

LATVIJAS UNIVERSITĀTES  
MEDICĪNAS FAKULTĀTES

PROFESIONĀLĀ BAKALaura STUDIJU PROGRAMMA  
„RADIOGRĀFIJA”

**DIAGNOSTISKĀS RADIOLOĢIJAS  
IZMEKLĒJUMU KVALITĀTES KRITĒRIJI  
MUGURKAULA KRŪŠU DAĻAI  
MAGNĒTISKAJĀ REZONANSĒ**

BAKALaura DARBS

Autors: **Elīna Livzāne**  
Stud. apl. Nr. E113044

Darba vadītājs: *mag. paed.* Elizabete Kadakovska

RĪGA 2017

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darba tēma ir “Diagnostiskās radioloģijas izmeklējumu kvalitātes kritēriji mugurkaula krūšu daļai magnētiskajā rezonansē”.

**Darba mērķis:** izvērtēt mugurkaula krūšu daļas magnētiskās rezonanses kvalitātes kritēriju ievērošanu un izpildi radiogrāfera praksē.

Bakalaura darbs sastāv no ievada, teorētiskās un pētījuma daļas, secinājumiem un priekšlikumiem, izmantotās literatūras saraksta un pielikumiem.

Teorētiskajā daļā tiek apkopota un analizēta literatūra par mugurkaula krūšu daļas anatomiskām struktūrām, magnētiskās rezonanses anatomiju, magnētiskās rezonanses darbības principiem un kvalitatīvu magnētiskās rezonanses attēlu ietekmējošajiem kritērijiem.

Bakalaura darba pētījuma daļā izmantota kvalitatīvā un retrospektīvā pētniecības metode, jo tiek analizēti konkrēti mugurkaula krūšu daļas magnētiskās rezonanses izmeklējuma attēli. Darba noslēguma daļā, balstoties uz literatūras avotu un pētījumu rezultātiem, tika izdarīti secinājumi un ieteikumi.

Bakalaura darba apjoms ir 44 lappuses, to veido 5 nodaļas un 15 apakšnodaļas, darbā izmantoti 27 literatūras avoti, 3 pielikumi, darbā iekļauti 12 attēli, no kuriem 8 ir pētījuma diagrammas, izdarīti 7 secinājumi.

**Atslēgvārdi:** magnētiskā rezonanse, mugurkaula krūšu daļa, attēls, kvalitāte, radiogrāfers

## ANNOTATION

The title of the Bachelor thesis is “The quality criteria for diagnostic radiology examinations in magnetic resonance imaging of the thoracic spine”.

**The aim:** To evaluate the consideration and performance of quality criteria in thoracic spine magnetic resonance imaging on radiographer practice.

Bachelor thesis contains introduction, theoretical and research part, conclusions and suggestions, bibliography and appendixes.

Information about anatomical structures of thoracic spine, anatomy of magnetic resonance, working principles of magnetic resonance and influencing factors of quality of images had been summarised and analysed in the theoretical part.

Images of magnetic resonance of thoracic spine were used for qualitative and retrospective research method and were analysed in the research part.

In last part consist of conclusions and suggestions based on theoretical information and research results.

The Bachelor thesis are written on 44 pages, it contains 5 chapters and 15 subchapters, 27 resources, 3 appendixes, 12 pictures (from which 8 is charts), 7 conclusions.

**Keywords:** magnetic resonance, thoracic spine, image, quality, radiographer

## SATURS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS .....	6
IEVADS .....	7
1. MUGURKAULA KRŪŠU DAĻAS ANATOMIJA .....	9
1.1. Mugurkaula krūšu daļas normālā anatomija .....	10
2. MAGNĒTISKĀS REZONANSES TEHNISKIE PAMATI .....	12
2.1. MR signālu veidošanās .....	13
2.1.1. Radiofrekvenču spoles .....	14
2.2. Magnētiskās rezonanses attēlu veidi.....	15
2.3. Kontrastvielu izmantošana MR izmeklējumos .....	16
3. MUGURKAULA KRŪŠU DAĻAS MR IZMEKLĒJUMS .....	18
3.1. Mugurkaula krūšu daļas ieteicamais protokols .....	18
3.1.1. Mugurkaula krūšu daļas izmeklējuma plānošana .....	20
4. KVALITATĪVA IZMEKLĒJUMA NODROŠINĀŠANA.....	21
4.1. Pacientu aprūpe un sagatavošana .....	21
4.2. Pacientu drošība.....	22
4.2.1. Magnētiskās rezonanses kontrindikācijas.....	23
4.3. Attēla anatomiskā kvalitāte .....	25
4.4. Attēla fizikālā kvalitāte .....	26
4.5. Artefakti .....	28
5. PĒTNIECĪBAS DAĻA.....	30
5.1. Pētījuma metodoloģija .....	31
5.2. Pētījuma datu rezultāti un analīze.....	31
SECINĀJUMI UN IETEIKUMI .....	37
IZMANTOTIE LITERATŪRAS AVOTI .....	39
PIELIKUMI.....	41
1. Pielikums.....	42
2. Pielikums.....	43

3. Pielikums.....	44
-------------------	----

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

**MRI** – magnētiskās rezonanses izmeklēšana

**MR** – magnētiskā rezonanse

**RG** - radiogrāfers

**Th1** – torokālais jeb mugurkaula krūšu daļas skriemelis, kur skaitlis 1 apzīmē, kurš skriemelis pēc kārtas

**C7** – cervikālais jeb mugurkaula krūšu daļas skriemelis

**L1** – lumbālais jeb mugurkaula jostas daļas skriemelis

**FOV** – *field of view*, attēla lauks

**RF** – radiofrekvence

**TR** – *repetition time*, atkārtotāšanās laiks

**TE** – *echo time*, eho laiks

**T** – tesla, magnētiskā lauka indukcijas mērvienība

**CNS** – centrālā nervu sistēma

**ACR** – *American College of Radiology*, Amerikas Radioloģijas koledža

**ASV** – Amerikas Savienotās Valstis

**SNR** – signāla-trokšņa attiecība

**STIR** – *Short tau inversion recovery*

**CNR** – kontrasta-trokšņa attiecība

**NEX** – *number of excitations*, atsevišķo mērījumu skaits

**CSF** – *cerebro-spinal fluid*, cerebrospinalais šķidrums

**Sag** – sagitāli

**Ax** - aksiāli

**cm** - centimetri

**mm** – milimetri

**ml** – mililitri

**kg** - kilogrami

**msek** – milisekundes

**att.** - attēls

## IEVADS

Magnētiskā rezonances izmeklēšana (MRI) ir viena no mūsdienu diagnostiskās radioloģijas progresīvākajām metodēm. MRI attēlveidošanas princips balstās uz radiofrekvenču elektromagnētiskā lauka un ķermeņa udeņraža kodolu mijiedarbības pēc pacienta ievietošanas spēcīgā magnētiskā laukā. Tiek iegūti pacienta visa ķermeņa vai jebkuras ķermeņa daļas šķērsriezuma attēli – no jebkura virziena un leņķa. Magnētiskā rezonanse (MR) atšķir patoloģiju no normāliem audiem, nodrošinot jutīgu izmeklējumu, lai diagnosticētu saslimšanas. Šis jutīgums ir balstīts uz augstu kontrasta atšķirību un magnētiskās relaksācijas īpašībām dažādiem audiem.

Kopš atklāšanas brīža līdz mūsdienām MRI metode strauji kļuvusi par vienu no svarīgākajām medicīniskās attēlveidošanas ierīcēm. Tas lielā mērā ir izskaidrojams ar MRI daudzajām priekšrocībām. MRI nav saistīta ar jonizējošo starojumu un šī metode piedāvā izcilu mīksto audu kontrastu, kas nav iespējams ar citām attēlveidošanas tehnikām.

Mugurkaula diagnostiskā attēlveidošana kopumā ir viena no biežākajām radioloģiskajām procedūrām, tā ir arī daudzās valstīs visbiežāk veiktais magnētiskās rezonances izmeklējums. MR ir kļuvusi par izvēlas metodi mugurkaula saslimšanu diagnosticēšanā.

