

MODERN
RADIOLOGY
eBook

Imagistica prin rezonanță magnetică

ESRIF EUROPEAN SOCIETY
OF RADIOLOGY



/ Prefață

Radiologia Modernă este o resursă educațională gratuită pentru radiologie, publicată online de Societatea Europeană de Radiologie (ESR). Titlul acestei a doua versiuni, revizuite și actualizate, reflectă noul concept didactic propus de eBook-ul ESR, caracterizat printr-o combinație originală de text, imagini și scheme, prezentate sub forma unor pagini concise. Acestea sunt completate de cazuri clinice imagistice, secțiuni de tip întrebare-răspuns și hyperlinkuri care permit navigarea rapidă între diferitele secțiuni ale capitolelor organizate atât pe organe, cât și pe teme tehnice, precum și între rezumate și bibliografie.

Capitolele sale sunt bazate pe contribuțiile a peste 100 de experți europeni recunoscuți, referindu-se atât la subiecte tehnice generale, cât și la cele clinice specifice imagisticii organelor. Noul aspect grafic, care îl prezintă pe Asclepios cu ochelari la modă, simbolizează combinația dintre învățământul medical clasic și educația contemporană.

Deși versiunea inițială a eBook-ului ESR a fost creată pentru a oferi cunoștințe de bază studenților la medicină și cadrelor didactice, aceasta și-a extins treptat sfera pentru a include cunoștințe mai avansate pentru cititorii care doresc să aprofundeze subiectele.

Ca rezultat, Radiologia Modernă acoperă și subiecte din nivelurile postuniversitare ale Curriculumului European de Formare în Radiologie, adresându-se astfel nevoilor educaționale postuniversitare ale rezidenților. În plus, reflectă feedback-ul din partea profesioniștilor medicali din întreaga lume care doresc să își actualizeze cunoștințele în domenii specifice ale imagisticii medicale și care au apreciat deja profunzimea și claritatea eBook-ului ESR, atât la nivel educațional de bază, cât și la nivel mai avansat.

Doresc să îmi exprim mulțumirile sincere tuturor autorilor care și-au dedicat timpul și expertiza acestui demers voluntar și nonprofit, precum și lui Carlo Catalano, Andrea Laghi și András Palkó, care au avut ideea inițială de a crea un eBook ESR, și, în final, Biroului ESR pentru sprijinul lor tehnic și administrativ.

Radiologia Modernă întruchipează un spirit de colaborare și un angajament neîncetat față de această disciplină medicală fascinantă, indispensabilă îngrijirii moderne a pacienților. Sper ca acest instrument educațional să încurajeze curiozitatea și gândirea critică, contribuind la aprecierea artei și științei radiologiei în întreaga Europă și dincolo de ea.

Minerva Becker, Editor

Profesor la disciplina Radiologie, Universitatea din Geneva, Elveția

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Drepturi de autor și termeni de utilizare

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

Această lucrare este licențiată sub licența Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Sunteți liber să:

Partajare - copierea și redistribuirea materialului în orice mediu sau format

În următoarele condiții:

/ **ATRIBUIRE** – Trebuie să acordați creditul corespunzător, să furnizați un link către licență și să indicați dacă au fost efectuate modificări. Puteți face acest lucru în orice mod rezonabil, dar nu în vreun mod care să sugereze că licențiatorul vă aprobă pe dumneavoastră sau utilizarea dumneavoastră.

/ **NONCOMERCIAL** – Nu puteți utiliza materialul în scopuri comerciale.

/ **NONDERIVATE** – Dacă remixați, transformați sau construiți pe baza materialului, nu aveți voie să distribuiți materialul modificat.

Cum se citează această lucrare:

European Society of Radiology,
Bénédicte MA Delattre, Andrea Laghi,
András Kincses, Minerva Becker (2025)
ESR Modern Radiology eBook:

/ Imagistica prin rezonanță magnetică.
DOI 10.26044/esr-modern-radiology-05

/ Symbolistică

<=> CUNOȘTINȚE DE BAZĂ

<!=> ATENȚIE

<↑> HIPERLINK-URI

>=< CUNOȘTINȚE SUPLIMENTARE

>|< COMPARAȚII

<∞> REFERINȚE

<?> ÎNTREBĂRI

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

Imagistica prin rezonanță magnetică

AUTOR

Bénédicte MA Delattre¹ | Andrea Laghi² | András Kincses^{3,4} | Minerva Becker¹

AFILIERE

- ¹⁾ Division of Radiology, Diagnostic Department,
Geneva University Hospitals, Geneva University, Geneva, Switzerland
- ²⁾ Sapienza University, Rome, Italy
- ³⁾ Department of Radiology, Albert Szent-Györgyi Faculty of Medicine and Clinical Center,
University of Szeged, Szeged, Hungary
- ⁴⁾ Institute of Biophysics, HUN-REN Biological Research Centre, Szeged, Hungary

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

<↑> HYPERLINK-URI

benedicte.delattre@hug.ch

andrea.laghi@uniroma1.it

kincses.andras@szte.hu

minerva.becker@hug.ch

/ Recunoaștere pentru traducere

Aceasta este o traducere a capitolului douăzeci din **Modern Radiology eBook**.

ORIGINAL TITLE:

Magnetic Resonance Imaging

TRADUS DE:

Medic rezident, Asistent universitar Laura Maria Georgescu, Spitalul Universitar de Urgență București

COORDONAT DE:

Prof. Univ. Ioana Andreea Gheonea, Departament de Radiologie și Imagistică Medicală,
Universitatea de Medicină și Farmacie Craiova

Prof. Univ. Gheorghe Iana, Departament de Radiologie și Imagistică Medicală,
Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila, București

Asist. Univ. Cristina Mihaela Ciofiac, Departament de Radiologie și Imagistică Medicală,
Universitatea de Medicină și Farmacie Craiova

APROBAT DE:

Societatea de Radiologie și Imagistica Medicală din România

NOTĂ DIN PARTEA COORDONATORILOR:

Această inițiativă reprezintă o dovadă a atașamentului față de limba maternă și a voinței de a o valorifica în dezvoltarea educației radiologiei din România.

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

<↑> HYPERLINK-URI

laura.georgescu0212@gmail.com

/ Schiță de capitol

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Sistem IRM

- / Noțiuni de bază
- / Restricții de siguranță și de acces
- / Componentele sistemului IRM

/ Principiul IRM

- / Producția de semnal
- / Relaxarea
- / Recepția semnalului
- / Codificarea spațială - Direcția Z
- / Codificarea spațială - Direcțiile X și Y
- / Relația dintre semnal și imagine
- / Gradiente și zgomote IRM

/ Secvența Spin Echo

- / Ce este un Echo?
- / Importanța TE și TR pentru contrast?
- / Secvențe IRM: De ce sunt atât de lungi?

/ Secvența eco de gradient

/ Alte secvențe IRM

- / Recuperarea prin inversiune (IR)
- / Imagistica de difuzie (DWI)
- / Imagistica tensorului de difuzie (DTI)
- / Timp de zbor (ToF)
- / IRM funcțional (fMRI)
- / Spectroscopie
- / Imagistica de perfuzie (PI)

/ Agenți de contrast în IRM

- / Perfusion Imaging (PI)

/ Artefacte în IRM

/ Avantajele și dezavantajele IRM

/ Mesaje de luat acasă

/ Referințe

/ Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Sistem IRM

/ Noțiuni de bază

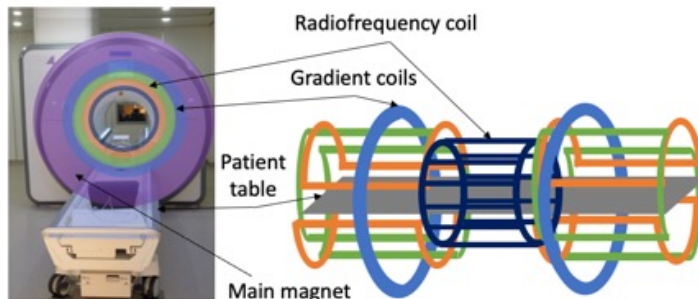
IRM-ul este o tehnică sofisticată și neinvazivă care utilizează câmpuri magnetice puternice pentru a obține imagini ale corpului uman.

Un scanner IRM este compus din 3 părți principale:

- / **Magnet principal:** pentru a produce câmpul magnetic static principal (B_0).
- / **Bobine de gradient:** pentru a produce variații deliberate în B_0 .
- / **Bobine de radiofrecvență (RF):** care acționează ca antenele sistemului IRM: transmit câmpul de radiofrecvență și recepționează semnalul rezultat.

Magnet principal

Magnetul supraconductor (supraconductor = fără rezistență la electricitate) produce un câmp magnetic de mare intensitate numit " B_0 ". Magnetul este răcit cu heliu lichid (și azot lichid). Acesta este utilizat pentru a genera o magnetizare netă a țesutului din interiorul alezajului. Dimensiunea alezajului este de 60-70 cm în diametru.



Ordinul de mărime pentru intensitățile câmpului magnetic:

- / Câmpul magnetic al Pământului la latitudinea 0°: 31 μ T
- / Magnet de frigider : 5 mT
- / Magnet de fier vechi: 1T
- / IRM medical: cel mai adesea 1.5T și 3.0T, rareori 7.0T

>=< CUNOȘTINȚE SUPLIMENTARE

Un curent electric constant într-un fir generează un câmp magnetic static (legea Biot-Savart). Intensitatea câmpului magnetic este proporțională cu curentul electric.

<!=> ATENȚIE

Contraindicații sau restricții pentru IRM:

- / Claustrofobie
- / Metal feromagnetic în organism
- / Unele stimulatoare cardiace, implanturi electronice,...

/ Imagistica prin **RM****SCHIȚĂ DE CAPITOL:****Sistem IRM**

/ Noțiuni de bază

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

/ Noțiuni de bază

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

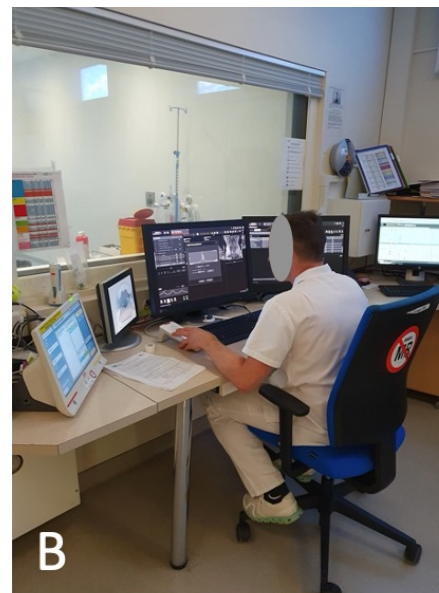
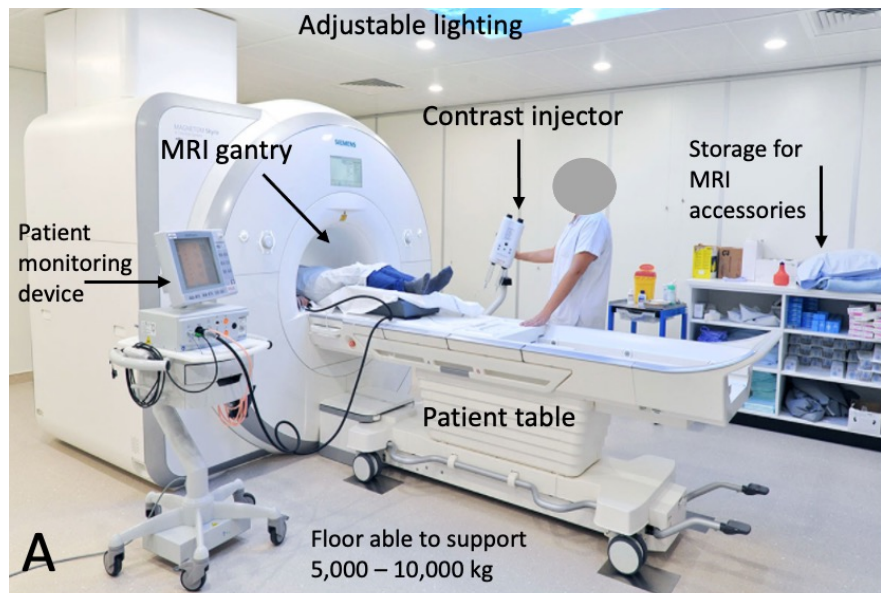
Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele



Pereții camerei magnetului IRM (A) au straturi care îndeplinesc diferite funcții: ecranare magnetică pentru a limita câmpul magnetic staționar, ecranare RF pentru a împiedica zgomotul electromagnetic să intre sau să iasă din camera magnetului și ecranare acustică pentru a restricționa transmiterea zgomotului dincolo de camera magnetului. Camera de control (B) este situată imediat în afara camerei magnetice. Aceasta conține consola operatorului, echipamente informatice, dispozitive de comunicare, monitoare (ECG și O₂).

/ Restricții de siguranță și de acces

- / Magnetul este întotdeauna ACTIVAT!
- / Câmpul magnetic principal B_0 este întotdeauna activ. Nu vă apropiați niciodată de câmp cu un obiect **feromagnetic***.
- / Forța de atracție va trage obiectul prin magnetul principal cu o forță **incontrolabilă**: efect de proiectil sau efect de rachetă.
- / **Incidentele din trecut, din păcate, au ucis oameni!**
- / Așa se explică de ce regulile de siguranță în jurul IRM-ului sunt foarte stricte!
- / Pacienții care se supun examenelor IRM trebuie să îndepărteze toate obiectele metalice. Unele departamente de radiologie utilizează dispozitive de detecție feromagnetică.



