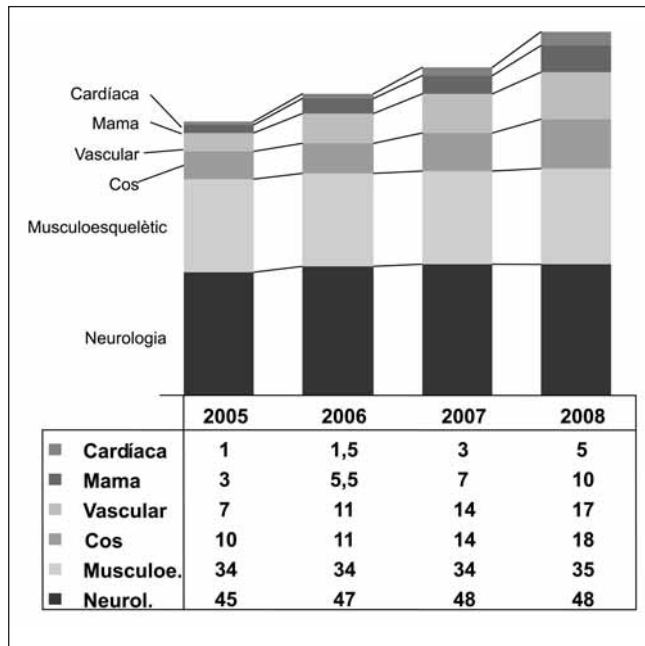


FIGURA 4. Tendència de l'ús de la ressonància magnètica a Europa. Referència: any 2005 (base 100)

## Activitats i contribucions científiques més rellevants de la Unitat d'RM Vall d'Hebron

L'activitat de recerca de la Unitat va començar l'any 1991 amb la creació de la Unitat i s'ha anat incrementant amb el desenvolupament de diferents línies de recerca a mesura que s'establien col·laboracions estables amb grups clínics de l'Hospital, sense les quals hauria estat impossible assolir els resultats aconseguits. Això ha estat possible pel fet que s'ha anat creant un grup multidisciplinari que, a més de radiòlegs, inclou professionals d'altres especialitats (física, enginyeria, química); això ens permet treballar en projectes centrats en l'estudi dels mecanismes fisiopatològics implicats en diferents patologies (esclerosi múltiple, encefalopatia hepàtica, ictus, malalties oncològiques, miopaties) mitjançant l'aplicació de tècniques d'RM i realitzant una anàlisi tant qualitativa com quantitativa, mitjançant tècniques de visió per ordinador.

Entre les aportacions més rellevants de la Unitat d'RM Vall d'Hebron es pot destacar la participació en assaigs clínics com a resultat dels quals s'han introduït nous fàrmacs en el tractament de l'esclerosi múltiple. En el camp del processament d'imatge, destaca el desenvolupament de programari específic per a les necessitats dels projectes que ens permet realitzar anàlisis quantitatives de diferents mesures obtingudes amb RM i facilita l'ús d'aquesta tècnica com un autèntic marcador en el

diagnòstic i seguiment de diferents malalties. A partir dels projectes de recerca en els quals s'ha participat cal destacar les aportacions per posar de relleu el paper de l'edema cerebral en l'encefalopatia hepàtica i el paper de les tècniques avançades d'RM en el diagnòstic i valoració de la resposta al tractament fibrinolític en els casos d'ictus isquèmic agut. Finalment, cal destacar la important contribució del nostre grup, en estreta col·laboració amb la Unitat de Neuroimmunologia de l'Hospital Vall d'Hebron, en la definició de nous criteris diagnòstics de l'esclerosi múltiple basats en l'RM i en la valoració de la resposta clínica als tractaments immunomoduladors d'aquesta malaltia.

Aprofitant l'experiència en la realització d'estudis d'RM i en l'anàlisi quantitativa de les dades, la nostra Unitat actua com a plataforma per al disseny de projectes i l'anàlisi d'imatges.

## Conclusió

L'RM ha estat una de les innovacions mèdiques més importants en els darrers anys que, encara avui, està en constant expansió tecnològica. Aquests avenços provoquen un increment continu en el nombre d'indicacions clíniques i en la seva utilització com a tècnica de recerca que l'està convertint en una eina imprescindible dintre de l'àmbit sanitari. La Unitat de Ressonància Magnètica de l'Hospital Vall d'Hebron és una referència d'aquesta evolució de l'aplicació de tècniques d'RM tant en l'activitat clínica com en la de recerca a partir de l'experiència adquirida al llarg dels anys en estar situada dins un hospital públic de tercer nivell on es desenvolupa una important activitat assistencial i de recerca.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

1. Fuchs VR, Sox HC Jr. Physicians' views of the relative importance of thirty medical innovations. *Health Aff (Millwood)*. 2001;20:30-42.
2. Hartwig V, Giovannetti G, Vanello N, Lombardi M, Landini L, Simi S. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: A review. *Int J Environ Res Public Health*. 2009;6:1778-98.
3. Kim PD, Truwit CL, Hall WA. Three-tesla high-field applications. *Neurosurg Clin N Am*. 2009;20:173-8.
4. Karellas A, Vedantham S. Breast cancer imaging: A perspective for the next decade. *Med Phys*. 2008;35:4878-97.
5. Runge VM. Advances in magnetic resonance. *Invest Radiol*. 2008;43:893-8.
6. Carlsson M, Arheden H, Higgins CB, Saeed M. Magnetic resonance imaging as a potential gold standard for infarct quantification. *J Electrocardiol*. 2008;41:614-20.
7. Lohan DG, Saleh R, Tomasian A, Krishnam M, Finn JP. Current status of 3-T cardiovascular magnetic resonance imaging. *Top Magn Reson Imaging*. 2008;19:3-13.
8. Blamire AM. The technology of MRI- the next 10 years? *Br J Radiol*. 2008;81:601-17.