Tā kā vērojama augsta izplatība dažādām mugurkaula patoloģijām, mugurkaula attēlveidošana ieņem nozīmīgu vietu starp magnētiskās rezonances izmeklējumiem. Mugurkaula saslimšanas skar līdz pat 80% iedzīvotāju visā pasaulē un var izraisīt sāpes, invaliditāti un līdz ar to - darba spēju zudumu. Lai arī mugurkaula krūšu daļa pacientiem ir nopietns sāpju avots, salīdzinot ar kakla un jostas reģionu, tā ir daudz mazāk izpētīta. (1)

Ar MRI metodi pacientiem atklāj diska trūces, discītus un audzējus, kas pacientam var radīt sāpes mugurā. Lai varētu kvalitatīvi diagnosticēt mugurkaula patoloģiju, pirms MRI nepieciešams apskatīt pacienta slimības vēsturi un citu diagnostisko procedūru (mielogrāfijas, datortomogrāfijas) rezultātus. Katra diagnostiskā procedūra, tai skaitā MRI, jāveic ar noteiktiem kvalitātes standartiem, pēc kuriem jāvadās, lai no veiktā izmeklējuma iegūtu maksimālo informāciju un nenodarītu kaitējumu pacientam. Attēla kvalitātes kritēriji ir tie, kurus nepieciešams ievērot, lai iegūtu standarta kvalitātei atbilstošu izmeklējumu. (2)

MR izmeklējuma kvalitāte ir atkarīga gan no iekārtas, gan no radiogrāfera profesionalitātes un zināšanām, gan arī pacienta sadarbošanās spējām, bet to, kā tieši šie kritēriji ietekmē attēlu kvalitāti, tiks apskatīts un analizēts darbā. MRI kvalitāte ir visaptverošs

jēdziens un laika gaitā ir izstrādātas daudzas vadlīnijas, kuru mērķis ir izglītēt visu radioloģijas komandu – ārstu radiologu, kvalificētu medicīnas fiziķi un radiogrāferi (RG).

**Darba mērķis:** izvērtēt mugurkaula krūšu daļas MR kvalitātes kritēriju ievērošanu un izpildi radiogrāfera ikdienas darbā.

**Pētījuma hipotēze:** Magnētiskās rezonanses attēla kvalitāti ietekmē RG izvēlētie tehniskie parametri, artefakti un pacienta aprūpe.

**Darba uzdevumi:**

1. Apkopot un analizēt literatūru par mugurkaula krūšu daļas anatomiju, MR anatomiju.
2. Analizēt literatūru par MR attēla iegūšanas pamatprincipiem, attēlu veidiem.
3. Apkopot literatūru par MR kvalitatīva izmeklējuma plānošanu, protokolu izvēli.
4. Izstrādāt MR attēla kvalitātes kritēriju izvērtējuma tabulu mugurkaula krūšu daļai.
5. Veikt iegūto rezultātu apstrādi un analīzi.
6. Izdarīt secinājumus atbilstoši iegūtajiem rezultātiem.

**Pētījuma metodoloģija:** Bakalaura darbā tika izmantota kvalitatīvā pētījuma metode, ar kuras palīdzību retrospektīvi tika analizēti un novērtēti 30 mugurkaula krūšu daļas magnētiskās rezonanses izmeklējumi. Iegūtie rezultāti apkopoti diagrammās un tabulās. Balstoties uz teorētiskās literatūras un pētījuma analīzes rezultātiem, izdarīti secinājumi.

**Pētījuma bāze:** Rīgas veselības aprūpes iestāde

**Pētījuma instruments:** Mugurkaula krūšu daļas MRI kvalitātes kritēriju tabula

## 1. MUGURKAULA KRŪŠU DAĻAS ANATOMIJA

Visās medicīnas nozarēs, tai skaitā radioloģijā, veiksmīgs izmeklējums un pareizas diagnozes uzstādīšanu lielā mērā ietekmē normālās anatomijas zināšanas. Lai RG varētu pārzināt anatomiskos orientierus un sekmīgi plānotu izmeklējuma sērijas, labi jāpārzina anatomisko struktūru normāls atainojums. Tā kā MR ir salīdzinoši ilgs izmeklējums, RG savu iespēju robežas jāatšķir patoloģija no normas, lai pieņemtu lēmumu, ko tieši iekļaut izmeklējuma interesējošajā apgabalā.

Mugurkauls (*columna vertebralis*) ir galvenais balstorgāns citām ķermeņa daļām. To veido 33 - 34 skriemeļi, krustu kauls, astes kauls un starpskriemeļu diski, kuri savā starpā savienojas ar pārtrauktiem un nepārtrauktiem savienojumiem.

Mugurkaulu veido: 7 kakla skriemeļi (*vertebrae cervicales*), 12 krūšu skriemeļi (*vertebrae thoracicae*), 5 jostas skriemeļi (*vertebrae lumbalis*), 5 krustu daļas skriemeļi (*vertebrae sacrales*) un 4-5 astes daļas skriemeļi (*vertebrae cocygeae*).

Visiem mugurkaula skriemeļiem ir kopīgas anatomiskas struktūras:

*Corpus vertebrae* – skriemeļa ķermenis; *Arcus vertebra* – skriemeļa loks, piestiprinās pie *corpus vertebrae* mugurpusē abiem sāniem; *Foramen vertebrae* – skriemeļu atveres, kuras veido mugurkaula kanālu, kurā atrodas muguras smadzenes; *Processus articularis superior* – augšējais locītavas izaugums, kas iziet no *arcus vertebrae* un ir vērsts uz augšu; *Processus articularis inferior* – apakšējais locītavas izaugums, kas iziet no *arcus vertebrae* un ir vērsts uz leju; *Processus transversus* – skriemeļa sānu šķērsizaugums; *Processus spinosus* – skriemeļa mugurējais izaugums; *Foramen intervertebrale* – starpskriemeļu atvere, pa šīm atverēm no mugurkaula kanāla iziet spinālie nervi. (3)

Vertikālā sānu pozīcijā mugurkaulam labi redzami pieci fizioloģiskie izliekumi – kakla un jostas daļas izliekums uz priekšu (lordoze), bet krūšu un krustu daļā veidojas izliekums uz mugurpusi (kifoze). Mugurkaula dabiskie izliekumi nodrošina to, ka saites absorbē daļu no kompresijas spēkiem, tādējādi uz skriemeļiem netiek tieši vērsti spēki. (4)

Mugurkaula kanālā, *foramen magnum* līmenī, sākas muguras smadzenes (*medulla spinalis*). Tās beidzas ar *conus medullaris* L1 - L2 līmenī, tālāk stiepjoties kā tievs gala pavediens - *cauda equina*, kurš beidzas astes kaula kaulplēvē. Muguras smadzenes subarahnoidālajā telpā apņem brīvi plūstošs cerebrospinālais šķidrums. Kopā no muguras smadzenēm iziet 31 muguras smadzeņu nervu pāris. Katrai mugurkaula daļai atbilst noteikts segments: 8 kakla, 12 krūšu, 5 jostas, 5 krustu un 1 astes segments. (5)

## 1.1. Mugurkaula krūšu daļas normālā anatomija

Mugurkaula krūšu daļa (*pars thoracica*) ir lokalizēta starp kakla un jostas daļas skriemeļiem. Tā sastāv no 12 skriemeļiem, kuri ir atdalīti ar starpskriemeļu diskkiem. Krūšu skriemeļi kopā ar krūšu kaulu un ribām ir daļa no krūšu kurvja, kuram ir svarīga funkcija aizsargāt iekšējos orgānos. Krūšu skriemeļus iedala tipiskajos no 2. līdz 9. un atipiskajos krūšu skriemeļos – 1., 10., 11. un 12. Krūšu kurvja reģionu var iedalīt augšējā (Th1 - Th4), vidējā (Th5 - Th8) un zemākajā (Th9 - Th12) segmentā. (6)

Krūšu daļas skriemelis ir vairāk vai mazāk cilindrisks un sirds formā. Skriemeļu ķermeņi no Th1 līdz Th3 ir mazāka izmēra, bet tad pakāpeniski līdz Th12 palielinās. Galvenā krūšu skriemeļu funkcija ir atbalstīt krūšu kurvja svaru. Skriemeļu ķermeņu apakšējās un laterālajās sānu malās ir pusfasetes artikulācijai ar ribu galviņām. Krūšu skriemeļa kreisā sānu mala var būt nedaudz saplacināta aortas pulsācijas dēļ. (4) Katras mugurkaula daļas skriemeļiem ir uzbūves īpatnības, kas tos atšķir no citiem skriemeļiem. Nozīmīgākā mugurkaula krūšu daļas atšķirība ir tā, ka krūšu skriemeļi artikulē ar ribām. Skriemeļiem ir vairākas locītavvirsmas, kas atrodas uz kaulu ķermeņa sānu virsmām un uz skriemeļu šķērsizaugumiem, un kuras nodrošina savienojumu ar ribām. Starp divu blakusesošo skriemeļu ķermeņiem izveidojas pilna locītavbedre, kurā iekļaujas ribas galva. Krūšu skriemeļu smailie izaugumi (*processus spinosus*) ir gari, no sāniem saplacināti, pie pamatnes trijstūrveida un vērsti slīpi uz leju. Smailie izaugumi nodrošina muguras smadzeņu aizsardzību no traumām. Krūšu skriemeļu atvere ir salīdzinoši maza un apaļas formas. (7)

Mugurkaula krūšu daļas segmenti sastāv no dažādām anatomiskām struktūrām, tādām kā kauli, locītavas, nervi, saistaudi un muskuļi. Mugurkaula krūšu daļas locītavas var iedalīt divās grupās – tās, kas ir mugurkaula kolonnas visā garumā un locītavas, kuras ir tikai krūšu daļas skriemeļiem.

