

IMAGISTICA PRIN REZONANȚĂ MAGNETICĂ NUCLEARĂ

1 APLICAȚII ÎN STUDIUL SCLEROZEI MULTIPLE

Imagistica medicală a înregistrat un progres real odată cu introducerea RMN-ului ca tehnică imagistică de diagnostic.

Principalele caracteristici ale acestei tehnici sunt neinvazivitatea și calitatea marea a imaginii. Scleroza multiplă, boală neurologică demielinizantă, este un exemplu relevant de aplicație a RMN-ului în studiul sistemului nervos central.

2 GENEZA SEMNALULUI RMN

Metoda se bazează pe fenomenul fizic al rezonanței magnetice nucleare.

O imagine obținută traduce în semnale optice intensitatea semnalelor de radiofrecvență (RF) ale unor nuclee atomice din structuri anatomice examinate.

Metoda se bazează pe proprietatea unor nuclee atomice, în special a celor de hidrogen (respectiv protonilor) de a realiza o mișcare de rotație în jurul propriului ax, adică de a avea un moment cinetic propriu, spinul nuclear.

Rotația unei particule încărcate electric, cum este protonul, determină apariția unui câmp magnetic propriu orientat în sens opus câmpului electric.

Această transformă fiecare nucleu într-un dipol magnetic, un magnet microscopic.

3 ETAPELE OBTÎNERII IMAGINII PRIN REZONANȚĂ MAGNETICĂ (IRM)

Obținerea imaginii prin aceste fenomen de rezonanță magnetică cuprinde câteva momente distincte.

În condiții obișnuite, orientarea micromagneților reprezentați de nucleei atomici din structurile anatomice este întâmplătoare. (fig 2a)

Câmpurile magnetice individuale se neutralizează reciproc, astfel că manifestările lor nu sunt decelabile.

TREPTUL GENEZEI SEMNALULUI RMN

Aplicarea unui câmp magnetic exterior foarte puternic produce alinierea lor în direcția acestuia. Un impuls scurt RF determină intrare în rezonanță a nucleilor. După suprimarea impulsului RF, nucleii își continuă oscilația, emițând o undă de radiofrecvență decelabilă. a. Corpul uman este supus unui câmp magnetic exterior foarte puternic, care rămâne constant în timpul investigației și care produce alinierea în aceeași direcție a dipolilor magnetici nucleari. b. Se aplică apoi o undă de radiofrecvență (RF), ceea ce determină rezonanța nucleilor. REZONANȚA este fenomenul de oscilație a unui sistem fizic, determinat de energia primită de la un alt sistem, cu care se află în legătură directă sau prin intermediul undelor și care oscilează cu o frecvență egală (sau apropiată) cu una din frecvențele cu care primul sistem este capabil să oscileze. Cu cât frecvența celui de al doilea sistem (furnizor de energie) este mai apropiată de frecvența posibilă a primului, amplitudinea oscilației actuale devine mai mare.

c. Unda de RF este apoi suprimate. Nucleii continuă să oscileze, emițând o undă de RF, care poate fi detectată ca semnal rezonant magnetic al nucleilor. Recepția semnalului este posibilă prin faptul că unda respectivă induce un curent electric într-o bobină constituită în acest scop. d. Acest semnal este transmis unui computer, care îl transformă, prin prelucrare digitală, în semnale optice elementare (pixeli). Pe calea unei matrice, suma acestor semnale, transcrise într-o anumită ordine, compune imaginea sintetică finală. e. Valoarea sau intensitatea pixelului (adică treapta de gri atribuită pe scara de nuanțe între alb și negru) este proporțională cu intensitatea semnalului ce provine din nucleii rezonanți aparținând unui volum bine determinat, voxelul. În afara densității protonilor în voxelul respectiv, această valoare mai depinde de doi determinanți temporali, etichetați T1 și T2.

DIFERENȚĂ FAȚĂ DE ALTE PROCEDURI IMAGISTICE

1. Structurile examinate interacționează cu un factor fizic exterior (radiația X, ultrasunetele), atenuându-l sau reflectându-l, în IRM structurile sunt stimulate pentru a produce ele însele semnale utilizabile în producerea unei imagini.

2. Formarea imaginii implică participarea nucleilor atomici din mediul investigat și nu a straturilor electronice ale atomilor (ca în cazul tehnicii radio-diagnostic).

3. Ca și ultrasonografia, IRM recurge la un factor fizic neionizant, lipsit de nocivitate, aparținând metodelor de exploarare neinvazive.