Accident IRM pe un sistem IRM de 1,5T. O mașină de lustruit podele a fost atrasă de câmpul magnetic. Acesta a putut fi îndepărtat doar prin reducerea câmpului magnetic. Este prezentată partea din spate (capătul din față) a IRM-ului. Reproducerea din:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MRI_accident_on_a_1.5_Tesla_MR_system.jpg

* Obiectele feromagnetice conțin:

- / Fier, cobalt, nichel
- / Aliaje ale acestor componente

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

- / Restricții de siguranță și de acces

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Componente

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

/ Componente

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

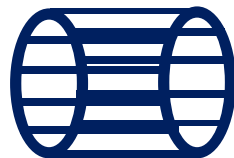
Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

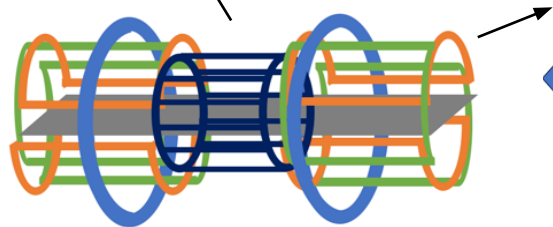
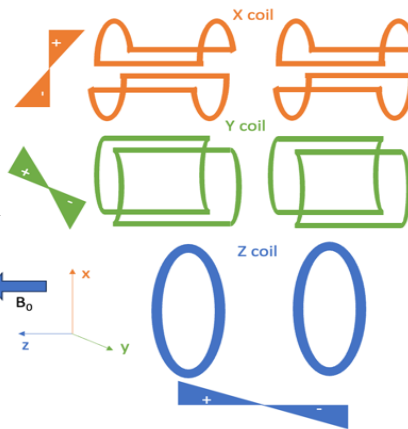


Bobină de radiofrecvență

Produce, de asemenea, un câmp magnetic variabil care este folosit pentru a înclina magnetizarea netă perpendicular pe câmpul magnetic principal B_0 .

Bobine de gradient

Produce câmpuri magnetice variabile în 3 direcții spațiale (x, y, z). Folosit pentru codificarea spațială a semnalului IRM.



Vom vedea în paginile următoare cum contribuie fiecare dintre aceste părți la producerea de imagini →



/ Principiul IRM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

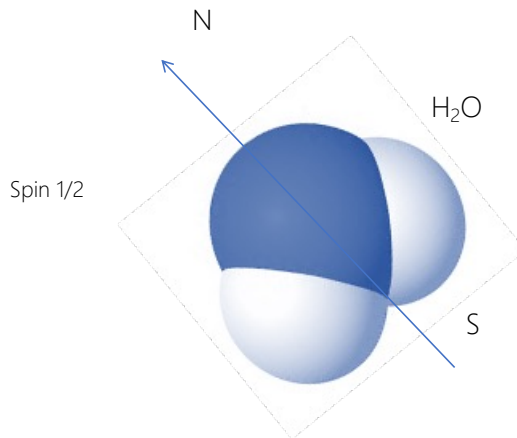
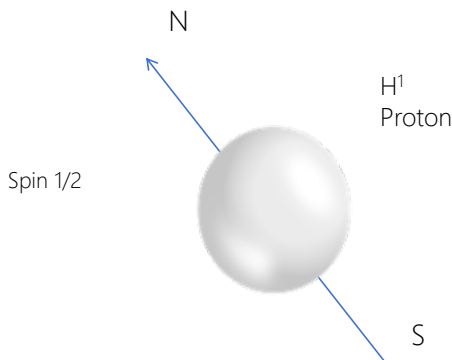
/ Principiul IRM

Nucleul unui atom este alcătuit din protoni (sarcină pozitivă) și neutroni (fără sarcină) care se rotesc în jurul propriei axe. Electronii (sarcină negativă) se învârt în jurul nucleului și se rotesc, de asemenea, în jurul propriei axe.

Rotația tuturor acestor particule produce un moment unghiular de rotație, care se numește **spin**. Un spin este o proprietate fundamentală a atomilor, ca și masa sau sarcina electrică. Spinul apare în multipli de $\frac{1}{2}$.

Deoarece protonul are o sarcină pozitivă și se rotește continuu, el creează un mic câmp magnetic, numit **moment magnetic** (adică se comportă ca un mic magnet cu un pol nord și un pol sud).

- / Există o abundență naturală de H₂O în țesuturile biologice și, prin urmare, o abundență de H¹.
- / H¹ **se găsește** în principal în apa din corpul uman.
- / Compoziția corpului uman → ~ 60% - 70% apă (2 H¹).
- / H¹ are un moment magnetic **mare**.
- / Proprietatea magnetică a H¹ este utilizată în principal pentru a obține imagini ale distribuției apei în țesuturile din organism prin IRM.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

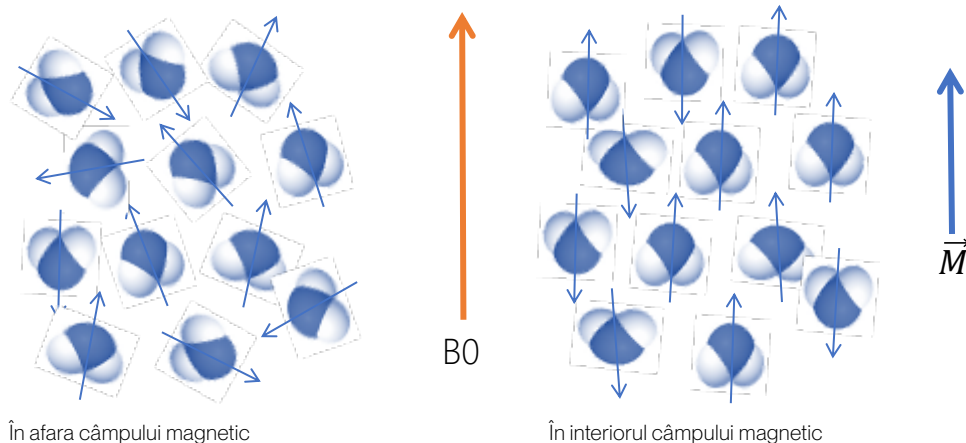
Testează-ți cunoștințele

/ Principiul IRM

Atunci când țesutul biologic este plasat într-un câmp magnetic puternic, se creează un **vector net de magnetizare**. Pentru a explica în mod eficient acest fenomen, este necesară mecanica cuantică, care depășește scopul acestui capitol.

Acest efect se aplică la atomii cu **proprietăți specifice de moment magnetic**, adică nucleul cu număr cuantic de spin = $\frac{1}{2}$: H^1 / C^{13} / N^{15} / O^{17} / Na^{23} / ...

Alinierea **paralelă $\uparrow$ sau antiparalelă $\downarrow$** la câmpul magnetic corespunde la două stări energetice diferite. Majoritatea protonilor se aliniază paralel cu B_0 , deoarece acest lucru necesită mai puțină energie decât alinierea antiparalelă. Magnetizarea netă este creată de $\vec{M}$ fracțiunea de spin în exces în una dintre stările energetice:



EXEMPLU :
fracție în exces
@ 3T -10 pe 10^6 !

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL :

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

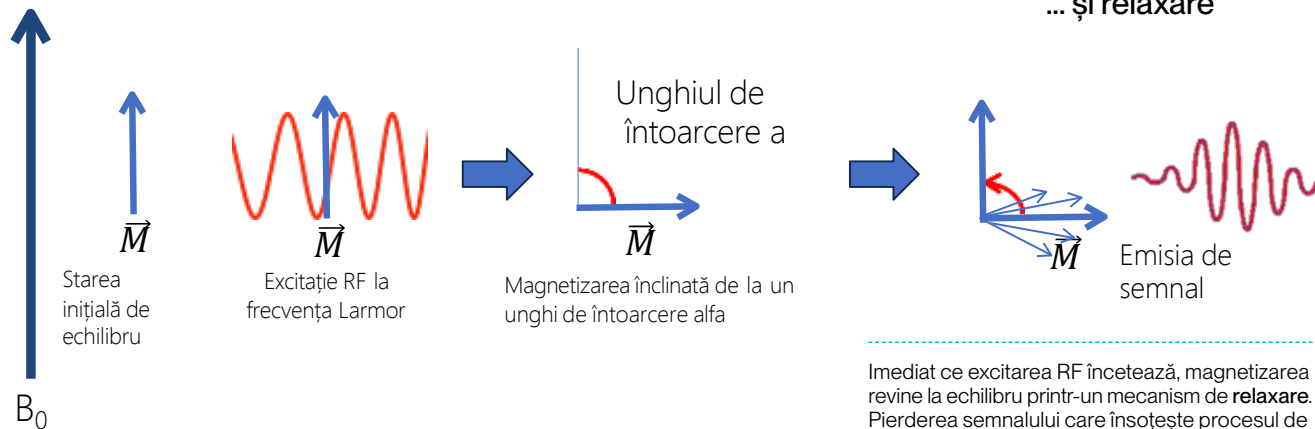
Testează-ți cunoștințele

/ Producția de semnal

Excitare ...

- / Pentru a crea un semnal din țesut, se folosește o undă de radiofrecvență (RF). Acesta este acordat la frecvența de rezonanță a spinilor numită "frecvența Larmor"
f, definită prin:
 $f = \gamma B_0$

- / Unde γ este raportul giroscopic ($\gamma = 42.58 \text{ MHz/T}$) și B_0 intensitatea câmpului magnetic.
- / La 1.5T, $f = 64 \text{ MHz}$
- / La 3T, $f = 128 \text{ MHz}$



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Producția de semnal

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

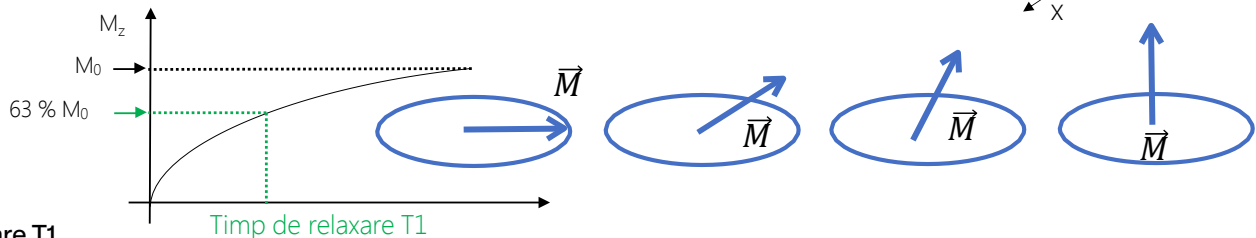
Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

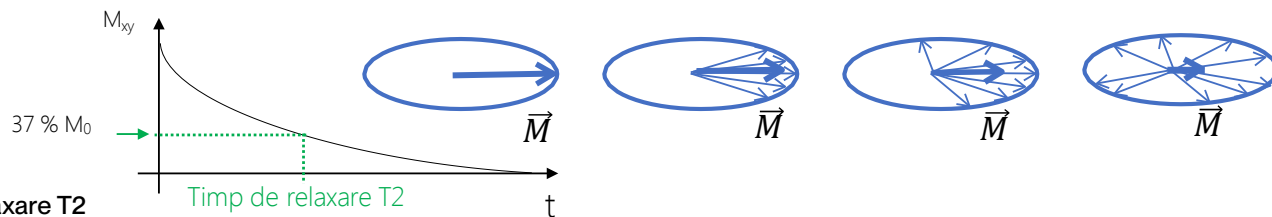
/ Relaxare

Relaxarea se produce prin două procese simultane, dar distincte.



Relaxare T1

Energia de spin este dispersată în mediul său (în principal nucleul și alți atomi), iar magnetizarea își recuperează starea inițială de-a lungul lui B_0 (magnetizare longitudinală). Mecanismul prin care M_z se relaxează exponențial de la o stare de energie superioară la echilibrul termodinamic se mai numește și **relaxare de spin-rețea**.



Relaxare T2

Magnetizarea răsturnată în planul transversal este redusă datorită defazării spinului. Coerența de fază se pierde, reducând magnetizarea netă în planul x-y (în timp ce magnetizarea netă crește din nou în direcția z prin relaxarea T1!). Mecanismul prin care M_{xy} scade exponențial spre valoarea sa de echilibru se mai numește și **relaxare spin-spin**.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Relaxare

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Relaxare

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

Mai jos câteva exemple de valori de relaxare T1 și T2 la 1,5T

TISSUE TYPE	APPROXIMATE T1 VALUE IN MS	APPROXIMATE T2 VALUE IN MS
Adipose tissues	240-250	60-80
Whole blood (deoxygenated)	1350	50
Whole blood (oxygenated)	1350	200
Cerebrospinal fluid (similar to pure water)	4200-4500	2100-2300
Gray matter of cerebrum	920	100
White matter of cerebrum	780	90
Liver	490	40
Kidneys	650	60-75
Muscles	860-900	50

De la: [https://en.wikipedia.org/wiki/Relaxation_\(NMR\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Relaxation_(NMR))

<=> ATENȚIE

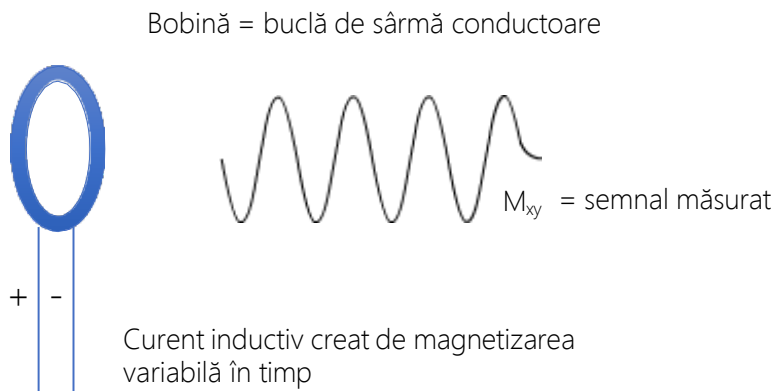
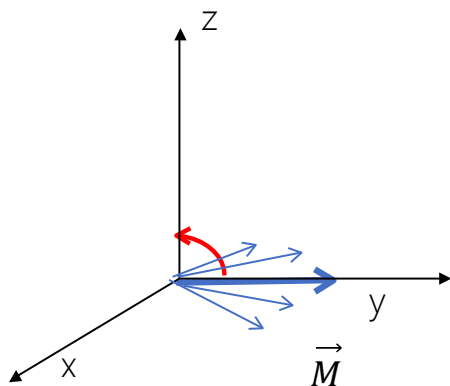
T1 este constanta de timp pentru regenerarea lui M_z (magnetizare longitudinală).