Ribu un krūšu skriemeļu artikulācija ir unikāla mugurkaula krūšu daļā un katrai ribai ir divas atsevišķas locītavas – *art. costovertebrales* un *art. costotransverse*.

Locītavas, kuras ir visā mugurkaulājā iedala divās grupās:

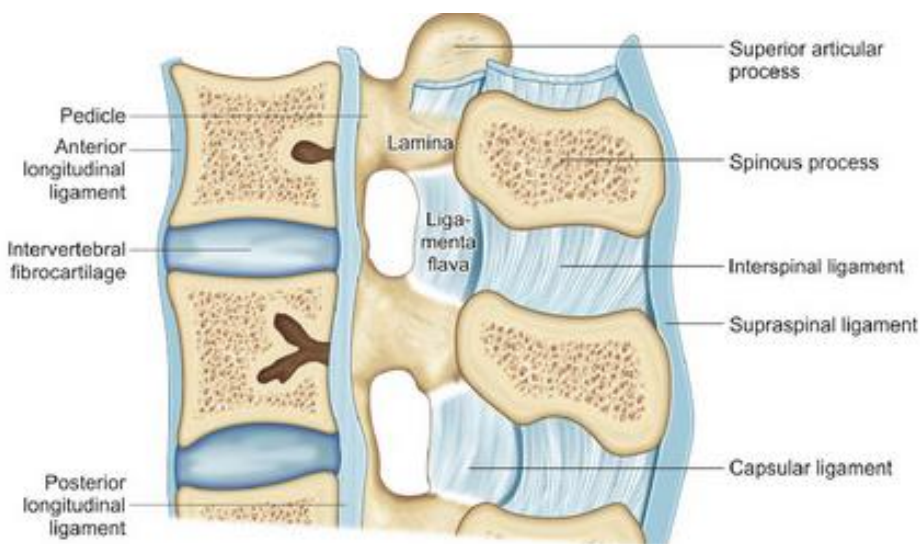
1. *Discus intervertebralis* – blakus esošās skriemeļu struktūras ir savienotas ar starpskriemeļu diskkiem. Disku veido ārējā daļa - fibrozais gredzens (*anulus fibrosus*) un vidū - recekļveida kodols (*nucleus pulposus*).

2. *Art. intervertebralis* – starpskriemeļu locītavas starp augstāk stāvošā skriemeļa *processus articularis inferior* un apakšā stāvošā skriemeļa *processus articularis superior*. (3)

Locītavas, starpskriemeļu diski un saites savieno mugurkaula skriemeļus vienā kolonnā, ko muguras muskulatūra palīdz noturēt vertikāli. Saišu galvenā funkcija ir atļaut un ierobežot fizioloģiskās kustības, veicināt muguras stabilitāti un aizsargāt muguras smadzenes no traumām. Saites iedalās garajās (*ligamenta longa*) un īsajās saitēs (*ligamenta brevia*).

Saites, kas izklāj mugurkaulu visā tā garumā: priekšējā gareniskā saite (*lig. longitudinale anterius*), mugurējā gareniskā saite (*lig. longitudinale posterius*), dzeltenās saites (*lig. flavum*), starpsmaiņu saites (*lig. interspinale*) un virssmaiņu saites (*lig. supraspinale*).

Saites, kuras balsta tikai krūšu daļas mugurkaulu: *lig. capitis costae radiatum* – iziet no *capitis costae* līdz divu skriemeļu ķermeņiem un starpskriemeļu diskiem; *lig. costotransversarium* – savieno *collum costae* ar *processus transversus*; *lig. costotransversarium laterale* – sniedzas no *processus transversus* līdz *tuberculum costae*; *Lig. costotransversarium superius* – iziet no *collum costae* augšējās robežas līdz augstāk esošā skriemeļa *processus transversus*. (6)



1.1. attēls. Mugurkaula krūšu daļas saites (4)

Tā kā lielākā ķermeņa masa atrodas mugurkaula priekšpusē, nepieciešami daudzi spēcīgi muskuļi, kuri stiprinās pie skriemeļu izaugumiem. Muskuļi un sarežģīta neiromuskulāra kontrole ir būtiska, lai nodrošinātu mugurkaula stabilitāti un iegūtu līdzsvarotas muguras fizioloģiskās kustības. Muguras muskulatūrai ir ne tikai nozīmīga loma mugurkaula stabilitātes, kustību un līdzsvara uzturēšanai, bet tā ir arī savstarpēji saistīta ar ekstremitāšu kustībām. Muguras muskuļus (*musculi dorsi*) iedala sekļajos un dziļajos muskuļos. (8)

## 2. MAGNĒTISKĀS REZONANSES TEHNISKIE PAMATI

Kā jau tika minēts, magnētiskā rezonanse ir salīdzinoši nesena medicīniskā attēlveidošanas metode. Lai gan kodolmagnētiskās rezonances fenomēns ir zināms kopš 1946. gada, tā piemērošana medicīnas attēlveidošanas praksē realizējās tikai 1973. gadā, kad Pols Loterbērs (*P. Lauterbur*) aprakstīja tehniku kā telpiski kodēt MR signālus, izmantojot lineāro magnētisko lauku gradientus. 1974. gadā Pīters Mensfīlds (*P. Mansfield*) prezentēja matemātisko teoriju, kas attēlu rekonstrukcijas ļauj iegūt skaidrākas un īsākā laikā. 2003. gadā Pols Loterbērs un Pīters Mensfīlds ieguva Nobela prēmiju medicīnā. (9)

Mūsdienās visas MR sistēmas sastāv no šādām komponentēm:

- 1) spēcīgs magnēts, kas producē konstantu magnētisko lauku;
- 2) RF raidītāju spoles, kas organismā pārraida radio signālus;
- 3) RF uztvērēju spoles, kas uzver signālus, kuri nāk atpakaļ no organisma;
- 4) magnētiskā lauka gradienti, kuri lokalizē telpiskos MR signālus;
- 5) datorsistēma, kas kontrolē iekārtu, rekonstruē attēlus un nodrošina arhivēšanu;
- 6) pacienta galds un pozicionēšanas, komforta palīg līdzekļi, kā arī fizioloģiskās monitoringa iekārtas. (10)

Visnozīmīgākā MR iekārtas sastāvdaļa ir atvērta vai slēgta tipa gentryjs - magnēts, kas ir kā iekārtas "sirds". Magnētiskā lauka spēks tiek izteikts Teslās (T), 1 T ir ekvivalenta 10 000 Gausiem. Jo lielāks magnētiskā lauka stiprums, jo ar augstāku anatomisko izšķirtspēju izmeklējums tiks veikts. Medicīniskajā MR attēlveidošanā magnētiskā lauka stiprums svārstās no 0,1 līdz 3,0 T. Galvenie magnētu veidi, kurus izmanto MR iekārtās:

- 1) Permanentie magnēti – sastāv no feromagnētiskas vielas. Šāda veida magnēti vienmēr ir magnētiski un tiem nav nepieciešams ārējs enerģijas avots. Iespējamie trūkumi ir siltuma nestabilitāte, ierobežots lauka stiprums un to svars (0,3 T magnēts var svērt apmēram 100 tonnas);
- 2) Pretestības (*resesitive*) magnēti - tos sauc arī par elektromagnētiem, jo tie izmanto elektrisko enerģiju. Tie ir magnētiski tikai tad, kad caur tiem plūst elektriskā strāva. Šāda veida magnēti sasilst un tos ir nepieciešams atdzesēt. Salīdzinājumā ar permanentiem magnētiem, tie var sasniegt augstāku lauka stiprumu - līdz 0,5 T. Priekšrocība ir tā, ka iekārtu uzreiz pēc avārijas ir iespējams izslēgt;

