

**Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică**

**Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**

**Aprob  
Șef interimar departament  
MIB  
conf.univ., dr. Serghei  
RAILEAN**

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022

# **IMAGISTICA PRIN REZONANȚĂ MAGNETICĂ**

**Teză de master**

**Student: \_\_\_\_\_ Balan Olivian, IBM-201M**

**Coordonator: \_\_\_\_\_ Aramă Efim prof.univ., dr.  
hab.**

**Chișinău – 2022**

**ADNOTARE**  
**la teza de master cu tema “Imagistica prin rezonanță magnetică”, a studentului Balan**  
**Olivian, Chișinău 2021**

**Lucrarea cuprinde:** 4 capitole, 21 figuri, 6 tabele, 8 imagini, 5 formule și 27 surse bibliografice.

**Cuvinte-cheie:** RMN, CT, tomografie, timp de repetiție, timp de ecou, artefacte, substanță de contrast.

**Scopul lucrării:** constă sintetizare a informațiilor privind principiile fizice care stau la baza rezonanței magnetice nucleare, precum și redarea unor noțiuni simple în ceea ce privește tehnicile cel mai des utilizate în RMN.

**Obiectivele generale** – analizarea bibliografică a domeniului cercetat, analiza artefactelor în rezonanța magnetică nucleară.

**Domeniul de cercetare** – constituie aspecte teoretice și practice în domeniul rezonanței magnetice nucleare.

**Originalitate științifică** – analiza artefactelor în rezonanța magnetică și utilizarea parametrilor necesari în funcție de timpii T1 și T2, pentru diminuarea la minimum artefactele apărute.

Teza cuprinde în sine introducere, patru capitole, concluzii și bibliografie.

**Capitolul I** se referă la principiile de bază a imagisticii prin rezonanță magnetică nucleară, la construcția dispozitivelor de rezonanță magnetică nucleară și la principiul lor fizic de funcționare.

**Capitolul II** se referă la tipurile de substanțe de contrast utilizate în imagistica prin rezonanță magnetică nucleară.

**Capitolul III** se referă la artefactele apărute în RMN, a câmpului de radiofrecvență sau a celor apărute din cauza mișcărilor voluntare sau involuntare a pacientului.

**Capitolul IV** se referă la tehnicile utilizate în RMN și anume a secvențelor utilizate și particularităților lor în parte, dar și aplicarea acestor secvențe în cazul a 5 pacienți cu diferite nevoi.

În concluzie se remarcă că scopul principal al acestui proiect a fost atins, se remarcă gradul de pregătire, valoarea și semnificația proiectului dar și analiza în practică a teoriei din domeniul secvențelor utilizate în RMN.

## ANNOTATION

**to the license project with theme “Magnetic resonance imaging”, of the second year student,  
Balan Olivian, Chişinău 2021**

**The draft license consists of** 4 chapters, conclusion, 6 tables, 21 figures, 8 images, 5 formulas and 27 bibliographic sources.

**Keywords:** MRI, CT, tomography, repetition time, echo time, artifacts, contrast substance.

**The aim of the paper** is to synthesize information on the physical principles underlying nuclear magnetic resonance, as well as to reproduce simple notions regarding the techniques most often used in NMR.

**General objectives** - bibliographic analysis of the researched field, analysis of artifacts in nuclear magnetic resonance.

**Research field** - are theoretical and practical aspects in the field of nuclear magnetic resonance.

**Scientific originality** - the analysis of the artifacts in the magnetic resonance and the use of the necessary parameters according to the times T1 and T2, in order to minimize the appeared artifacts.

The thesis itself includes an introduction, four chapters, conclusions and a bibliography.

**Chapter I** - deals with the basic principles of nuclear magnetic resonance imaging, the construction of blurred magnetic resonance imaging devices and their physical principle of operation.

**Chapter II** - deals with the types of contrast agents used in nuclear magnetic resonance imaging.

**Chapter III** - deals with artifacts that appear in MRI, radiofrequency field or those that appear due to voluntary or involuntary movements of the patient.

**Chapter IV** - refers to the techniques used in MRI, namely the sequences used and their particularities in part, but also the application of these sequences in the case of 5 patients with different needs.