T2 este constanta de timp pentru defazarea lui $M_{x,y}$ (magnetizare transversală)

Timpii de relaxare T1 și T2 depind de mediu, sunt caracteristici pentru diferite țesuturi!

/ Recepția semnalului

Semnalul periodic care însoțește relaxarea magnetizării nete excitate poate fi înregistrat de o bobină.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Recepția semnalului

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

Pentru fiecare aplicație se folosesc bobine dedicate:

Bobinele de recepție moderne conțin mai multe bobine mici (numite și canale), fiecare dintre ele recepționând semnalul emis. Astfel de configurații ajută la obținerea unui raport semnal/zgomot ridicat, precum și la o acoperire mare a anatomiei care urmează să fie investigată.

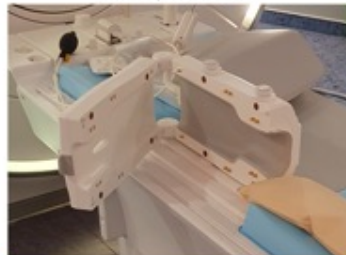
Head coil (32 channels)



Spine coil (usually included in the patient table)



Hand/wrist coil



Foot/ankle coil



Shoulder coil (16 channels)



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Recepția semnalului

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Codificare spațială – Direcția Z

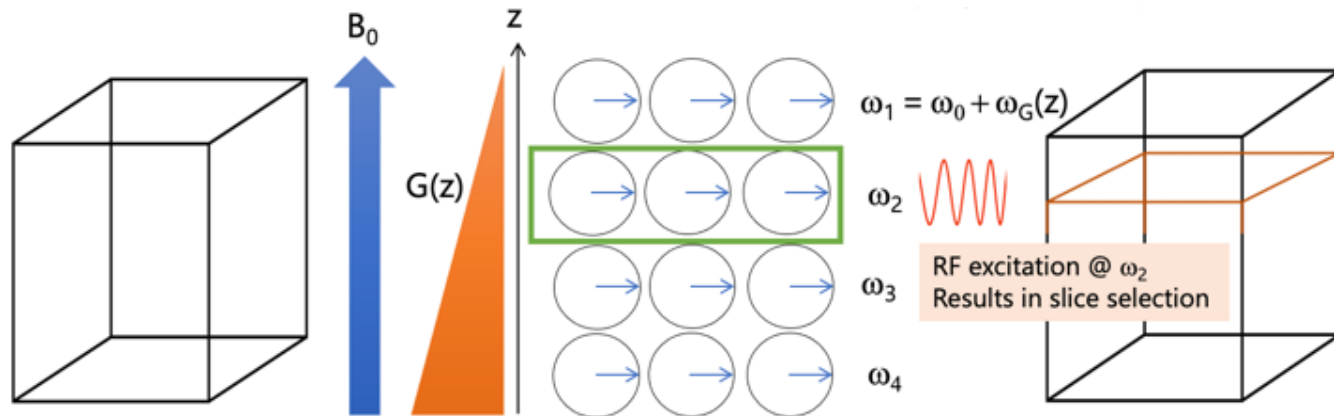
- / În această etapă, semnalul este furnizat de întregul volum de țesut excitat de bobina RF.
- / Bobinele de gradient sunt folosite pentru a adăuga o anumită codificare spațială la semnal !
- / Rețineți: sistemul este compus din 3 bobine de gradient, câte una pentru fiecare dimensiune geometrică (x, y, z).
- / Cum funcționează?

Exemplu cu codificare pe felii

Volumul excitat de RF acordat la ω_0 (fără gradient).

Adăugarea câmpului magnetic care variază în direcția z cu gradientul z.

Pentru a selecta spațial semnalul provenit de la o felie, acordăm frecvența RF la frecvența modificată corespunzătoare, aici ω_2 de exemplu.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Codificare spațială – Direcția Z

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

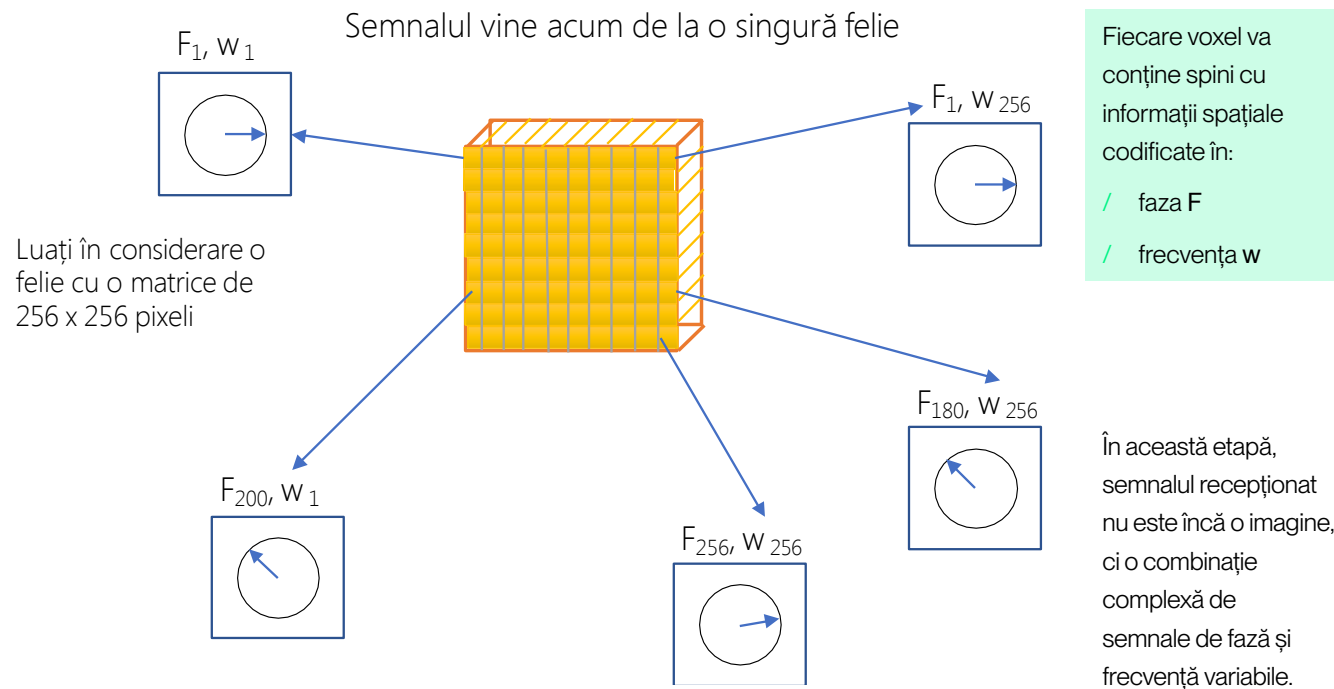
Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

Pentru a adăuga informații spațiale pe celelalte două dimensiuni, se utilizează, de asemenea, gradientii x și y la anumite momente înainte și în timpul recepției semnalului. Acestea

sunt utilizate pentru a adăuga **defazare variabilă în spațiu** (în așa-numita **direcție de codificare a fazei**) și frecvență variabilă în spațiu (în așa-numita **direcție de frecvență**).



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Codificare spațială – Direcțiile X și Y

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Relația dintre semnal și imagine

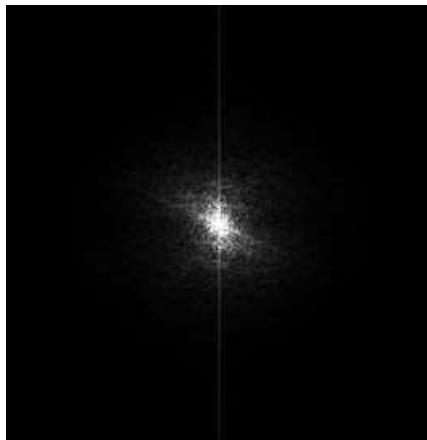
Semnalul măsurat se află în spațiul de frecvență, așa-numitul "spațiu k". "k" reprezintă un număr care păstrează informațiile de codificare spațială a gradientului. Acest "spațiu k" poate fi transpus în imaginea finală cu ajutorul **transformării Fourier**.

<=> ATENȚIE

REȚINEȚI:

Până acum am măsurat magnetizarea spinilor cu gradienti suplimentari variabili, pentru a crea informații conținute în spațiul de frecvență (spațiul k). Imaginea va fi creată prin transformarea Fourier a acestui spațiu k.

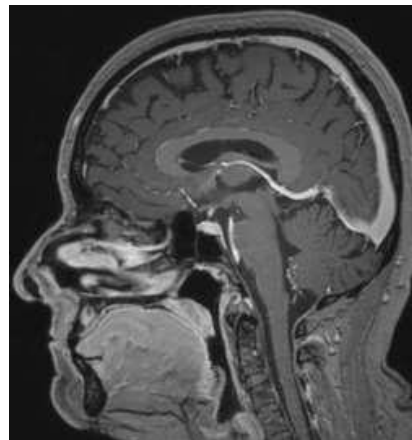
K-spațială



Transformată
Fourier



Imagine



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Relația dintre
Semnal și imagine

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Gradiențe și zgomot IRM

Bobinele de gradient utilizate pentru a adăuga informații spațiale la semnal produc câmpuri magnetice variabile în timpul achiziției imaginii. Aceste variații fac ca bobinele de gradient să vibreze. Aceasta este originea zgomotului puternic care se aude în timpul achiziției de imagini prin IRM.



Ilustrație din: <https://pixabay.com/de/photos/mann-arbeiter-presslufthammer-785548/>

<=> ATENȚIE

Pacientul trebuie să poarte protecție auditivă în timpul examinării!



140 dB	= Avion care decolează
130 dB	= IRM
110 dB	= concert sau club de noapte
95 dB	= cantină școlară
85 dB	= mașină de tuns iarba
80 dB	= mașină
60 dB	= conversație



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

/ Gradiențe și
Zgomotul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

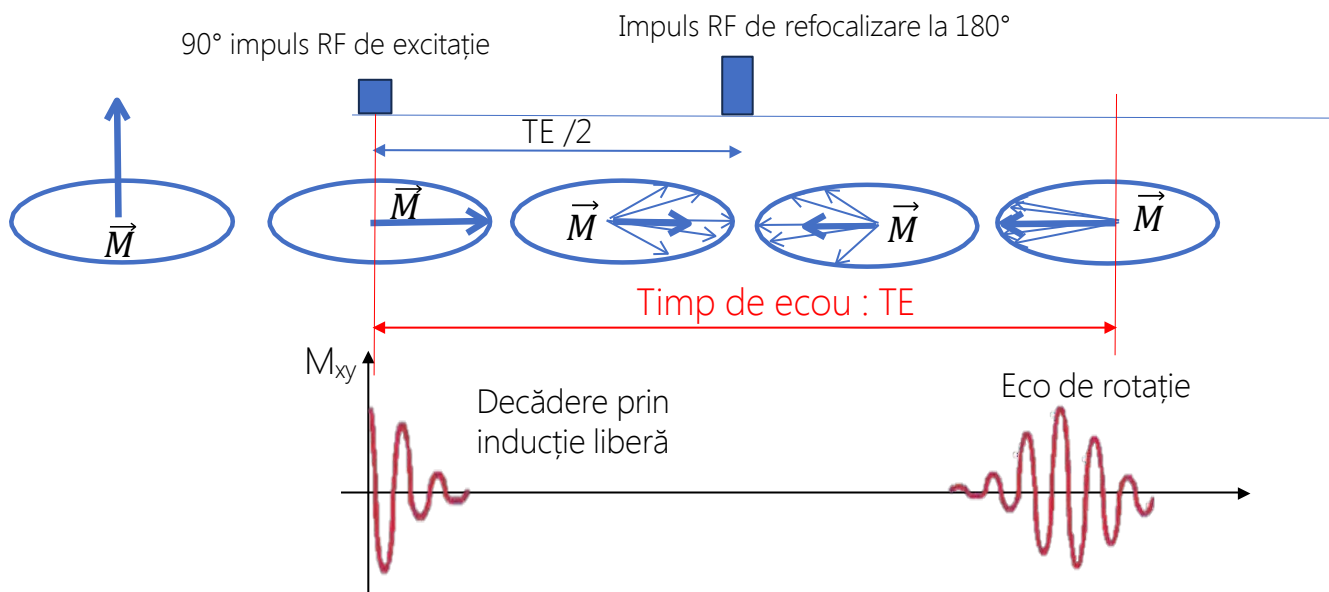
Testează-ți cunoștințele

/ Secvența Spin Echo

/ Ce este un Echo?