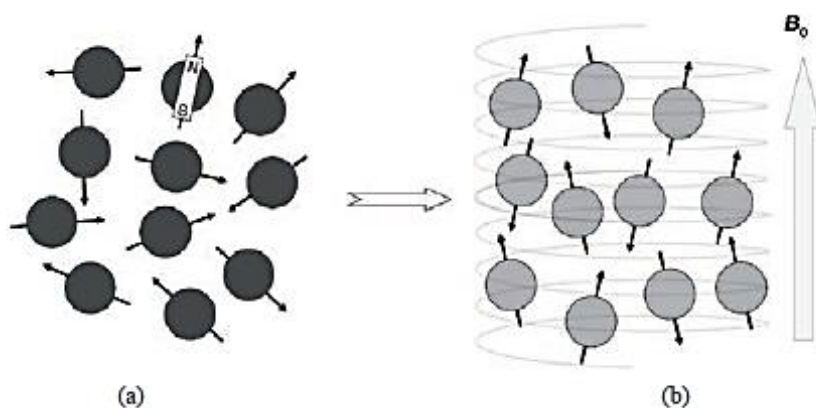
3) Supravadošie (*superconducting*) magnēti – mūsdienās visplašāk izmantotie MR iekārtas magnēti. Tos izmanto spēcīgu magnētisko lauku radīšanai. Izmanto šķidro hēliju kā kriogēnu dzesēšanas šķidrumu. Ja kādu iemeslu dēļ temperatūra paaugstināsies virs supravadītāju temperatūras, var notikt tā sauktais *quench* jeb hēlija noplūde. Šo iekārtu trūkumi ir augstās izmaksas, kas saistītas ar grūti pieejamiem un dārgiem kriogēniem. (11)

Lai spētu nodrošināt izmeklējuma kvalitāti, radiogrāferim jābūt zināšanām par MRI fizikālo attēlveidošanās principu.

## 2.1. MR signālu veidošanās

Magnētiskās rezonances attēlu ieguves pamatā ir ūdeņraža atomu kodola signālu īpašības. Ūdeņraža atoms sastāv no kodola, kas satur vienu protonu un apkārt ap kodolu riņķo viens elektrons. Protons ir pozitīvi lādēta daļiņa, savukārt elektrons - negatīvi un kopumā viss ūdeņraža atoms ir neitrāli lādēts. Neatkarīgi no tā, ka protons ir pozitīvi lādēts, tam arī piemīt griezes īpašība. Protons rotē ap savu asi un cenšas saglabāt telpisko orientāciju. Kā rotējoša masa ar elektrisko lādiņu, protonam ir magnētisma moments un var teikt, ka protons uzvedas kā mazs magnēts. Tieši šīs protonu magnētiskās griezes īpašības izmanto, lai veidotu MR attēlus. Protonu kustības ietekmē ārējie magnētiskie lauki, elektromagnētiskie viļņi un uztvērēja spole.

Ķermenī protoni nolīdzinās ar ārējo magnētisko lauku, līdzīgi kā tas notiek ar kompasu adatām. (12) Normāli ķermenī protoni griežas randomizētā virzienā, bet līdz ko tie tiek pakļauti spēcīgam magnētiskajam laukam, tie sakārtojas paralēli (uz augšu) vai antiparalēli (uz leju) magnētiskā lauka līnijām.



2.1. attēls. a) Protonu spini sākotnēji randomizēti orientēti telpā; b) Ārējā magnētiska lauka ietekmē protonu spini nolīdzinās vai nu paralēli vai antiparalēli (13)

Vēl protoni kustas apkārt magnētiskā lauka līnijām. Tas ir pārvietošanās veids, ko sauc par precesiju. Precesija ir rotācijas ass kustība, kura apraksta konisku virsmu, to var salīdzināt ar vilciņa rotēšanu. Jo spēcīgāks magnētiskais lauks, jo biežāka frekvence un lielāks precesijas ātrums. Lai matemātiski precīzi aprēķinātu šo frekvenci, izmanto Larmora vienādojumu.

Pēc tam, kad pacients tiek ievietots MR iekārtā, tiek raidīti radioviļņi, konkrētāk - īss elektromagnētiskā viļņa uzplaisnījums, kas tiek saukts par radiofrekvences impulsu. Tikai tad, kad RF impulsiem un protoniem ir vienāda frekvence, protons var uzņemt enerģiju no radioviļņa - šo fenomenu sauc par rezonansi. Pēc radioviļņu nosūtīšanas, protoni pārvietojas sinhronizēti, tie norāda uz vienu un to pašu virzienu vienā un tajā pašā laikā.

Līdzko radiofrekvenču pulsus izslēdz, protons uzreiz zaudē enerģiju un atgriežas sākuma stāvoklī, to sauc par relaksāciju. Iespējama transversālā relaksācija pa X un Y asi un longitudinālā relaksācija pa Z asi. Tikko izveidotā transversālā magnetizācija sāk izzust un šo procesu dēvē par transversālo relaksāciju, bet longitudinālā magnetizācija pieaug sākotnējā apjomā – longitudinālā relaksācija. Longitudinālā magnetizācija palielinās, jo pēc tā, kā RF impulsus izslēdz, protoni atgriežas atpakaļ no augstāka uz zemāku enerģijas līmeni.

Laiks, kas nepieciešams, lai garenvirziena magnetizācija atgrieztos atpakaļ savā sākotnējā apjomā par 63%, tiek aprakstīts kā longitudinālais relaksācijas laiks T1. Šo atjaunošanās procesu sauc ne tikai par longitudinālo relaksāciju, bet arī par *spin-lattice* relaksāciju, jo notiek absorbētās enerģijas apmaiņa ar apkārtējo vidi. Savukārt transversālais relaksācijas laiks T2 apraksta, cik ilgā laikā protoni zaudē 63% no transversālās magnetizācijas. Vēl transversālo relaksāciju dēvē par *spin-spin* relaksāciju, jo katrs spins sev apkārt rada savu magnētisko lauku, tādējādi savstarpēji ietekmējot viens otru.

T1 relaksācijas laiks bioloģiskos audos ir apmēram 300 līdz 2000 ms, bet T2 relaksācijas laiks ir apmēram 30 līdz 150 ms. T1 laiks ir atkarīgs no audu sastāva, struktūras un apkārt esošajiem audiem. Šķidrumiem T1 un T2 relaksācijas laiks ir garš, bet taukiem tas ir īsāks. (11)

### 2.1.1. Radiofrekvenču spoles

MR signāli, kas sniedz diagnostisko informāciju, rodas no pacientu audiem, reaģējot uz radiofrekvenču impulsiem. Šos pulsus ģenerē raidītāju spoles, kuras uzliek uz visa pacienta ķermeņa vai konkrēta anatomiska reģiona. Ķermeņa spole parasti ir iebūvēta MR iekārtas konstrukcijā. Galvas vai ekstremitāšu izmeklēšanai parasti izmanto mazākas konkrētā reģiona spoles. Izplatītākās spoles ir mugurkaula, kakla, ceļa, plaukstas locītavas, pleca locītavas,

krūšu dziedzeru, prostatas, perifēro asinsvadu, elastīgās un temporomandibulārās locītavu spoles. Spole jācenšas novietot pēc iespējas tuvāk pacienta izmeklējamajam reģionam, lai iegūtu kvalitatīvu attēlu. Radiofrekvenču impulsu pārraidīšanai un signālu saņemšanai var izmantot vienu un to pašu spoli vai dažādas. Katras šķēles nepastrādātie dati tiek savākti k telpā, kas ir MR signālu grafisks attēlojums, lai ražotu attēlus.

Pacienta organismā veidojošos MR signālus savāc izmantojot uztvērēja spoles. MR signāli ir ļoti vāji un jutīgi pret elektriskiem traucējumiem. MR iekārtas telpā ir iebūvēts īpašs vairogs, zināms kā Faradeja būris, lai samazinātu iejaukšanos no ārpus izmeklējuma telpas esošajiem radiofrekvenču pulsēm. Tāpēc ļoti svarīgi skenēšanas brīdī cieši aizvērt kabineta durvis.