**In conclusion**, it is noted that the main purpose of this project has been achieved, the degree of preparation, the value and significance of the project but also the analysis in practice of the theory in the field of sequences used in NMR.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	<b>9</b>
<b>1. PRINCIPIILE FIZICE ÎN REZONANȚA MAGNETICĂ NUCLEARĂ</b> .....	<b>11</b>
1.1 Noțiuni generale.....	11
1.2 Pulsul de frecvență radio(RF).....	16
1.3 Magnetizarea longitudinală și transversală.....	19
1.4 Timpul de repetiție (TR).....	22
1.5 Timpul de ecou (TE).....	24
1.6 Timpul de obținere a imaginii.....	30
1.7 Magneți și bobine.....	31
1.8 Semnalul RMN.....	33
<b>2. SUBSTANȚE DE CONTRAST</b> .....	<b>35</b>
2.1 Agenți de contrast paramagneticu distribuție introvasculară extracelular.....	35
2.2 Agenți de contrast hepatobiliari.....	36
2.3 Agenții reticulo-endoteliali.....	36
2.4 Agenți de contrast ai fluidelor extracelulare.....	37
2.5 Agenții specifici tumorali.....	37
2.6 Agenții de contrast gastrointestinali.....	37
<b>3. ARTEFACTELE ÎN REZONANȚA MAGNETICĂ NUCLEARĂ</b> .....	<b>39</b>
3.1 Artefactele câmpului de radiofrecvență.....	39
3.2 Artefactele de mișcare.....	39
3.3 Artefactele în direcția de codare a frecvenței.....	40
3.4 Artefactele în direcțiile de codare a fazei și frecvenței.....	40
3.5 Artefactele independente de direcția de codare.....	41

<b>4. TEHNICI UTILIZATE ÎN RMN ȘI REZULTATE.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 SECVENȚE DE PULS.....</b>	<b>42</b>
4.1.1 Secvența spin ecou (SE).....	42
4.1.2 Secvența FSE ( Fast Spin Echo ).....	43
4.1.3 Secvența SSFSE (single shot FSE).....	43
4.1.4 Secvența IR (inversion recovery).....	44
4.1.5 Secvențele FSE-IR, FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) și STIR (Short TI inversion recovery).....	45
4.1.6 Secvențele de puls GRE (coherent gradient echo) și SPGR(spoiled gradient echo).....	46
4.1.7 Secvența EPI (echo planar imaging).....	48
4.1.8 Secvențele DWI (diffusion weighted imaging).....	49
4.1.9 Secvențele MRA (magnetic resonance angiography).....	49
4.1.10 Imagini dinamice (dynamic imaging).....	51
4.1.11 Imagini funcționale ( functional imaging - fMRI ).....	51
<b>4.2 PUNEREA ÎN PRACTICĂ A SECVENȚELOR DE PULS.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRFIE.....</b>	<b>62</b>

## INTRODUCERE

Rezonanța magnetică nucleară ( RMN ) este o metodă de investigare de ultimă oră pe plan mondial, considerată topul imagistic în diagnosticul clinic. A fost introdusă și în țara noastră din 1991. La ora actuală, la noi, există unități de RMN, doar în marile orașe. Facilitățile oferite de această metodă imagistică va face ca și în țara noastră numărul unităților RMN să crească. Noutatea metodei obligă la o cât mai adecvată cunoaștere a bazelor ei fizice, tehnice și metodologice. Numai cunoașterea aprofundată a performanțelor tehnice deosebite ale RMN poate permite o eficiență maximă atât de importantă într-un diagnostic clinic precis. RMN este recunoscută ca o metodă neinvazivă datorită însuși principiului tehnicii sale.

Spre deosebire de metodele bazate pe radiații X (cum este CT), RMN este o tehnică noninvazivă, care nu utilizează radiații ionizante. În plus, singurul parametru specific țesuturilor, care poate fi determinat cu ajutorul radiațiilor X este densitatea de electroni, care nu variază foarte mult de la un țesut moale la altul, și adesea necesită injectare de substanță de contrast. În tehnica RMN există o multitudine de parametri tisulari care afectează semnalul de rezonanță magnetică, putând fi manipulați în diferite modalități, pentru a permite controlul asupra contrastului imaginii. Cei mai semnificativi, timpii de relaxare, acoperă o largă scală de valori în diferitele țesuturi normale sau patologice.

Examenul nu necesită pregătirea prealabilă a pacientului, în principiu nu folosește substanță de contrast și este, în general, contortabil pentru pacient. În cadrul investigației se pot realiza secțiuni frontale, sagitale, axiale și oblice de grosimea dorită, mielografii, urografii și angiografii fără substanță de contrast, precum și studii tridimensionale alb-negru și color. Imaginile selectate sunt reținute pe filme sensibile în inflaroșu, cu dezvoltare automată. Toate acestea îi conferă, din start, investigației prin RMN, valoarea deosebită în diagnosticul clinic și, respectiv, superioritatea față de unele investigații imagistice, recunoscute pe plan mondial. Încă de la începutul introducerii RMN în cadrul examenelor clinice a fost recunoscut potențialul RMN în evaluarea afecțiunilor musculo-osoase. Deși încă la început de drum, RMN a produs un impact puternic în evaluarea și managementul multor afecțiuni musculare și osoase. RMN este apreciată ca fiind folositoare în evaluarea proceselor traumatiche, inflamatorii, neoplazice și degenerative. Avantajele RMN au fost grupate în jurul a trei aspecte: [1] excelenta observare a măduvei osoase, [2] contrastul ridicat între structurile tisulare moi, și [3] abilitatea de a produce imagini secționale subțiri în orice plan. Deoarece RMN este o investigație scumpă, iar numărul unităților RMN este destul de redus, această examinare ar trebui folosită doar în cazurile în care nu se poate obține informația scontată prin alte metode de diagnostic neinvazive mai puțin costisitoare și atunci când rezultatul obținut ar putea influența tratamentul pacientului. Datorită faptului că descoperirile RMN sunt relativ nespecifice, interpretarea examinării RMN nu se poate face corect în lipsa informațiilor de la celelalte metode diagnostice, în special cele rezultate din radiografia convențională. La ora actuală se poartă