Atunci când magnetizarea revine la echilibru după aplicarea unui impuls de radiofrecvență, semnalul produs se numește "decădere prin inducție liberă".

Atunci când se utilizează un al doilea impuls RF, în special un impuls de 180° sau un **impuls de refo-calizare**, se creează un ecou ! Timpul dintre primul impuls RF și ecou se numește **timp de ecou**.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Ce este un Echo?

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

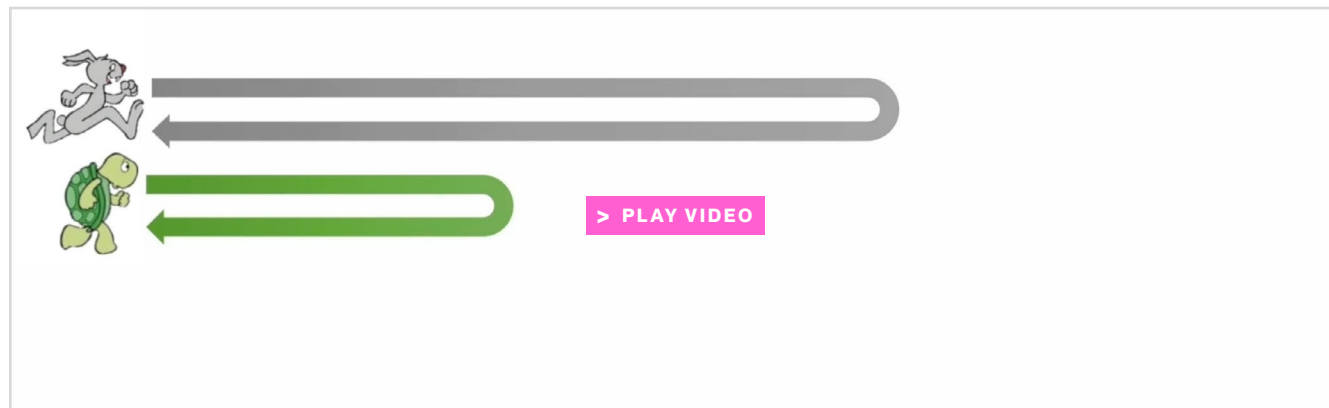
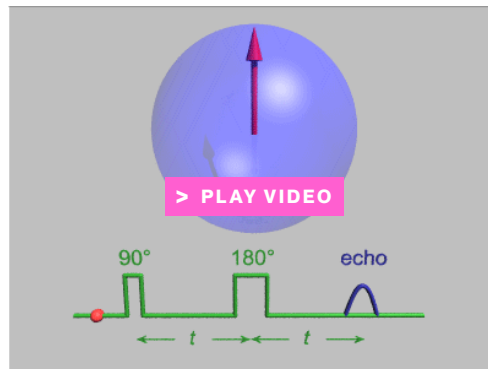
Referințe

Testează-ți cunoștințele

Între impulsurile de 90° și 180° , rotirile sunt defazate. Componentele cu rotire rapidă se defazează mai mult decât cele cu rotire lentă. Impulsul de 180° repune în fază rotațiile prin "inversarea" defazării, astfel încât componentele cu rotație rapidă recuperează faza pentru a se alătura componentelor cu rotație lentă.

Analogie > iepurele și broasca țestoasă
Iepurele : componentă cu învârtire rapidă
Țestoasa : componentă cu învârtire lentă

Ilustrație
din: https://en.wikipedia.org/wiki/Spin_echo
Click to Play
Video in Browser



Click to Play Video in Browser

Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Ce este un Echo?

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

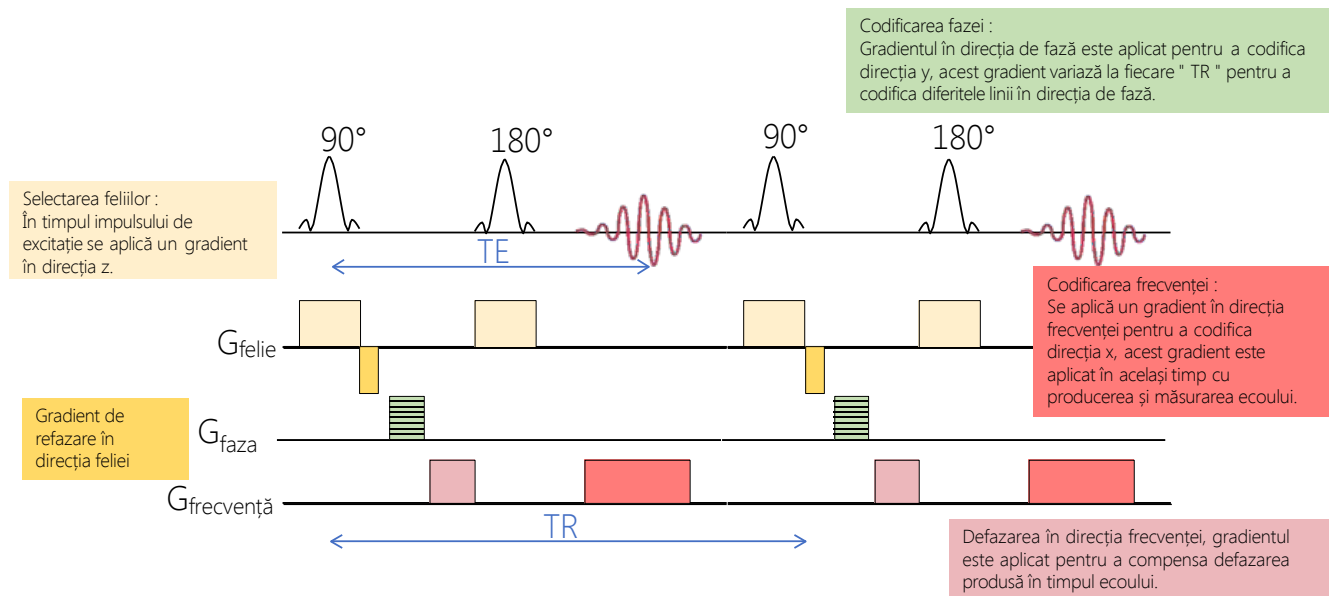
Testează-ți cunoștințele

Așa cum am explicat anterior, semnalul provenit din ecou este emis de întregul volum excitat!

Gradientele sunt adăugate pentru a codifica originea spațială a semnalului. Diagrama de sincronizare a momentului și a locului în care sunt aplicate aceste gradiente în ceea ce privește impulsurile RF de excitație și citirea ecoului reprezintă "secvența RM".

În secvență există 2 parametrii importanți de sincronizare:

- / Timpul dintre impulsul de excitație și ecou:
Timp de ecou, TE
- / Timpul dintre două impulsuri de excitație succesive:
Timpul de repetiție, TR.
- / TE și TR sunt alese de operator!



Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Ce este un Echo?

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

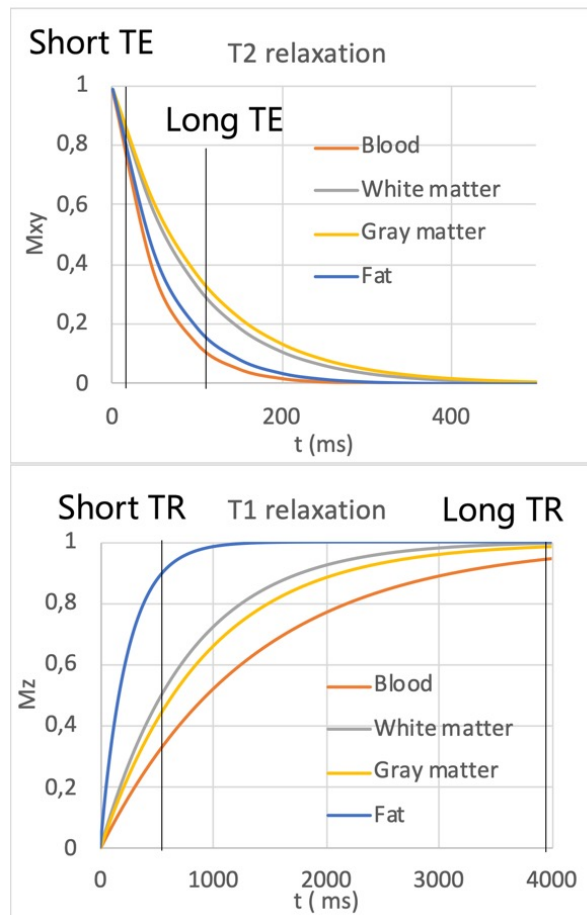
/ Importanța TE și TR pentru contrast

TE lung contribuie la contrastul T2.

- / Semnalul este mai puțin proeminent pentru spinii cu defazare rapidă (T2 scăzut) decât pentru spinii cu defazare lentă (T2 ridicat).
- / TE scurt nu permite ca spinii să se desfașoare, așadar nu avem contribuția contrastului T2 în semnal.

TR scurt contribuie la contrastul T1.

- / Refacerea magnetizării nu este completă, magnetizarea care crește lent va da un semnal mai mic (T1 mare) decât magnetizarea care crește rapid (T1 mic).
- / TR lung permite revenirii magnetizării longitudinale la starea inițială, așadar fără contribuție la contrastul T1.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Importanța TE și TR pentru contrast

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

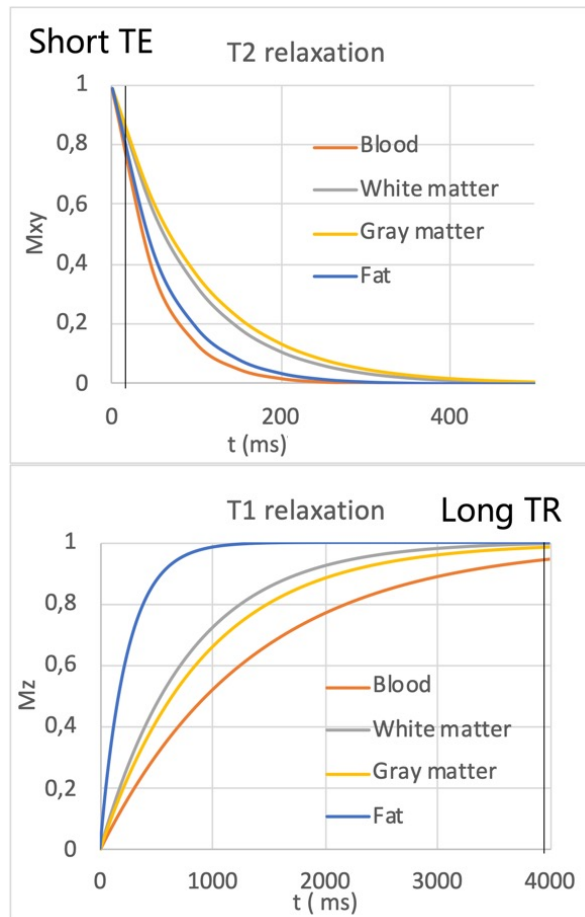
Testează-ți cunoștințele

Pentru a obține o imagine fără contrast T1 sau T2, dar sensibilă doar la densitatea protonică, trebuie să se utilizeze un TE scurt și un TR lung.

<> CUNOȘȚINȚE DE BAZĂ

Rezumat:

- / TE scurt, TR scurt: Imagine ponderată T1
- / TE lung, TR lung: imagine ponderată T2
- / TE scurt, TR lung: imagine ponderată cu densitate de protoni
- / (TE lung, TR scurt nu este utilizat în practică)



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Importanța TE și TR pentru contrast

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Importanța TE și TR pentru contrast

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

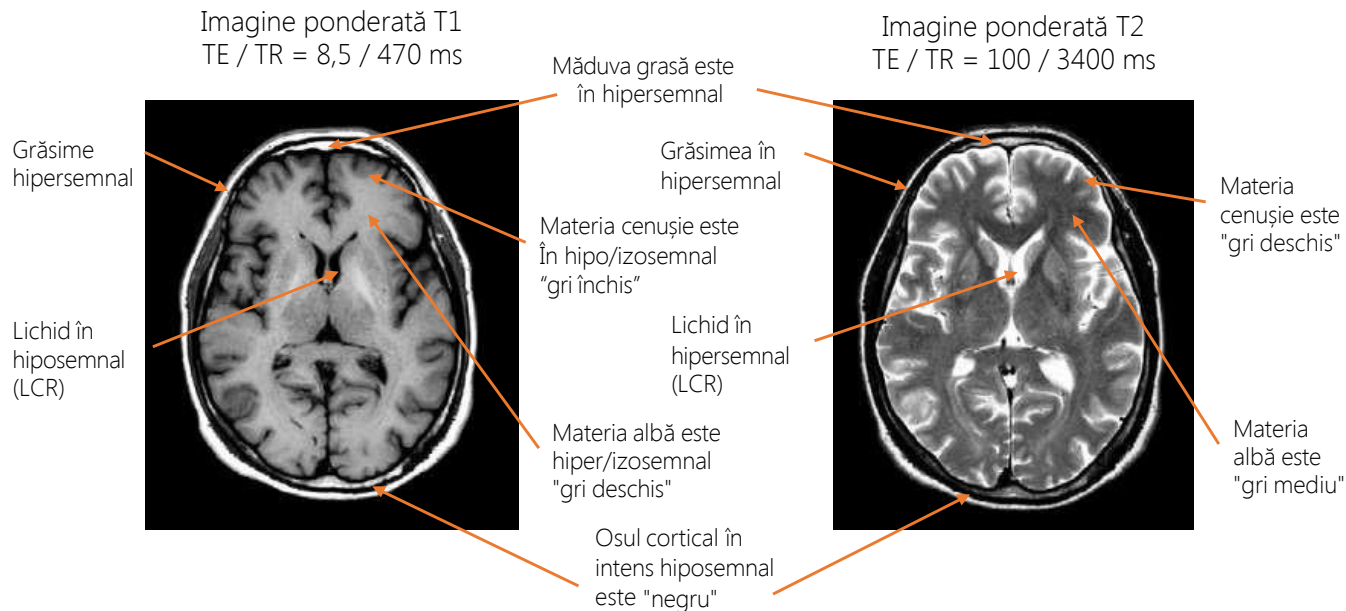
Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele



/ Secvențe IRM: De ce sunt atât de lungi?