Lai veidotu attēlus, MR signālu lokalizēšana organismā tiek panākta, radot īstermiņa telpisko variāciju magnētiskajā laukā apkārt pacientam. To dēvē par gradientu. Spēcīgāku gradientu lietošana nodrošina ātrāku skenēšanu. Gradientu spoles izmeklēšanas laikā rada skaļus, nepatīkamus trokšņus, piemēram, augstu toņu pīkstienus un klikšķināšanu. (10)

## 2.2. Magnētiskās rezonanses attēlu veidi

MR attēls būtībā ir kā datorizēta karte, kas parāda dažādas intensitātes izstarotos signālus no ķermeņa audiem. MR sekvenču ir RF impulsu un gradientu noteikta kārtība kā rezultātā iegūst attēlus ar atšķirīgām īpašībām. Ar MR attēla kontrastu var manipulēt, mainot pulsa sekvenču parametrus. Sekvenču parametri iekļauj sevī RF pulsa noteiktu skaitu, stiprumu un laiku. Divi svarīgākie parametri, kuri ietekmē attēla kontrastu ir TR – atkārtojuma laiks un TE – atbalss laiks. TR ir atkārtojuma laiks, cik ilgā laikā notiek viens pilns, piemēram, 90 grādu RF pulsa atkārtojums. TE ir atbalss laiks starp RF pulsa sekvenču sākumu un datu iegūšanu.

Atkarībā no atbalss iegūšanas veida, MR izšķir divas galvenās sekvenču – *spin echo* un *gradient echo* sekvenču. *Spin echo* sekvenču sastāv no 90° pulsa, kam seko 180° pulss, sekvenču tālāk atkārtojas tik ilgi, līdz iespējams iegūt MR attēlu. *Gradient echo* sekvenču pulss parasti ir mazā leņķī 5-20° un ar īsu TR laiku. Pieejamas arī tā sauktās hibrīdsekvenču – *spin echo* un *gradient echo* sekvenču mikss. Ir izstrādātas daudzas sekvenču variācijas, galvenokārt, lai uzlabotu kontrastu un saīsinātu izmeklējuma laiku. (14)

MR attēlu pelēkās nokrāsas audos vai šķidrumā dēvē par signāla intensitāti. Augsta signāla intensitāte attēlā vizualizēsies balta, vidēja signāla intensitāte – pelēka, zema signāla intensitāte – melna. Vēl intensitātes raksturošanai izmanto terminus: *hiperintenss* – gaišāks reģions nekā apkārtējie audi; *izointenss* – tāda paša spilguma kā apkārt esošie audi; *hipointenss* – tumšāks par apkārt esošajiem audiem.

Kopumā visbiežāk pielietotās sekvenses ir T1 uzsvērtās un T2 uzsvērtās *spin-echo* sekvenses. Lai iegūtu T1 uzsvērto sekvensi izmanto īsu TR un TE laiku (TR<1000 msek, TE <30 msek). T2 uzsvērtajā sekvencē izmanto garu TR un TE laiku (TR>2000msek, TE> 80 msek).

T1 uzsvērtie attēli ir daļa no gandrīz visiem izmantotajiem protokoliem, to sauc arī par anatomijas attēlu. Šķidrums (brīvs šķidrums, saturs žultspūslī un kopējā žultsvadā, saturs urīnceļos un urīnpūslī) parasti izskatās tumši. Savukārt gaiši izskatās tauki, subakūta hemorāģija, un paramagnētiskas substances – gadolīniju saturošas kontrastvielas.

T2 uzsvērtos attēlus sauc arī par patoloģijas attēliem. Šķidrums parasti izskatās gaiši. Tumši izskatīsies gaiss, kortikālie audi, saistaudi, metāls un ātri cirkulējošas asinis, tāpat arī T1 attēlos. (15)

### 2.1. tabula

#### Normālas signāla intensitātes salīdzinājums T1 un T2 uzsvērtajos attēlos (5)

Struktūra	T1 signāla intensitāte	T2 signāla intensitāte
<i>Muguras smadzenes</i>	vidēja	vidēja
<i>Cerebrospinālais šķidrums</i>	zema	augsta
<i>Disks</i>	vidēja	augsta
<i>Kortikālais kauls/disks</i>	zema	zema
<i>Muskuļi</i>	vidēja	vidēja

### 2.3. Kontrastvielu izmantošana MR izmeklējumos

Kontrastvielas ir ķīmiskas vielas, kuras izmanto kontrasta palielināšanai starp dažādiem audiem vai starp normālo anatomiju un patoloģiju. Kontrastvielas visizplatītākais efekts ir signāla intensitātes samazināšana, saīsinot protonu T1 relaksācijas laiku.

Visbiežāk izmantotās MR paramagnētiskās kontrastvielas ir uz gadolīniju bāzētās. Gadolīniju saturoša kontrastviela sastāv no sarežģīta molekulu un atomu kompleksa, ko kopā satur ķīmiskas saites. Šīs ķīmiskās saites ir veidotas starp gadolīnija jonu un nesēja molekulu (helātu aģentu). Helātu aģenti novērš toksicitāti no gadolīnija, vienlaikus saglabājot kontrasta īpašības. Kontrastvielu injicē intravenozi un tās izdalīšanās notiek caur nierēm. Tādēļ visiem pacientiem pirms kontrastvielas ievades ir jānosaka seruma kreatinīna līmenis un glomerulu filtrācijas ātrums, kā arī ieteicama papildus šķidruma uzņemšana. Parasti kontrastvielas devu aprēķina katram pacientam individuāli 0.2 ml/kg.

Gadolīnija saturošas kontrastvielas kopumā tika uzskatītas par drošām, lai gan to

nesen ir sākts apšaubīt. Blakusparādības vai reakcijas var parādīties, bet tas ir reti. Pacientiem ar normālu nieru funkciju lielākā kontrastvielas daļa 24 stundā laikā jau ir izvadījusies. Visbiežāk sastopamās nevēlamās blakusparādības ir minimālas un pārejošas: galvassāpes, nelabums un reibonis uz īsu laiku pēc injekcijas. Daži pacienti jūt aukstumu injekcijas vietā. Alerģijai līdzīgas reakcijas sastopamas daudz retāk – 1 no 1000 pacientiem un var parādīties niezoši ādas izsitumi dažas minūtes pēc injekcijas. Tas parasti pāriet stundas laikā, bet var būt arī kā brīdinājuma zīme par nopietnas alerģiskas reakcijas attīstību.

Smagas anafilaktiskas reakcijas uz gadolīnija saturošu kontrastvielu pacientiem ir aprakstītas, bet sastopamas ārkārtīgi reti. Reakcija izpaužas kā apgrūtināta elpošana, lūpu un eplceļu pietūkums, rodas 1 no 10000 pacientu, kuri saņēmuši injekciju. Tādos gadījumos nekavējoties pacientam intravenozi jāievada neatliekamās palīdzības medikamentus. (16)

Ar gadolīniju saturošu kontrastvielu lietošanu tiek saistīts palielināts nefrogēniskas sistēmiskas fibrozes (NSF) risks, ko sauc arī par nefrogēnisku fibrozējošu dermopātiju. NSF izpaužas ar saistaudu un ādas sabiezēšanu, āda kļūst raupja un cieta. Vēlāk sāk veidoties kontraktūras un locītavu mazkustīgums. Fibrozes process var skart arī citus orgānus - plaušas, aknas, muskuļus un sirdi. Pacienta klīniskā aina var strauji prognozēt un beigties arī letāli. Tomēr slimības progresēšanu var palēnināt vai apturēt ar nieru funkciju uzlabošanu. Ziņojumi par NSF tika saņemti tikai par pacientiem, kuriem bija smagi nieru darbības traucējumi un samazināta kontrastvielas izvadīšanās. Pacientiem ar smagiem nieru darbības traucējumiem gadolīnija saturošu kontrastvielu nedrīkst lietot. (16)

Pavisam nesen ir tika atklāts, ka dažas gadolīnija saturošas kontrastvielas formas izgulsnējas audos, galvenokārt kaulos un galvas smadzenēs (apmēram 1% no ievadītās devas). Eiropas Zāļu aģentūras (EMA) Farmakovigilances riska vērtēšanas komiteja (PRAC) publicējusi rekomendācijas, kurās iesaka lietot makrocikliskās kontrastvielas (gadobutrols, gadoterskābe un gadoteridols) mazākajā devā, kas pietiekami uzlabo attēlus diagnozes noteikšanai, un tikai gadījumos, kad attēldiagnostika bez kontrastvielas ievades nav piemērota.