TIMPII FIZICI DE RELAXARE (T1 și T2) - a. Revenirea nucleilor oscilanți la poziția lor inițială

Durata semnalului RMN, este impusă de două procese fizice, care acționează în sens limitativ :

a. Revenirea nucleilor oscilanți la poziția lor inițială ;

aceasta se însoțește de scăderea exponențială în timp a amplitudinii semnalului ; are ca substrat transferul de energie de la nucleii în precesie către moleculele mari ale vecinătății ; aceste molecule formează în jurul nucleilor rezonanți o veritabilă rețea, căreia îi este cedată energia dobândită de nucleii respectivi prin pulsul RF. Durata semnalului restrânsă prin interacția nucleilor rezonanți (posesori de spin) cu rețeaua structurilor moleculare înconjurătoare este denumită timp de relaxare spin-rețea sau constantă de scădere exponențială

T1. Un alt termen folosit în exprimarea acestui timp este timpul de relaxare longitudinală .

SUBSTRATUL BIOLOGIC AL TIMPILOR DE RELAXARE

Semnalele provin de la protonii corpului uman examinat; însă nu toți participă la producerea lor ; Nucleii implicați în apariția semnalelor sunt din apa celulară, care constituie cea mai mare proporție a protonilor din corpul uman și din lipide . Este de așteptat ca starea apei tisulare să determine, pe lângă intensitatea semnalelor respective și valorile T1 și T2 . Se acceptă așa-numitul concept al apei libere și legate care poate constitui o explicație satisfăcătoare pentru T1. În celule și țesuturi, o proporție din apă este legată la suprafața proteinelor ; mișcarea de precesie a nucleilor de hidrogen va fi rapid încetinită datorită vecinătății moleculelor mari, ceea ce va avea ca rezultat un T1 scurt

PRODUCEREA IMAGINII

Imaginea RMN rezultă prin alăturarea unui număr variabil de pixeli, a căror valoare este determinată de amplitudinea fiecăruia din semnalele cu originea într-o unitate de volum. Aceste volume elementare se găsesc dispuse într-un plan de secțiune prin corpul uman, astfel încât, ca și în cazul CT, imaginea RMN este de fapt o imagine tomografică realizată în planul respectiv . Pentru ca ea să capete semnificația dorită, nu este suficient ca semnalele RMN provenite din fiecare volum elementar examinat să fie recepționate ; aceste semnale trebuie să cuprindă și informații cu privire la poziția exactă în spațiu a volumelor respective . Poziția pixelilor în matrice trebuie să realizeze în ansamblu o veritabilă hartă a secțiunii anatomice . Acest deziderat creează în cazul IRM probleme tehnice complexe

GRADIENȚII MAGNETICI (2.1 poză)

Aceste câmpuri poartă denumirea de gradienti magnetici și se aplică pe una din coordonatele spațiale x, y sau z, de unde și denumirea de câmpuri de gradient liniar.

EXCITAȚIA SELECTIVĂ

Corpul uman este plasat în câmpul magnetic exterior foarte puternic.

Pentru obținerea excitației selective se aplică în aceeași direcție spațială un câmp-gradient mult mai slab, care variază de-a lungul pacientului, astfel încât este mai redus la extremitatea lui superioară și mai intens la cea inferioară. Rezultă un câmp magnetic total, care crește și el în același sens.

Tehnica excitației selective este aplicată pentru a alege planul ce va fi reprezentat în imagine. Poate fi aleasă o secțiune tomografică sagitală, utilizând un gradient dispus transversal, sau una frontală, cu un gradient orientat antero-posterior.

ECHIPAMENTUL IRM (fig 3)

3.1 Magnetul

Este piesa centrală a instalației IRM ; el trebuie să producă un câmp magnetic extern, cât mai uniform, evitând pe cât posibil variațiile.

IRM realizează un foarte bun contrast între substanța albă și cea cenușie, imposibil de obținut prin altă metodă imagistică, ceea ce permite sesizarea

unor procese patologice subtile, ce se produc la interfața acestora, de exemplu anomaliile de mielinizare ale copilului, scleroza multiplă și alte afecțiuni demielinizante. De asemenea, alte procese patologice pot fi reprezentate în imagine, precum edemul, infarctul, hemoragiile cerebrale. În cazul unor tumori cerebrale, diferențele între timpii de relaxare pe care le creează anumite variații histologice (astrocitomul, meningiomul, metastazele) pot fi sugestive pentru natura acestora.

INVESTIGAREA CREIERULUI ȘI STRUCTURILOR NERVOASE

Scleroza multiplă (SM) este o entitate patologică neurologică invalidantă, frecventă în țările europene cu climă temperată. SM este o afecțiune inflamatorie ce implică sistemul imunitar, cu etiologie probabil virală, asociată unei susceptibilități genetice individuale. Nu s-a descoperit încă un agent responsabil, nu s-a nominalizat un factor ereditar implicat, deși s-au efectuat numeroase studii genetice.