Timpul de achiziție al unei secvențe IRM depinde în principal de TR, de numărul de linii de codificare a fazei (matrice) și de numărul de felii:

Timpul de achiziție = TR · NPy · Nslices

- / TR = Timp de repetiție
- / NPy = Numărul de linii de codificare a fazei
- / Nslices = Numărul de felii

Exemplu pentru o secvență T1:

TR = 500 ms, dimensiunea matricei 128, 10 felii ;

Timpul de achiziție = 0.5 sec * 128 * 10 = 10 min 40 sec!

IRM este o tehnică de achiziție lentă!

În practică, au fost dezvoltate mai multe tehnici de accelerare a achiziției secvențelor:

- / Timpul tipic de achiziție pentru o secvență 2D care acoperă întregul creier este de 2 până la 4 minute.
- / Achiziția pentru secvențele 3D este mai lungă, de obicei între 4 și 6 minute.

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

/ Secvențe IRM: De ce sunt atât de lungi?

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

**Secvență eco de
gradient**

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

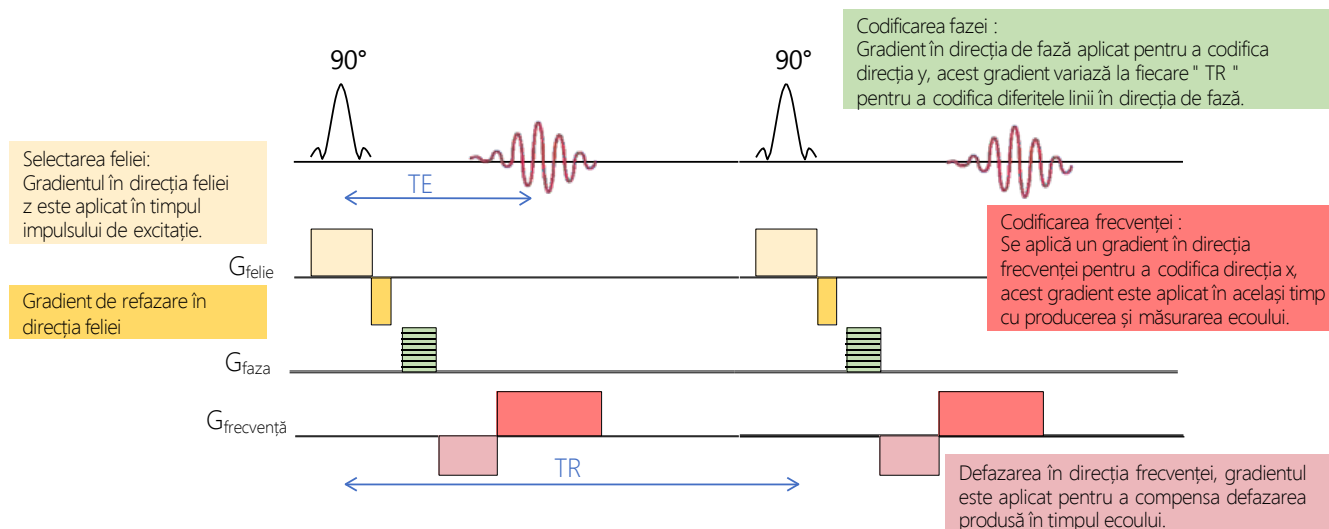
Testează-ți cunoștințele

/ Secvență eco de gradient

/ Secvența Echo de gradient (GRE)

Secvența Gradient Echo (GRE) nu utilizează un impuls de radiofrecvență de 180° pentru a reorienta spinii defazați, ci utilizează un gradient pentru a defaza și apoi pentru a reface spinii, creând astfel un ecou.

Acest lucru poate scurta foarte mult TE și TR și poate face imagini mai rapide!
Dar... adaugă erori de defazare, deci este mai predispus la artefacte.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL :

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

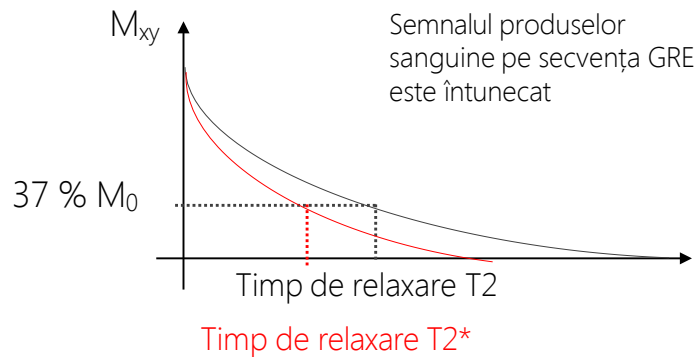
Referințe

Testează-ți cunoștințele

Deoarece nu mai există niciun impuls RF de refocalizare, defazarea spinului se datorează acum neomogenităților locale ale câmpului magnetic, în plus față de efectul T2. Prin urmare, semnalul scade odată cu constanta T2*.

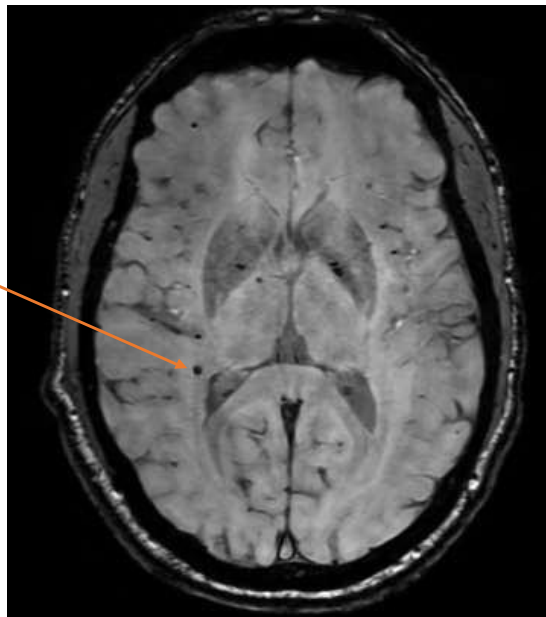
<=> ATENȚIE

Acest efect permite o **sensibilitate ridicată la neomogenitățile magnetice locale**, de obicei în jurul produselor de degradare a sângelui și a calcificărilor care perturbă local câmpul magnetic.



T2* este întotdeauna $\leq$ T2 !

Diferența dintre T2 și T2* constă în faptul că T2 este relaxarea ideală spin-spin cauzată de interacțiunile atomice/moleculare, în timp ce T2* este T2 observat (adică T2 afectat de neomogenitățile câmpului local).



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Alte secvențe

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

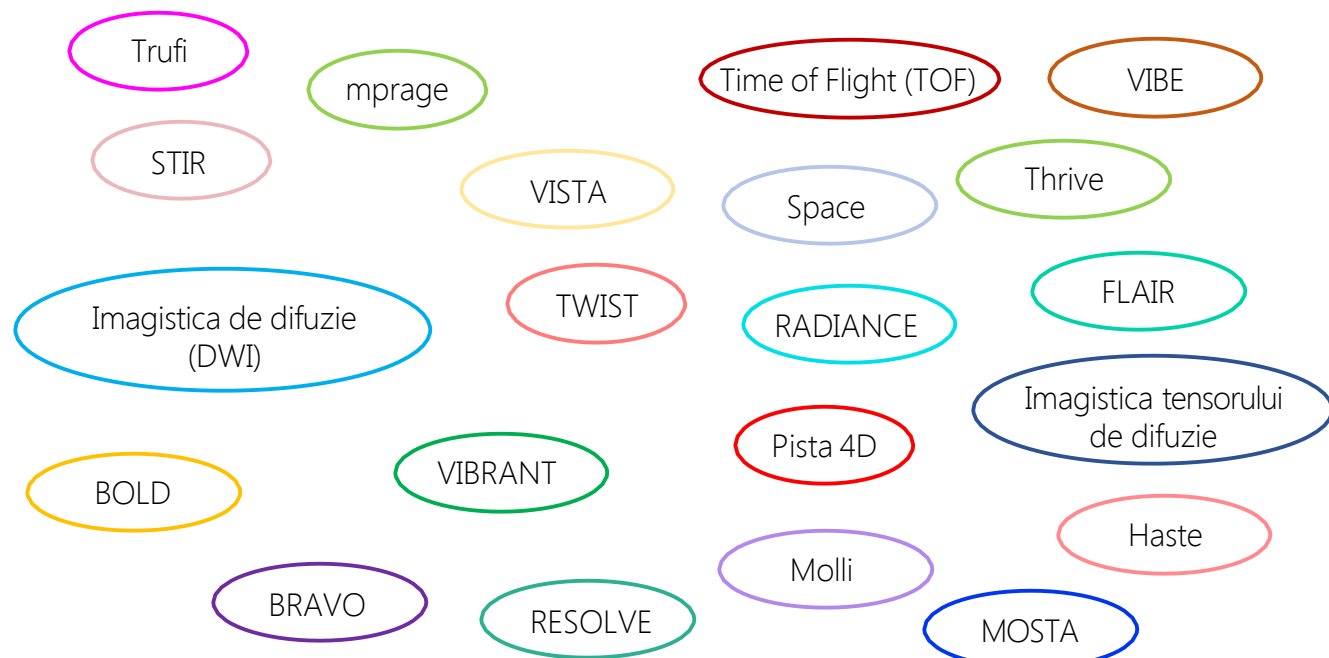
Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Alte secvențe : Jungla IRM

Pentru imagistica prin rezonanță magnetică sunt utilizate multe tipuri diferite de secvențe, denumite diferit de fiecare furnizor. Aproape toate sunt derivate din secvențe SE sau GRE.



/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

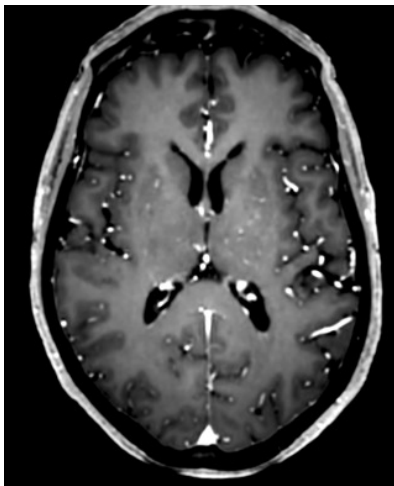
Mesaje de luat acasă

Referințe

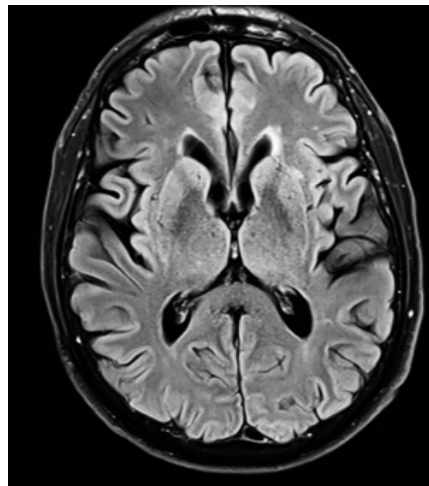
Testează-ți cunoștințele

/ Recuperarea prin inversiune (IR)

Adăugarea unui impuls de pregătire **înainte** de achiziția semnalului poate crește contrastul țesutului sau poate elimina semnalul dintr-un anumit țesut. Secvența IR utilizează un impuls de inversie (180°) înainte de secvență pentru a inversa întreaga magnetizare. Tehnicile IR sunt utilizate pe scară largă în aplicațiile de neuroradiologie, cap și gât și imagistică cardiacă.



Secvență GRE 3D cu ponderare T1 pregătită cu IR: Impulsul de inversie mărește contrastul substanță albă/substanță cenușie (această imagine este dobândită după injectarea agentului de contrast).



IR atenuat de fluid (FLAIR): Impulsul de inversie este utilizat pentru a elimina semnalul din lichidul cefalorahidian. Semnalul hiperintens în leziunile de substanță albă va fi mai vizibil.



STIR:
Impulsul de inversie este utilizat pentru a elimina semnalul grăsimii și astfel semnalul hiperintens datorat edemului/apei va fi mai vizibil.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvență Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ Recuperarea inversiunii

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

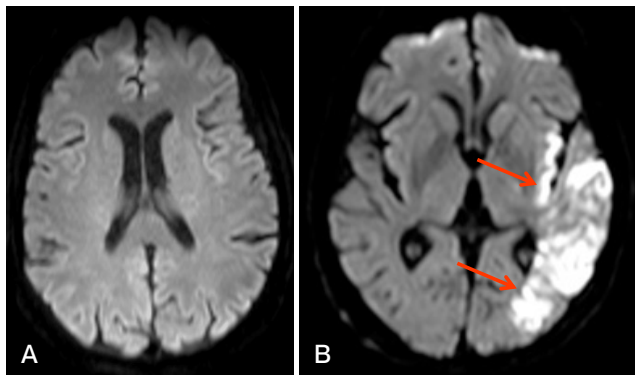
/ Imagistica de difuzie (DWI)

Difuzia este definită ca fiind transportul materiei care rezultă din migrarea atomilor datorită mișcărilor aleatorii

cauzate de diferențele de temperatură sau de concentrație.