Lai gan nav saņemts neviens ziņojums par simptomiem vai slimībām, kas būtu saistītas ar gadolīnija izgulsnēšanos galvas smadzenēs, jāņem vērā, ka dati par gadolīnija ilgāka laika ietekmi uz galvas smadzenēm ir ierobežoti. Neklīniskie laboratoriskie pētījumi norāda, ka gadolīnijs var kaitīgi iedarboties uz audiem. (17)

### 3. MUGURKAULA KRŪŠU DAĻAS MR IZMEKLĒJUMS

Mugurkaula krūšu daļas MR attēlveidošana ļauj identificēt mugurkaula anatomijas detaļas, tai skaitā par intraspinaļu saturu, nervu atverītēm, locītavām, saitēm, starpskriemeļu diskiem un kaulu smadzenēm. Tikai labi pārzinot normālās anatomijas attēlojumu var diferencēt patoloģijas. (skatīt 2. pielikumu)

Iespējamās indikācijas izmeklējumam mugurkaula krūšu daļas patoloģiju gadījumos:

- Muguras sāpes augšdaļā un radikulopātija;
- Injekcijas vai iekaisuma process (muguras smadzeņu abscess / osteomielīts);
- Multiplā skleroze un citas demielinizējošas saslimšanas vai mielopātijas;
- Iespējama muguras smadzeņu trauma un post-traumatisks neiroloģisks deficīts;
- Novērtēt vai kontrolēt muguras smadzeņu iedzimtas malformācijas;
- Novērtēt vai kontrolēt CNS un apvalku iekaisuma procesus, audzējus;
- Novērtēt vai kontrolēt muguras smadzeņu kompresiju;
- Mugurkaula vaskulāras traumas;
- Kontrole pēc veiktas mugurkaula operācijas;
- Mugurkaula tuberkuloze.

Indikācijas kontrastvielas ievadīšanai:

- Novērtēt vai kontrolēt CNS audzējus;
- Kontrole pirms un pēc veiktas mugurkaula operācijas;
- Multiplā skleroze, hemiplēģija / parestēzija, infekcijas;
- Aizdomas par metastāzēm mugurkaulā. (18)

#### 3.1. Mugurkaula krūšu daļas ieteicamais protokols

Lai gan ir daudz dažādu paņēmienu kā veikt MR izmeklējumus atkarībā no pacienta medicīniskās problēmas un konkrētā radiologa attēlu interpretācijas, taču ir dažas tipiskās stratēģijas, kas kopīgas vairumam izmeklējumu.

Tā kā mugurkaula attēlveidošana tikai vienā plaknē var radīt pārpratumus, būtu jāiegūst sagitālās un aksiālās plaknes MR attēli. Sagitālā plakne ir primārā mugurkaula diagnostiskā

attēla plakne. Tajā vērtē skriemeļu ķermeņus, diska signālu un augstumu, epidurālas telpas, nervu saknītes, spinālo kanālu, *processus spinosus*, priekšējās un mugurējās gareniskās saites, starpsmaiļu un virssmaiļu saites.

Koronārās sērijas var būt noderīgas, ja pacientam ir skolioze. Slīpos aksiālos attēlus caur disku iegūst, ja pacientam ir deģeneratīvas pārmaiņas, sāpes vai radikulopātija. Mugurkaula aksiālajā plaknē novērtē disku, nervu saknītes, starpskriemeļu atveres, spinālo kanālu, epidurālo telpu, starpskriemeļu locītavas un dzeltenās saites.

*Spin-echo (SE)* un *fast spin-echo (FSE)* ir visbiežāk izmantotās sekvences mugurkaula MR izmeklējumiem. FSE attēlveidošanas mūsdienās ir aizstājusi SE, jo ar FSE ir sasniedzama augstāka kvalitāte īsakā laika posmā. STIR attēlveidošana nomāc signālu no taukiem un ir lietderīga izvērtējot kaula smadzenes, tādos gadījumos kā metastāzes, infekcijas un neoplastiski bojājumi. STIR arī ir noderīgs traumu gadījumos, kad jāizvērtē saišu bojājumi un izmaiņas saistītas pēc asinsizplūdumiem vai tūskas.

*Gradient-echo* sekvences ļauj nodalīt kaulu no diska, nodrošina lielisku kontrastu starp muguras smadzenēm un apkārtējo subarahniodālo telpu un ļauj skaidri vizualizēt nervu saknīšu izešanas vietas. *Gradient-echo* aksiālie attēli tiek izmantoti kakla un krūšu daļas mugurkaula reģionā, lai atklātu mugurkaula kanāla un foraminālās stenozes. (5)

Svarīgi mugurkaulu izmeklēt sagitāli ar T1 uzsvērtu sekvensi, lai izvērtētu kaulu smadzenes un novērtētu anatomiskās struktūras. Sagitāli T2 uzsvērtie attēli nepieciešami, lai novērtētu starpskriemeļu disku hidratāciju un palīdzētu raksturot redzamās patoloģijas. Visbeidzot katra diska aksiālie skeni ir svarīgi, lai labāk novērtētu diska trūces apjomu un nervu saknīšu kompresiju. Pacientiem, kuriem ir mugurkaula audzējs, citas muguras smadzeņu patoloģijas vai anamnēzē mugurkaula operācija, būtu lietderīgi iegūt T1 uzsvērtos attēlus pēc kontrastvielas ievadīšanas. Tauku nospiešanas sekvence (*fat saturated*) ir būtiska mugurkaula struktūru metastātisku procesu izvērtēšanai. Parasti slāņa biezums no 3 - 4 mm ir pietiekošs mugurkaula attēlveidošanā. (10)

#### **Mugurkaula krūšu daļas izmeklējuma sekvences:**

- T2 FSE (*fast spin-echo sequence*) sag
- T1 FSE sag
- STIR FSE sag
- T2 FSE ax
- T2/STIR FSE koronāri– pēc nepieciešamības.
- Ja ievada kontrastvielu, tad lieto papildus sekvensi: T1 FSE *Fat sat* ax un sag pēc kontrastvielas ievadīšanas. (18)

### 3.1.1. Mugurkaula krūšu daļas izmeklējuma plānošana

Atkarībā no pacienta individuālajām sūdzībām un anamnēzes nosaka, kuru no mugurkaula daļām – kakla, krūšu vai jostas daļu izmeklēt. Atsevišķos gadījumos ir indicēts mugurkaula izmeklējums visā tā garumā. Skenēšanas protokola parametri, tādi kā FOV, slāņa biezums un matrica, parasti katrai no mugurkaula daļām atšķiras, bet metode un pielietotās sekvences būtībā ir tās pašas.

MRI sākas ar *scout* trīs plakņu attēliem, lai uz tiem plānotu diagnostiskos attēlus ar augstu kvalitāti. Mugurkaula sagitālās sērijas plāno uz koronārās plaknes. Pozīcijas bloku liek paralēli muguras smadzenēm, aksiālajā plaknē plāno paralēli krūšu skriemeļu viduslīnijai un *processus spinosus*. Izmeklējuma reģions sākas no *C7 superior* līdz *conus medullaris*. Šķēlēm jābūt pietiekamām, lai iekļautu pilnībā *processus transversus*. Lai izvairītos no elpošanas artefaktiem, krūšu kurvja priekšējā sienā uzliek saturācijas joslu (*saturation band*).