discuții referitoare la puterea câmpului magnetic referitoare la avantajele și dezavantajele câmpurilor magnetice de putere scăzută versus celor de putere crescută. Câmpurile magnetice puternice produc un semnal mai puternic decât câmpurile magnetice de putere mai mică, dar în același timp artefactele de mișcare și de deplasare chimică sunt mult mai comune în imaginile  $T_1$  obținute cu un câmp magnetic puternic. Sistemele cu câmpuri magnetice intermediare sau scăzute ca intensitate produc un semnal mai slab, dar și mai puțin zgomot. Unitățile cu câmpuri puternice necesită o protecție mult mai mare și sunt mult mai scumpe. Calitatea imaginii depinde și de alți parametri ai echipamentului unității: design-ul bobinelor de radiofrecvență și omogenitatea câmpului magnetic. Parametrii tisulari afectează și ei aspectul imaginilor RMN.

Prima parte a acestei lucrări se ocupă de fizica rezonanței magnetice a nucleului atomic. Partea a doua prezintă tehnicile folosite în exploatarea fenomenului de RMN pentru formarea imaginii.

## BIBLIOGRAFIE

1. HANS, H. Schild, *MRI made easy*, H. Heenemann GmbH, January 2012, 105 p.
2. T. Pop - *Rezonanța magnetică nucleară în diagnosticul clinic*, Apilie 2014.
3. Young IR. - *Considerations affecting signal and contrast in MRI*, June 1984.
4. Stephen J. Pomeranz - *MRI total body atlas*, February 1982.
5. Lawrence W. Basset, Richard H. Gold - *MRI - Atlas of the musculoskeletal system*, January 1989.
6. Martin P. Sandler - *Correlative imaging*, January 1989.
7. Val M. Runge - *MRI clinical principles*, 1984.
8. Burk DL Jr., Dalinka MK. - *Strategies for musculoskeletal MRI*, 1988.
9. Wojtys E., Wilson M. - *MRI of knee hyaline cartilage and intraarticular pathology*, 1991.
10. Brown SM., Muroff LR. - *Ultrafast kinematic MRI of the knee*, 2007.
11. Crues JV III, Mink J. - *Meniscal tears of the knee: Accuracy of MR*, 1995.
12. el-Khoury GY, Wira RL - *MRI of patellar tendinitis*, 1996.
13. Firooznia H., Golimbu C. - *MR of the Menisci: Fundamentals of anatomy and pathology*, 2002.
14. Gover JS., Bassett LW. - *Posterior cruciate ligament: MRI*, 1990.
15. Kornick J., Trefelner E. - *Meniscal abnormalities in the asymptomatic population at MRI*, November 1990.
16. Mink JH. - *Pitfalls in interpretation*, 1987.
17. Ruwe PA., Wright J. - *Can MRI effectively replace diagnostic arthroscopy ?*, 1997.
18. Silverman JM., Mink JH. - *Discoid menisci of the knee - MRI appearance*, 1989.
19. Crooks LE., Kaufman L. - *Spatial resolution in NMR imaging*, 1984.
20. Hendrick RE. - *Optimizing tissue contrast in MRI*, 1984.
21. Buxton RB., Edelman RR. - *Contrast in rapid MR imaging: T1 and T2 weighted imaging*, 1987.
22. Bradley W. - *MRI*, 2001.
23. Hartley P. - *Magnets for medical applications of NMR*, 1984.
24. Higgins C., Hedvig H. - *MRI of the body*, 2006.
25. Caudana R. et al - *La radiologia medica*, 2018.
26. Halavaara JT., Sepponen RE., Lamminen AE., Vehmas T., Bondestam S. - *Spin lock and magnetization transfer MR imaging of focal liver tumors*, 1998.
27. Halavaara JT., Lamminen AE., Bondestam S., Sepponen RE., Tantt JI. - *Differentiation of hepatic hemangiomas and metastases with multiple slice spin lock MR imaging*, 1990.