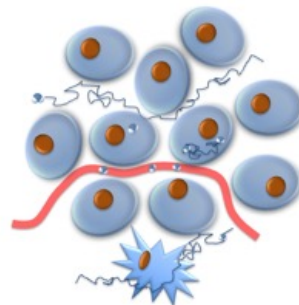
<=> ATENȚIE

Unul dintre succesele IRM-ului este capacitatea de a detecta edemul celular în stadiile incipiente ale unui accident vascular cerebral, înainte ca orice alt tip de modalitate de imagistică să poată evidenția accidentul vascular cerebral.



IRM poate fi sensibilă la difuzia moleculelor de apă, care depinde de mediu (apă intracelulară, extracelulară, intravasculară). Semnalul IRM poate, prin urmare, să reflecte integritatea membranei celulare sau densitatea celulară.

Imagini ponderate de difuzie (b1000) într-un creier normal (A) și la un pacient cu accident vascular cerebral în teritoriul arterei cerebrale medii (B).



În cazul accidentului vascular cerebral, din cauza hipoperfuziei, există o defecțiune a pompelor de sodiu/potasiu ale membranelor celulare din zonele afectate. Acest lucru creează un aflus de apă intracelulară, diminuând astfel mișcarea de difuzie ("difuzie restricționată"). La IRM, există un semnal crescut pe imaginea DWI.

<=> ATENȚIE

Tumorile hipercelulare prezintă, de asemenea, o difuzie restricționată, deoarece mișcarea liberă a moleculelor de apă este împiedicată de celulele dens împachetate.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ Imagistica de difuzie (DWI)

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

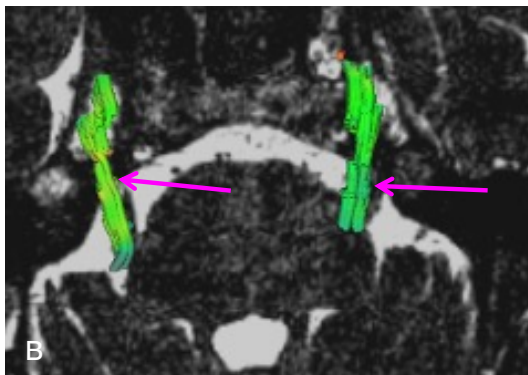
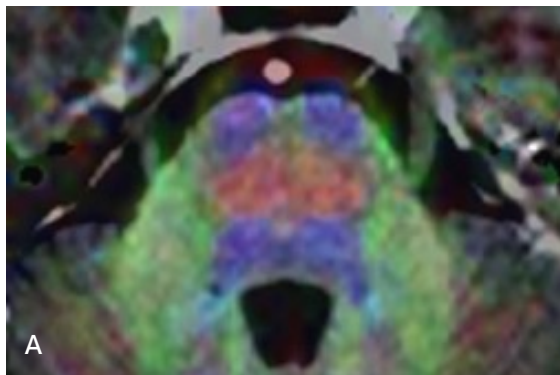
/ Imagistica tensorului de difuzie (DTI)

Țesuturile biologice sunt foarte **anizotrope** > adică, viteza de difuzie NU este aceeași în toate direcțiile.

Semnalul IRM este sensibil la direcția **preferențială de mișcare** a moleculelor de apă. Acest lucru poate fi folosit pentru a "urmări" fibrele și a descrie traiectele de materie albă. Orientarea anatomică a axonilor și a fibrelor este codificată prin culori pe imaginile DTI, fiecare culoare corespunzând unei direcții specifice a fibrelor:

- / **Roșu** > orientare transversală
- / **Verde** > anterior-posterior sau posterior-anterior
- / **Albastru** > orientare craniocaudală

Traiectele fibrelor sunt apoi reconstruite în funcție de problema clinică, cu ajutorul unui software specializat. Se pot obține măsuri cantitative, de exemplu, măsurarea **anizotropiei fracționate (FA)**, care se consideră că reflectă densitatea fibrelor, mielinizarea și diametrul axonal.



Exemplu de examinare DTI în cazul nevralgiei trigeminale. Imagini DTI cu fibrele suprapuse în funcție de culoare și orientare în porțiunea mediană a punții (A). Traiecte reconstruite ale nervilor trigeminali pe orientarea codificată color (B).

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ Imagistica tensorului de difuzie (DTI)

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

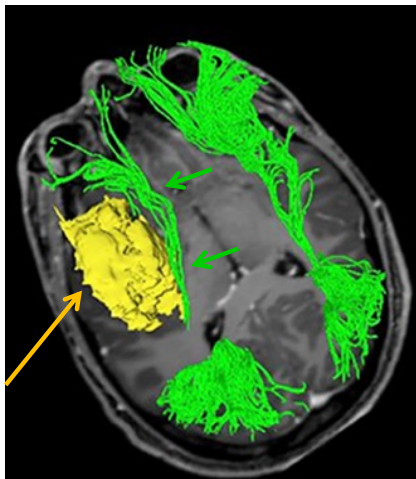
Referințe

Testează-ți cunoștințele

<!> ATENȚIE

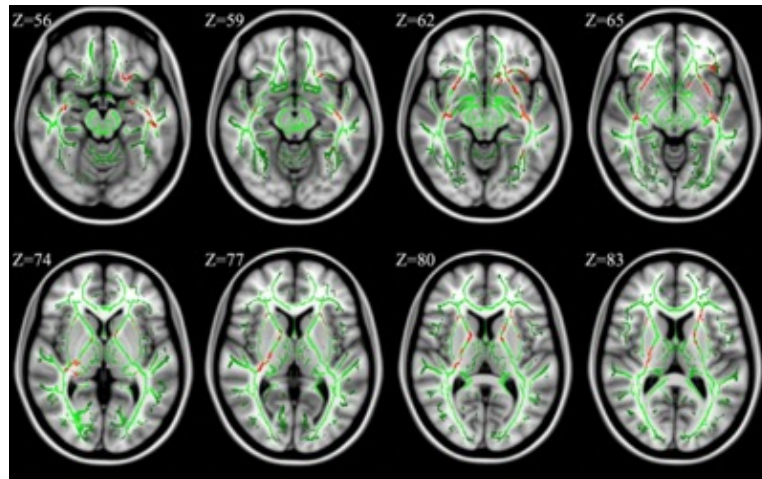
Pe lângă faptul că arată reprezentarea 3D a traiecelor fibrelor nervoase, DTI poate detecta modificări micro-structurale în absența modificărilor morfologice. Aceasta poate dezvălui modificări ale conectivității materiei albe și permite evaluarea cantitativă a

integrității diferitelor circuite cerebrale într-o varietate de afecțiuni, inclusiv tumori, boli demielinizante, traume, boala Parkinson, sindroame de durere, depresie și tulburări de anxietate și multe altele.



Exemplu de gliom de grad scăzut (LGG) temporo-insular stâng și de afectare a tractului de fibre. Reconstrucție 3D a tumorii (galben), care implică fasciculul longitudinal fronto-occipital (verde).

Reproducere din: Ius T et al. Risk Assessment by Pre-surgical Tractography in Left Hemisphere Low-Grade Gliomas. Front Neurol. 2021 Feb 15;12:648432. doi: 10.3389/fneur.2021.648432.



Imagine care ilustrează anomalii ale materiei albe la adolescenții cu tulburare de anxietate generalizată (GAD). Voxelii sunt suprapuși pe scheletul materiei albe (verde). Regiunile de reducere semnificativă a FA în comparație cu adolescenții fără GAD sunt indicate cu roșu.

Reprodus din: Liao, M. et al. Anomalii ale materiei albe la adolescenții cu tulburare de anxietate generalizată: un studiu de imagistică cu tensor de difuzie. BMC Psychiatry 14, 41 (2014). <https://doi.org/10.1186/1471-244X-14-41>

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ Imagistica tensorului de difuzie (DTI)

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

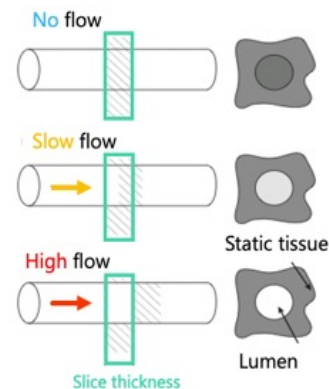
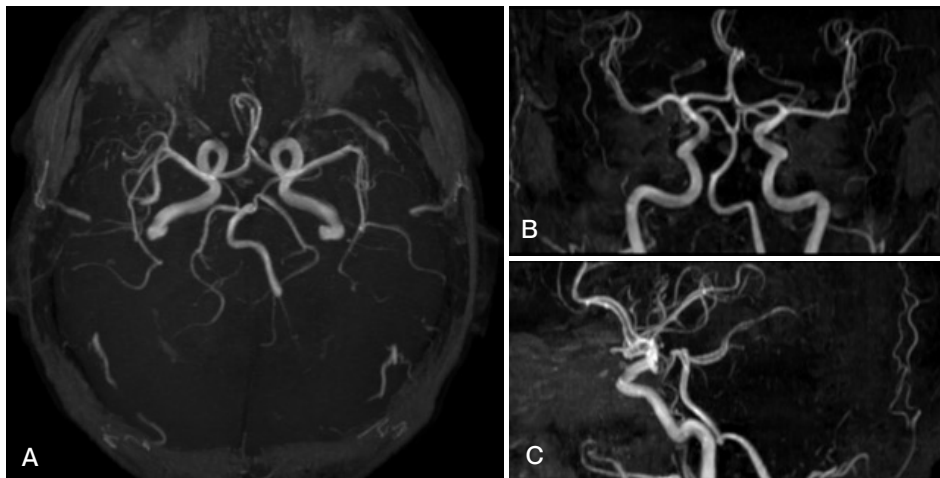
/ Angiografia RM (MRA) in Time of Flight (TOF)

Secvența MRA Time of Flight (TOF) permite vizualizarea sângelui care curge în vase, oferind astfel imagini angiografice **fără** a fi necesară injectarea de agenți de contrast. Secvența TOF se bazează pe principiul **intensificării legate de flux** (adică sângele proaspăt are o magnetizare inițială ridicată, spre deosebire de țesuturile staționare, care sunt saturate magnetic prin multiple impulsuri RF repetitive). Pe secvența TOF, semnalul

sângelui care intră apare în hipersemnal (a se vedea mai jos). Intensificarea maximă a fluxului are loc atunci când vasul este perpendicular pe planul de imagistică.

<!> ATENȚIE

TOF este una dintre cele mai utile tehnici pentru **MRA neurovasculară și periferică fără contrast** > A se vedea capitolul e-book despre imagistica vasculară.



Imaginea TOF: Maximum Intensity Projection (MIP) a poligonului lui Willis: vedere axială (A), coronală (B) și sagitală (C).

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ Angiografia RM (MRA) in Time of Flight (TOF)

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

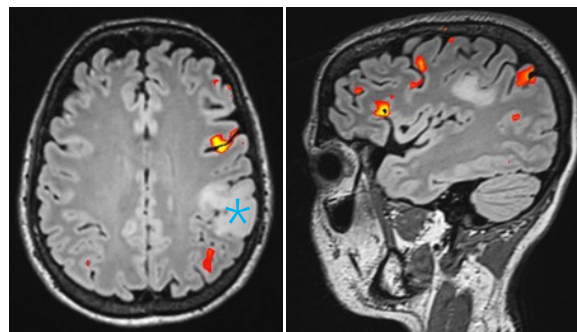
/ IRM funcțional (fMRI)

Imagistica dependentă de oxigenarea sângelui (BOLD) este modalitatea standard de IRM **funcțional**, care oferă informații despre zonele cerebrale care sunt activate în timpul efectuării anumitor sarcini. De exemplu, este posibil să se identifice zonele de limbaj din creier. Acest lucru este foarte util pentru a determina dacă o zonă este afectată de o intervenție chirurgicală sau dacă leziunea este localizată în imediata vecinătate a unei zone care trebuie rezecată.

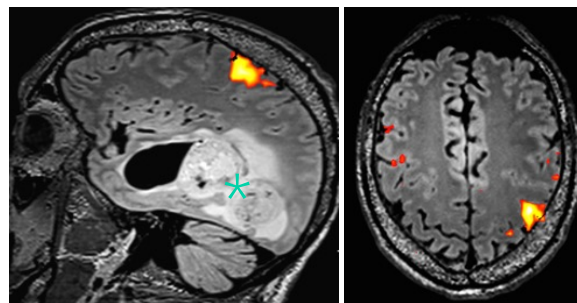
Imagistica BOLD se bazează pe principiul conform căruia, dacă o sarcină duce la o creștere a activității unei anumite regiuni cerebrale, există o scădere **inițială a hemoglobinei oxigenate și o creștere a CO₂ și a hemoglobinei deoxigenate**. După o întârziere de câteva secunde, creșterea fluxului sanguin cerebral (CBF) furnizează un surplus de hemoglobină oxigenată, care "spală" dezoxihemoglobina.

Hemoglobina oxigenată și deoxigenată diferă semnificativ în ceea ce privește proprietățile lor **paramagnetice**.

Secvențele T2* sunt utilizate pentru a detecta aceste diferențe, care sunt cuprinse între 1-5%.



Exemplu de hărți BOLD fMRI obținute la un pacient cu un gliom de grad înalt (albastru) și sarcină de generare de cuvinte silențioase care produce activarea cortexului prefrontal stâng și a zonei Broca. Figura prin amabilitatea lui José Manuel Baiao Boto, Divizia de Neuroradiologie, Spitalele Universitare din Geneva.