Aksiālās sērijas plāno uz sagitālās plaknes. Pozīcijas bloku novieto perpendikulāri muguras smadzenēm. Diska izmeklējumu gadījumos ir pietiekoši izdarīt 3 līdz 4 griezumus vienā līmenī, bet, ja nepieciešams, tad izmeklē vairākos līmeņos. Pie plašākiem bojājumiem (audzējs, metastāzes), būtu jāietver nedaudz virs un zem izmeklējamās zonas. Ja mugurkaulam ir skoliotisks izliekums, tad koronārajā plaknē ir atbilstoši jāšķiebj pozīcijas bloks (paralēli starpskriemeļu diskiem). (18)

## 4. KVALITATĪVA IZMEKLĒJUMA NODROŠINĀŠANA

Lai izmeklējums būtu ar diagnostisku kvalitāti un sasniegtu izvirzīto mērķi, nepieciešami vairāki savā starpā kvalitatīvi un secīgi veikti izmeklējuma etapi. Izmeklējuma sniegumam ir jāietver pareiza, standartam atbilstoša tehnika. Būtībā, līdz ko pacients ienāk MR izmeklējuma telpā, RG jau jāpaveic svarīgi priekšnosacījumi pirms pacientu izmeklēt. Tas ietver sarunu pirms izmeklējuma, nedaudz vēlāk pareizu spoles izvēli un precīzu pacienta pozicionēšanu. Ne mazāk svarīga ir atbilstoša protokola izvēle, balstoties uz klīnisko izmeklējuma indikāciju un pacienta slimības vēstures. Lai sasniegtu diagnostisko pētījumu un atbildētu uz klīnisko norādi, nepieciešama iekārtas uzstādījumu un pulsa sekvenču optimizācija un piemērotu programmatūru, darbstacijas izmantošana.

Lai nodrošinātu nepārtrauktu izmeklējumu kvalitatīvu izpildi, regulāri jāveic iekārtas kvalitātes kontrole. Regulāra (īkdienas un periodiskā) kvalitātes kontrole un testi jāveic saskaņā ar mērījumiem, kuri norādīti ražotāja sistēmas specifikācijās vai pēc nozares standartiem.

Īkdienas kvalitātes kontroles novērtējumos būtu jāiekļauj: funkcionējošā pacientu drošības aprīkojuma novērtēšana, centra frekvences testi, signāla - trokšņa attiecība, attēlu viendabīguma un artefaktu novērtējums. Visi kvalitātes kontroles rezultāti ir jādokumentē un jāpārskata. Vispārēja iekārtu pārbaude (piemēram, RF spoļu kabeļi, iekārtas galda manipulācijas) arī būtu jāiekļauj profilaktiskajās apskatēs. (19)

### 4.1. Pacientu aprūpe un sagatavošana

Pacientu emocionālā labklājība ir tikpat svarīga kā fiziskā pašsajūta. Personāls ir atbildīgs par to, ka pacients izmeklējuma laikā jūtas atbrīvojies un mierīgs. Pareizi informēts pacients jutīsies daudz ērtāk, jo nebaidīsies no nezināmā. Pacientu sadarbībai ir būtiska loma augstas kvalitātes attēlu iegūšanai, tādēļ pirms izmeklējuma RG sarunas laikā ir jājūt atgriezeniskā saite no pacienta. Sarunas laikā RG jāizskaidro izmeklējuma būtība, kā arī jānosaka, vai pacientam izmeklējums būs drošs un nepieciešams. Pacientam jāpaskaidro, ka kustības izmeklējuma laikā var negatīvi ietekmēt attēla kvalitāti. RG jāparliecinās, ka tiks izmeklēts pareizais anatomiskais reģions, lai nerastos nevajadzīgi pārpratumi.

Pacientam pirms mugurkaula izmeklēšanas nav nepieciešama iepriekšēja sagatavošanās un nav diētas ierobežojumu. Pacientam sniedz informāciju, ka ir jānoņem no apģērba un

ķermeņa visi metālu saturoši priekšmeti, kā piemēram, rotas lietas, pulksteņi, kredītkartes, monētas.

**Pacienta pozicionēšana:** Pacients guļ supinācijā uz muguras spoles, kura atrodas galda centrā. Krūšu kaula centram jāsakrīt ar muguras spoles centru. Lai nodrošinātu komfortu, zem pacienta ceļiem novieto paliktņi. Papildus atbalsta spilventiņus novieto zem pacienta rokām, lai izvairītos no tieša ādas kontakta ar iekārtas atvērumu. Lāzera staru lokalizatoru centrē pa vidu krūšu kaulam Th4 - Th5 līmenī. Pacientam uzliek ausu aizbāžņus.

Pacientu pozicionē uz izmeklējuma galda un nodrošina ne tikai precizitāti, bet arī to, lai pacients justos ērti un komfortabli. Brīdī, kad pacients no sākotnējās pozīcijas kustas MR atvēruma izocentrā, jāseko tam, lai pacientam nesākas klaustrofobijas lēkme un vai pacients ietilps gentryja atvērumā. Pēc tam, kad RG ir pārliecinājies, ka pacients jūtas ērti un ir sapratis norādījumus, izmeklējuma telpu pamet un cieši aizver durvis.

Visi pacienti izmeklējuma brīdī jānovēro caur logu vai kameru, lai nekavējoties varētu sniegt palīdzību, ja tāda nepieciešama. Ja notiek ārkārtas situācija, pirmā prioritāte ir izvest pacientu no izmeklējuma telpas, lai varētu sniegt palīdzību ar visu nepieciešamo ekipējumu.

Gadījumā, ja pacientam ir radusies reakcija no kontrastvielas vai arī ir sūdzības par sliktu pašsajūtu, drošāk būtu uzkavēties medicīnas iestādē līdz viņa stāvoklis normalizējas un tikai tad pamest slimnīcas vai poliklīnikas telpas. (10)

## 4.2. Pacientu drošība

Pacientu drošības galvenais aspekts ir magnētiskā drošība, tādēļ katrs potenciālais pacients un medicīnas darbinieki pirms ieešanas MR telpā ir rūpīgi un pareizi jāizmeklē, veicot skrīningu. Kļūda vai paviršība var sabojāt iekārtu, izraisīt traumas un pat pacienta nāvi.

Drošības jautājumi, tostarp potenciāli biostimulācijas ierīču traucējumi, feromagnētisku objektu izkustēšanās un incidenti ar iekārtas uzkaršanu 2002. gadā tikuši publicēti ACR vadlīniju dokumentā *White Paper on MR Safety*. 2007. gadā šis dokuments tika pārrakstīts un izlaists saskaņā ar jaunu nosaukumu *ACR Guidance Document for Safe MR Practices*. Reglamentējošas MRI attēlveidošanas drošības vadlīnijas ir standartizējušas daudzus pacientu drošības aspektus. (20)

Arī spoļu un kabeļu drošībai ir jāpievērš uzmanība, tā kā nav nekas neparasts, ka tās izmeklējuma laikā var uzkarst. RG jāpārliecinās, ka ir pietiekama izolācija starp spolēm un pacienta ādu. Ja radiofrekvenču spoles un kabeļi būs kontaktā ar pacienta ādu, var rasties tiešs ādas termisks bojājums. Šādi negadījumi notiek reti – ASV starp 2000. un 2010. gadu ziņoti 419 gadījumi. (20)

Kā arī, ja pacientam ķermenī ir ievietota metāla protēze, tā var radīt karšanas sajūtu vai diskomfortu, tāpēc par to pacients jābrīdina. Pacientam pirms izmeklējuma rokās iedod drošības baloniņu, ar kura palīdzību viņš personālam var signalizēt par veselības pasliktināšanos. Pacientam obligāti jāuzliek ausu aizbāžņi, jo izmeklējuma laikā rodas skaļi trokšņi. Bez tam RG pacients jāinstruē nesakrustot rokas un potītes, lai nepieļautu pārmērīgu indukcijas strāvas izgulsnēšanos, ko pacients var sajūst kā tirpoņu.

#### 4.2.1. Magnētiskās rezonanses izmeklējuma kontrindikācijas

Pievilkšanās un rotācijas spēki var rasties, ja jebkāds metāla priekšmets tiks pakļauts statiskam vai mainīgam magnētiskajam laukam. Spēks magnētiskajā laukā palielinās atkarībā no feromagnētiskā sastāva, kopējās masas un magnētiskā lauka gradienta stipruma tā atrašanās vietā. Medicīniskās iekārtas un implantanti satur dažādu daudzumu feromagnētisko materiālu un var tikt pakļauti šiem spēkiem, tādēļ ir jāievēro MR kontrindikācijas. (20)

4.1. tabula

MRI absolūtās un relatīvās kontrindikācijas (21)

Absolūtas kontrindikācijas	Relatīvās kontrindikācijas
Elektroniski un magnētiski aktivēti implantanti	Citi stimulatori, kā insulīna sūkņi, nervu implantanti
Feromagnētiski vai elektroniski darbināmas ierīces, kā	Kohleārie implantanti
Elektrokardiostimulatori (īpaši vecā tipa)	Sirds vārstuļu protēzes
Neirostimulatori	Hemostatiski klipī (ķermeņa)
Intrakraniāli metāla klipīši	Kosmētika, tetovējumi
Stenti, kas ievietoti mazāk par 8 nedēļām	Sastrēguma sirds mazspēja
Metāliski svešķermeņi acs orbītā	Grūtniecības pirmais trimestris
	Klaustrofobija
	Nekontrolētas kustības

Atsauce: Rinck, P. A. *Magnetic Resonance in Medicine, 4th ed., 2001.*

**Intrakraniālu aneirisma klipīšu** MR drošība ir tikusi diskutēta vairākus gadus. Pacientus ar feromagnētiskiskiem klipīem nedrīkst skenēt. Pirms ievietošanas pacienta organismā tos vajadzētu testēt magnētiskajai drošībai, ja tas nav bijis iespējams - arī neferomagnētiski klipī tiek uzskatīti kā MR kontrindikācija.