Exemplu de hărți BOLD fMRI obținute la un pacient cu un gliom de grad înalt (asterisc) și bătaii la degete în partea dreaptă. Cortexul senzoriomotor contralateral (stâng) este cel mai puternic activat. Figura a fost realizată prin amabilitatea lui José Manuel Baiao Boto, Divizia de Neuroradiologie, Spitalele Universitare din Geneva.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ IRM funcțional (fMRI)

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

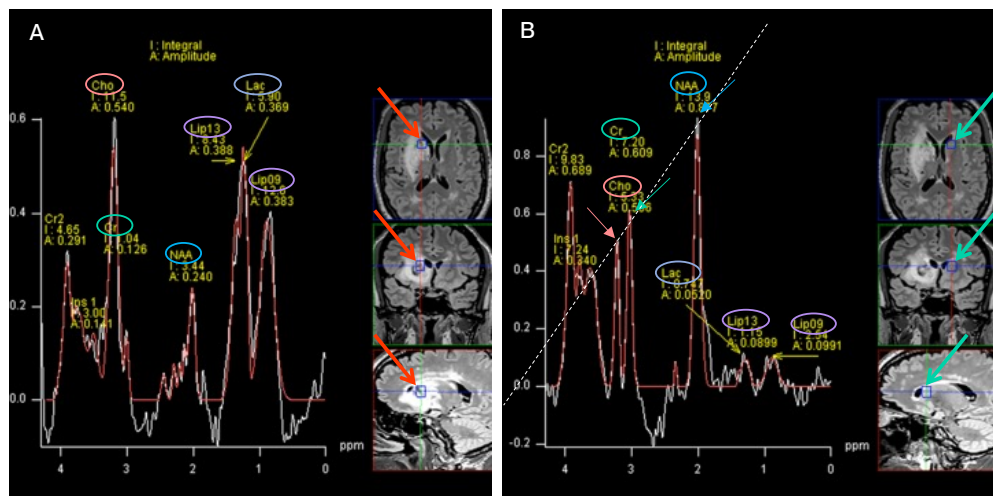
Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Spectroscopie RM (MRS)

Spectroscopia RM (MRS) este o metodă de măsurare a compoziției chimice a țesuturilor. Aceasta permite măsurarea metaboliților **in vivo în anumite regiuni ale creierului**, cum ar fi N-acetil aspartatul (NAA), colina (Cho), creatina (Cr) și altele. MRS utilizează faptul că frecvența de rezonanță a protonilor este **ușor diferită** pentru fiecare metabolit în comparație cu apa.

MRS este **utilizat în principal în creier**, dar nu se limitează la această zonă. S-au făcut progrese pentru a crește rezoluția spațială și chiar pentru a crea hărți ale metaboliților din creier. Cele mai frecvente indicații pentru MRS includ imagistica gliomelor, modificările post- radioterapie, ischemia, substanța albă și bolile mitocondriale. MRS crește specificitatea și se corelează cu gradul histologic al unei tumori.



MRS obținută la un pacient cu un gliom de grad înalt în ganglionii bazali dreapta (săgeți roșii) (A) care prezintă modificări ale metaboliților. Pe măsură ce gradul tumorii crește, NAA și Cho scad, în timp ce lipidele (Lip) și lactatul (Lac) cresc. Metaboliți MRS normali în ganglionii bazali stânga (săgeată verde) (B). Măsurătorile din stânga sunt folosite ca și control. Observați că vârfurile normale ale Cho, Cr și NAA se află pe o linie care are un unghi de 45 de grade cu axa x (unghiul lui Hunter). Figura prin amabilitatea lui José Manuel Baiao Boto, Divizia de Neuroradiologie, Spitalele Universitare din Geneva.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

/ Spectroscopie RM

Agenți de contrast în IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

**Agenți de contrast în
IRM**

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

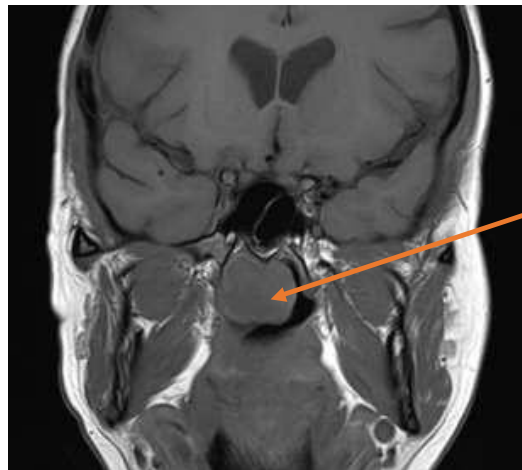
Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Agenți de contrast în IRM

/ Substanțele de contrast RM

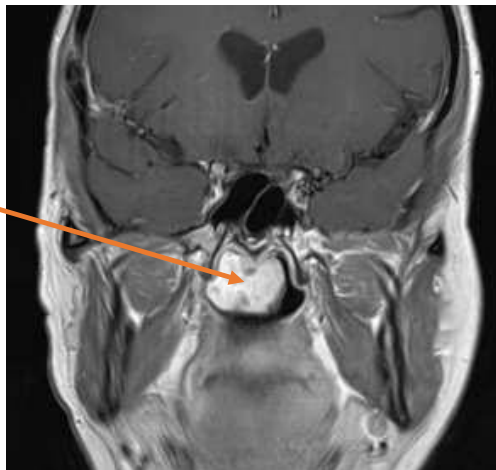
Substanțele de contrast (SC) utilizate în IRM se bazează în principal pe chelați de gadoliniu. Gadoliniul este paramagnetic și are proprietatea de a reduce relaxarea T1 a țesuturilor înconjurătoare, făcându-le astfel hiperintense în contrastul T1. La concentrații ridicate, SC pe bază de Gadolinu scurtează, de asemenea, timpul de relaxare T2. În mod normal, acesta rămâne extracelular în sistemul circulator și microcirculator și este excretat de rinichi.



T1 SE

Îmbunătățirea
semnalului în
leziune după
injectarea de
contrast

T1 SE cu Gd



<!=> ATENȚIE

Siguranță: Fibroza sistemică nefrogenă (NSF)

În 2006, agenții de contrast pe bază de gadolinu au fost recunoscuți ca fiind potențiali factori declanșatori ai unei boli inflamatorii și fibrotice tardive a țesuturilor moi la pacienții cu insuficiență renală severă: fibroza sistemică nefrogenă (NSF). Chiar dacă NSF este rară, rămâne obligatorie **depistarea disfuncției renale la pacienți înainte de administrarea de Gd-chelat și evaluarea riscurilor și beneficiilor înainte de injectarea agentului de contrast.**

> A se vedea capitolul din cartea electronică privind mijloacele de contrast.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

Acumularea de gadoliniu (Gd) în sistemul nervos central

Acumularea de Gd în sistemul nervos central (SNC), în principiu în ganglionii bazali, a fost raportată la pacienții cu administrări multiple de Gd-chelați (2014).

Reacția de trans-metalare este un mecanism posibil prin care ionul Gd este extras din chelat de către un alt cation. S-a demonstrat că chelații de Gd cu o configurație liniară prezintă un risc mai mare de a se acumula în SNC decât chelații macrociclici > **a se vedea capitolul din cartea electronică privind mijloacele de contrast.**

Acesta este motivul pentru care Agenția Europeană pentru Medicamente a recomandat suspendarea sau limitarea utilizării agenților **de contrast liniari pe bază de Gd disponibili** în comerț.

Chiar dacă acumularea de Gd este acum bine descrisă, nu există **nicio dovadă a efectelor clinice pe termen scurt sau lung. Principiul precauției trebuie aplicat** prin reducerea cantității și frecvenței de injectare a Gd atunci când este posibil.

<∞> REFERINȚE

Kanda T, Ishii K, Kawaguchi H, et al. Intensitatea ridicată a semnalului în nucleul dentat și globus pallidus pe imaginile RM neaccentuate cu ponderare T1: relația cu creșterea dozei cumulative a unui contrast pe bază de gadoliniu material. Radiology 2014; 270:834-841.
(Primul raport de referință privind acumularea de Gd în creier).

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

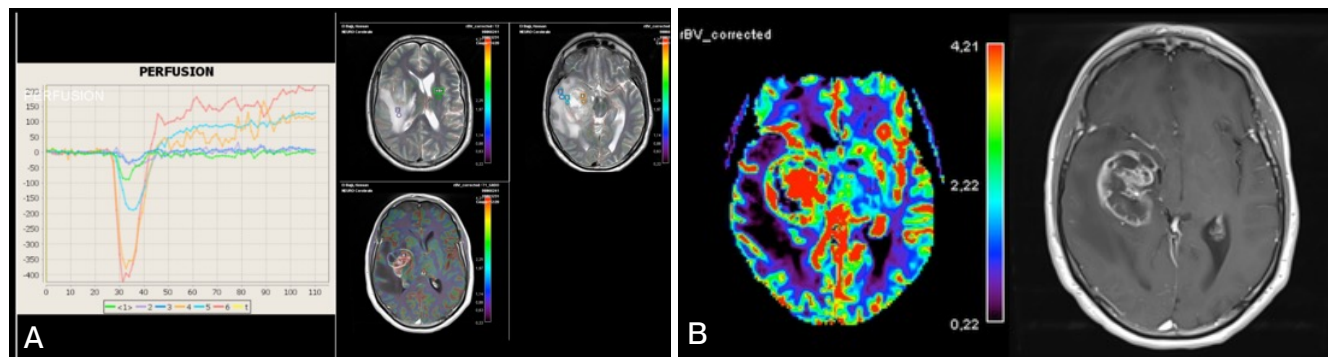
/ Imagistica de perfuzie IRM (PWI)

IRM PWI cuprinde diferite tehnici IRM utilizate pentru a evalua **perfuzia țesuturilor cu sânge**. Pentru a evalua perfuzia, se pot aplica tehnici cu contrast și tehnici fără contrast (de exemplu, marcarea spinului arterial, ASL).

Contrastul dinamic de susceptibilitate (DSC) IRM PWI se bazează pe pierderea de semnal indusă de un bolus de agent de contrast pe bază de Gd în **secvențe ponderate T2***. Parametrii calculați includ o **curbă de intensitate a semnalului în timp (TIC)** din care se calculează **volumul sanguin cerebral (CBV) = volumul de sânge într-o anumită cantitate de țesut cerebral în ml de sânge/100g de țesut cerebral), fluxul sanguin cerebral (CBF**

= CBV pe unitate de timp, în ml de sânge/100g de țesut cerebral/minut) și alți parametri. Acești parametri sunt apoi utilizați pentru a crea hărți color ale regiunilor de interes. Din cauza dificultății de a calcula cu precizie CBV și CBF, cel mai adesea se calculează CBV / CBF în raport cu un control intern, de exemplu, substanța albă normală contralaterală (rCBV și rCBF). rCBV și rCBF nu au unități, deoarece corespund unor rapoarte.

Perfuzie IRM DSC ponderată T2* la un pacient cu glioblastom. A. TIC-uri obținute în diferite regiuni de interes (ROI). B. Harta colorată rCBV și imaginea axială corespunzătoare cu contrast îmbunătățit cu ponderare T1 care arată o perfuzie tumorală crescută. Figura a fost realizată prin amabilitatea lui José Manuel Baião Boto, Divizia de Neuroradiologie, Spitalele Universitare din Geneva.



/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

/ Imagistica de perfuzie IRM (PWI)

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

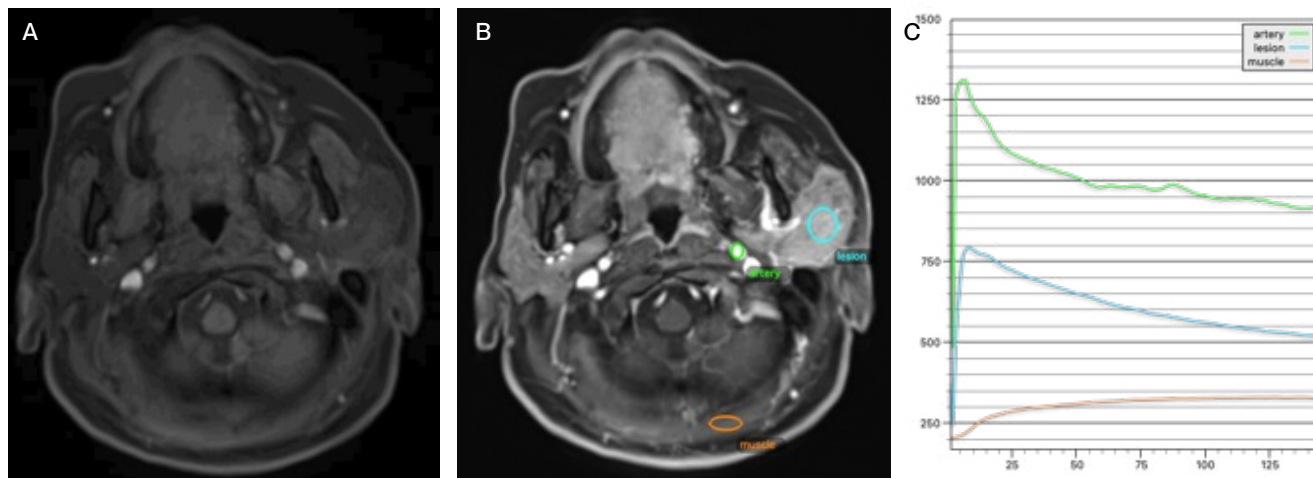
Referințe

Testează-ți cunoștințele

IRM cu contrast dinamic (DCE) PWI este una dintre cele mai importante tehnici de IRM PWI. Parametrii de perfuzie sunt calculați pe baza **efectelor de scurtare T1** datorate trecerii prin țesut a bolusului de agent de contrast pe bază de Gd. Se calculează următorii parametri: TIC, k-trans (= constanta de transfer de volum din plasma sanguină în spațiul extravascular extracelular), volumul fracțional al

spațiului extravascular-extracelular și altele. TICs sunt foarte utile pentru caracterizarea anumitor tumori. De exemplu, anumite tipuri de TIC pot fi găsite doar în tumorile maligne, în timp ce alte tipuri de TIC doar în leziunile benigne.

DCE MRI PWI este utilizat în principal pentru imagistica oncologică.



PWI cu ponderare T1 cu contrast dinamic (DCE) la un pacient cu o tumoare parotidiană stângă cu infiltrare difuză. A. Secvență dinamică în timp. B. ROI-uri plasate pentru măsurători (artera carotidă - verde, tumora parotidă - albastră, mușchi - portocaliu). C. Curbe de intensitate în timp (TIC) în diferitele regiuni de interes prezentate în B. Culoarele TIC corespund ROI-urilor indicate în B.

Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în IRM

/ Imagistica de perfuzie IRM (PWI)

Artefacte în IRM

Avantajele și dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Artefacte in IRM

/ Artefacte în IRM

Procesul de achiziție a imaginii poate fi responsabil pentru diferite artefacte din imagine, unele pot fi ușor de rezolvat, iar altele nu. Optimizarea secvenței IRM necesită înțelegerea a numeroși parametri, această abilitate fiind esențială pentru a obține imagini cu cea mai bună atenuare a artefactelor.

Recunoașterea acestor artefacte în imagini este o parte importantă a experienței radiologului!

Originea artefactelor poate fi separată în trei categorii:

/ Tehnică :

- / Tipul de secvență
- / Parametrii

POATE FI CORECTAT

/ Pacient :

- / Mișcare (incontrolabilă),
- / Respirația, circulația sângelui,
- / Implanturi, tatuaje, piercing, ...

POT FI ATENUATE CU AJUTORUL UNOR TEHNICI

/ Hardware :

- / Bobină de recepție, bobină RF, bobine de gradient,
- / Cușcă Faraday

TREBUIE SĂ FIE REPARATE

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL :

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

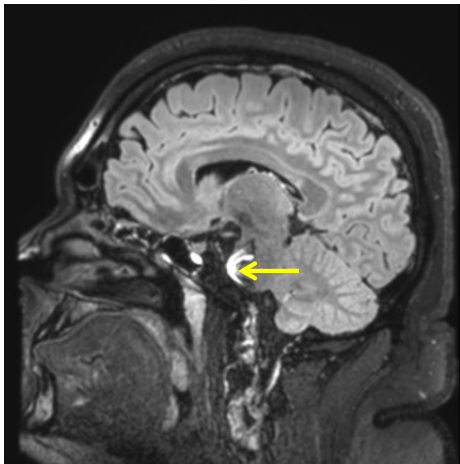
Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

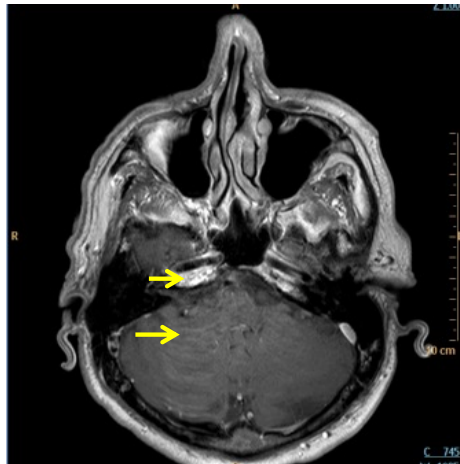
/ Artefacte: Exemple

Artefact datorat tehnicii:
parametri greșiți ai secvenței.



Artefact de pliere: nasul (în afara câmpului vizual) este proiectat în centrul imaginii!

Artefact datorat pacientului:
fluxul sanguin în artere.



Artefact de flux: semnalul provenit de la sângele care curge în artere se propagă în direcția de codificare a fazei.

Artefact datorat pacientului:
prezența aparatului dentar



Artefact de susceptibilitate: pierderea semnalului din cauza prezenței metalului în gură (aparat dentar), perturbația câmpului magnetic se extinde în mare parte în afara gurii.

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

**Avantajele și
dezavantajele IRM**

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Avantajele și dezavantajele IRM

/ Avantajele și dezavantajele IRM

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

>|< COMPARAȚI

AVANTAJE:

- + Modalitate neiradiantă potrivită pentru examinările de urmărire
- + Contrast excelent al țesuturilor moi (ligamente, tendoane, mușchi, substanță cenușie și albă a creierului, ...)
- + Diferite tipuri de imagini de contrast disponibile (sensibile la fluide, cu suprimarea grăsimii, ...)
- + Rezoluție bună a imaginii, imagini 2D în orice orientare și imagini 3D posibile
- + Imagistica anatomică, dar și funcțională posibilă (difuzie, perfuzie, fMRI, MRS, ...).

DEZAVANTAJE:

- Nu toate implanturile sunt permise în câmpul magnetic
- Nu este potrivit pentru pacienții claustrofobi (în prezent sunt disponibile orificii mai mari)
- Examine zgomotoase și, în general, lungi
- Mai scump decât CT sau raze X
- Necesită o bună cunoaștere a tehnicii (optimizarea secvenței și atenuarea artefactelor)

/ Mesaje de luat acasă

- / IRM este o modalitate de imagistică neiradiantă și neinvazivă.
- / Oferă un contrast excelent al țesuturilor moi și oferă informații anatomice și funcționale unice.
- / Există anumite restricții sau contraindicații pentru pacienții cu materiale sau dispozitive implantate.
- / Magnetul principal este utilizat pentru a magnetiza țesuturile.
- / Se aplică radiofrecvența pentru a scoate magnetizarea din stările de echilibru.
- / Gradientele sunt adăugate pentru a codifica originea spațială a semnalului.
- / În cele din urmă, semnalul achiziționat necesită o transformare Fourier pentru a obține imaginea finală.
- / Imaginile pot fi sensibile la relaxarea T1 și T2 a țesuturilor prin reglarea corespunzătoare a TE și TR ale secvenței.
- / Cele două tipuri principale de secvențe sunt secvențele Spin Echo și de Echo de Gradient.
- / Agenții de contrast pot fi utilizați pentru a îmbunătăți vizualizarea patologiilor; aceștia sunt în principal pe bază de gadoliniu.

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Referințe

Site-uri excelente pentru a înțelege tehnica IRM și toate întrebările legate de aceasta:

- / <https://www.imaio.com/en/e-mri>
- / <https://mriquestions.com/index.html>

Siguranța IRM:

- / Un ghid practic pentru siguranța imagisticii RM: Ce trebuie să știe radiologii
Leo L. Tsai, Aaron K. Grant, Koenraad J. Mortele, Justin W. Kung, and Martin P. Smith
RadioGraphics 2015 35:6, 1722-1737

Fizica IRM:

- / Plewes, D.B. și Kucharczyk, W. (2012), Physics of MRI: A primer.
J. Magn. Reson. Imaging, 35: 1038-1054. <https://doi.org/10.1002/jmri.23642>

Secvențe:

- / Jung, B.A. și Weigel, M. (2013), Spin echo magnetic resonance imaging. J. Magn. Reson. Imaging, 37: 805-817. <https://doi.org/10.1002/jmri.24068>
- / Secvențe de impulsuri RM: Ceea ce fiecare radiolog vrea să știe, dar se teme să întrebe
Richard Bitar, General Leung, Richard Perng, Sameh Tadros, Alan R. Moody, Josee Sarrazin, Caitlin McGregor, Monique Christakis, Sean Symons, Andrew Nelson și Timothy P. Roberts
RadioGraphics 2006 26:2, 513-537

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem IRM

Principiul IRM

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
IRM

Artefacte în IRM

Avantajele și
dezavantajele IRM

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

/ Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

<?> ÎNTREBĂRI

1

Unele obiecte vor fi atrase de o forță incontrollabilă în gaura scannerului IRM din cauza câmpului magnetic principal; acestea sunt:

- ☐ Obiecte feromagnetice (fier, nichel, cobalt și aliaje ale acestora)
- ☐ Obiecte metalice (toate cele care sunt conductoare de electricitate)
- ☐ Toate implanturile medicale, fără excepție

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

<?> RĂSPUNS

1

Unele obiecte vor fi atrase de o forță incontrollabilă în gaura scannerului IRM din cauza câmpului magnetic principal; acestea sunt:

- ☒ Obiecte feromagnetice (fier, nichel, cobalt și aliaje ale acestora)
- ☐ Obiecte metalice (toate cele care sunt conductoare de electricitate)
- ☐ Toate implanturile medicale, fără excepție

/ Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

2 Ce element al sistemului IRM permite codificarea originii spațiale a semnalului emis:

- ☐ Magnet principal
- ☐ Radiofrecvență
- ☐ Gradiente x,y,z

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin RM

<?> RĂSPUNS

2 Ce element al sistemului IRM permite codificarea originii spațiale a semnalului emis:

- ☐ Magnet principal
- ☐ Radiofrecvență
- ☒ Gradiente x,y,z

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

3 Magnetizarea țesuturilor apare atunci când:

- ☐ Secvența IRM începe
- ☐ Subiectul primește unde de radiofrecvență
- ☐ Subiectul este întins pe masa din interiorul scannerului.

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin RM

<?> RĂSPUNS

3 Magnetizarea țesuturilor apare atunci când:

- ☐ Secvența IRM începe
- ☐ Subiectul primește unde de radiofrecvență
- ☒ Subiectul este întins pe masa din interiorul scannerului.

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

4

Timpul de ecou TE este timpul dintre:

- ☐ Impulsul de excitație RF și impulsul de refocalizare RF în secvența Spin Echo
- ☐ Impulsul de excitație RF și emisia de ecou în secvența Echo de Gradient
- ☐ Două impulsuri de excitație RF consecutive

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin RM

<?> RĂSPUNS

4

Timpul de ecou TE este timpul dintre:

- ☐ Impulsul de excitație RF și impulsul de refocalizare RF în secvența Spin Echo
- ☒ Impulsul de excitație RF și emisia de ecou în secvența Echo de Gradient
- ☐ Două impulsuri de excitație RF consecutive

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

5

Timpul de repetiție TR este timpul dintre:

- ☐ Impulsul de excitație RF și impulsul de refocalizare RF în secvența Spin Echo
- ☐ Impulsul de excitație RF și emisia de ecou în secvența Echo de Gradient
- ☐ Două impulsuri de excitație RF consecutive

/ Testează-ți cunoștințele

/ Imagistica prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

5 Timpul de repetiție TR este timpul dintre:

- ☐ Impulsul de excitație RF și impulsul de refocalizare RF în secvența Spin Echo
- ☐ Impulsul de excitație RF și emisia de ecou în secvența Echo de Gradient
- ☒ Două impulsuri de excitație RF consecutive

/ Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

6 Contrastul ponderat T1 se obține cu:

- ☐ Un TE scurt și un TR scurt
- ☐ Un TE lung și un TR scurt
- ☐ Un TE lung și un TR lung

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

6 Contrastul ponderat T1 se obține cu:

- ☒ Un TE scurt și un TR scurt
- ☐ Un TE lung și un TR scurt
- ☐ Un TE lung și un TR lung

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

/ Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

7 Pentru o imagine ponderată în T2, se utilizează un TR lung, astfel încât magnetizarea să revină la starea inițială de echilibru între fiecare impuls RF succesiv. Cum ar trebui să fie TE?

- ☐ TE scurt
- ☐ TE lung
- ☐ TE ar trebui să fie egal cu $TR/2$

/ Imagistica prin RM

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

Testează-ți cunoștințele

/ Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

7 Pentru o imagine ponderată în T2, se utilizează un TR lung, astfel încât magnetizarea să revină la starea inițială de echilibru între fiecare impuls RF succesiv. Cum ar trebui să fie TE?

- ☐ TE scurt
- ☒ TE lung
- ☐ TE ar trebui să fie egal cu $TR/2$

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

/ Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

8

Care propoziție
este corectă:

- ☐ Un examen IRM este ieftin și rapid
- ☐ Un examen IRM este mai lung și mai scump decât un CT
- ☐ Un examen IRM este foarte liniștit

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

/ Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

8

Care propoziție
este corectă:

- ☐ Un examen IRM este ieftin și rapid
- ☒ Un examen IRM este mai lung și
mai scump decât un CT
- ☐ Un examen IRM este foarte liniștit

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

/ Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBĂRI

9

Cu un IRM
pot obține:

- ☐ Contrast excelent pentru țesuturile moi, dar nu există alte informații
- ☐ Imagini anatomice, informații despre difuzia apei, parametrii legați de activarea creierului pentru o sarcina motorie
- ☐ contrast osos excelent și discriminare slabă a țesuturilor moi

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

/ Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

9

Cu un IRM
pot obține:

- ☐ Contrast excelent pentru țesuturile moi, dar nu există alte informații
- ☒ Imagini anatomice, informații despre difuzia apei, parametrii legați de activarea creierului pentru o sarcină motorie
- ☐ contrast osos excelent și discriminare slabă a țesuturilor moi

/ Imagistica
prin **RM**

SCHIȚĂ DE CAPITOL:

Sistem RMN

Principiul RMN

Secvența Spin Echo

Secvență eco de
gradient

Alte secvențe

Agenți de contrast în
RMN

Artefacte în RMN

Avantajele și
dezavantajele RMN

Mesaje de luat acasă

Referințe

**Testează-ți
cunoștințele**