**Sirds elektrokardiostimulatori un implantējamie kardiodefibrilatori** ir mazas, ar baterijām darbināmas ierīces, kuras implantētas zem ādas tuvu pie sirds. Potenciālie riski skenējot pacientu ar šīm ierīcēm ir to uzkaršana, kas var radīt miokarda bojājumu, ādas termālu bojājumu un diskomfortu. Ierīce var tikt pagaidu vai paliekoši sabojāta, kā arī var sākt

nepareizi daboties, piemēram, raidot nepiemērotu elektrošoku. Pacientu ar šīm ierīcēm skenēt aizliegts! Lai gan ir attīstījušies MRI droši kardiostimulatori, tomēr tie vēl nav tik izplatīti. Atbildīgajam speciālistam, visbiežāk kardiologam ir jāpieņem lēmums, vai izmeklējuma ieguvumi attaisnos risku.

Pacientiem, kuri ir strādājuši ar lokšņu metālu, metināšanas vai slīpēšanas darbiem var būt sīki metāla fragmenti acīs vai tuvu pie tām. Tā kā magnētiskais lauks iedarbojas uz feromagnētiskajiem objektiem, **metāliski svešķermeņi** izkustoties var radīt nopietnu acs traumu. Pacientiem ar šādu anamnēzi ir ļoti ieteicams atlikt MRI un veikt orbītu rentgenogrāfijas skrīningu. Tikai tad, kad svešķermenis no acs ir izņemts, MRI ir droši veikt.

**Kohleārie implantanti** ir protēze, kuru ar ķirurģisku operāciju ievieto zem ādas. Pilnīgi nedzirdīgiem vai smagi vājdzirdīgiem cilvēkiem šī ierīce paver iespēju dzirdēt un sazināties. Pacientiem ar kohleāro implantu MRI ir kontrindicēts. Izmeklējumu var veikt, ja pirms izmeklējuma ķirurģiski izņem ierīces iekšējo daļu, kā arī noņem ārējo elektronisko daļu pirms ienākšanas izmeklējuma telpā. Izmeklējuma laikā pacients nepārtraukti ir jānovēro. Dzirdes aparāts elektromagnētiskajā laukā var tikt sabojāts, tāpēc tas pirms procedūras ir jāizņem.

**Neirostimulatori** ir mazas, ar bateriju darbināmas ierīces, kuras ģenerē elektriskos impulsus. Tie izmaina par sāpju impulsiem atbildīgos muguras smadzeņu signālus tādā veidā, ka šie simptomi izzūd. Tā kā pastāv MR un neirostimulatora iekārtas mijiedarbība, magnētiskais lauks var izraisīt elektrodu dislokāciju ar ārstēšanas efekta zudumu un/vai nervu bojājumu. Implantējamo komponentu sakaršana var radīt diskomfortu, audu bojājumu vai iekārtas disfunkciju. Turklāt, elektrodi var izmainīt izmeklējamās vietas attēla kvalitāti. Kā alternatīva izmeklēšanas metode var būt datortomogrāfija vai mielogrāfija.

Insulīna sūkņu darbību var ietekmēt magnētiskais lauks, tāpēc tie ir jānoņem pirms procedūras un jāglabā ārpus izmeklējuma telpas.

Ir ziņoti daži gadījumi, ka pacients ir guvis ādas apdegumu zem **medikamenta plākstera**, jo daži plāksteri satur metāliskas komponentes, piemēram, metālisku oderējumu. Ja nav pilnīgi droši, ka plāksteris nesatur nekādu metālu, tas labāk pirms procedūras ir jānoņem. Sekojoši medikamentu plāksteri būtu jānoņem: ANDRODERM (Testosterons); TRANSDERM-NITRO (Nitroglicerīns); DEPONIT (Nitroglicerīns); NICODERM (Nikotīns); NICOTROL (Nikotīns); CATAPRES-TTS (Klonidīns).

**Vena cava inferior filtrs** ir medicīniska ierīce ar mērķi aizturēt un novērst asins recekļu iekļūšanu plaušās, kuri var izraisīt plaušu trombemboliju. Pārsvārā filtrus izgatavo no ne-feromagnētiskiem materiāliem un tādā gadījumā pacientu var izmeklēt jebkurā laikā pēc filtra implantēšanas. Ja filtrs ir izgatavots no vāja feromagnētiska materiāla, tad būtu jānogaida 6 nedēļas pēc implantēšanas, ļaujot ierīcei pilnībā iekļauties un ieaugt audos, tā

samazinot izkustēšanās risku. (18)

Pašreizējie dati nav pārliecinoši dokumentējuši jebkuras pārliecinoši kaitīgas sekas pēc MRI veikšanas **grūtniecei**. Ta kā nav pilnībā skaidrs MR bioefekts uz augli, vadlīnijās un rekomendācijās iesaka neveikt MRI pirmajā grūtniecības trimestrī (ja vien nav vitālas indikācijas). (22)

Ir labi zināms, ka **tetovējumi un permanentā kosmētika** var pasliktināt attēla kvalitāti un izraisīt artefaktus, kā arī, daļiņām pielīpot, bojāt iekārtas virsmu. Tetovējumi un permanentā kosmētika var saturēt dzelzs oksīda vai citu metālu daļiņas, kuras mijiedarbojoties ar magnētisko lauku var izraisīt situma sajūtu, apdegumus, pietūkumu un vietēju kairinājumu izmeklēšanas laikā. Tādēļ, ja tas ir iespējams, tad kosmētiku būtu jānoņem no sejas. Tas pats var notikt ar pīrsingu, un ja to nevar izņemt, tad var uzlikt aukstu kompresi, lai mazinātu nepatīkamās sajūtas.

Tā vietā, lai izvairītos no MRI izmeklējuma, ja pacientam ir tetovējums vai kosmētika, jāveic iepriekšēji piesardzības pasākumi, lai izvairītos no sarežģījumiem:

- 1) Pacientu skrīninga forma, kurā būtu jāiekļauj jautājumi, lai noteiktu iespējamu tetovējumu vai kosmētikas esamību.
- 2) Pacients pirms procedūras jāinformē par riskiem, kas saistīti ar tetovējuma vietu.
- 3) Pacientam iesaka nekavējoties informēt radiogrāferu par jebkādu neparastu sajūtu tetovējuma vietā.
- 4) Pacienta rūpīga monitorēšana izmeklējuma laikā, izmantojot redzes un dzirdes līdzekļus. (22)

### 4.3. Attēla anatomiskā kvalitāte

Attēla anatomisko kvalitāti nosaka tādi faktori, kā precīza pacienta pozicionēšana, pareiza plakņu izvēle un protokola parametru optimizēšana. Būtu jāiegūst skaidra mugurkaula krūšu daļas anatomisko struktūru vizualizācija un jābūt augstai izšķirtspējai starp dažādām struktūrām.

ACR (*American Colleague of Radiology*) ir izstrādājusi MR klīnisko attēlu kvalitātes vadlīniju dokumentu, kas ir jāuztver kā ieteikums. Tomēr, veicot rutīnas izmeklējumus, tie būtu jāizmanto kā standarta kvalitātes kritēriji. Vadlīnijās maksimālais mugurkaula krūšu daļas izmeklējuma laiks aprēķināts līdz 35 minūtēm, ņemot vērā visu nepieciešamo sekvenču datu iegūšanas laiku. Visām sekvencēm jābūt ar pietiekamu signāla - trokšņa attiecību un attēls nevar būt graudains.

Pareizs anatomiskais pārklājums un attēlveidošanas plaknes ir svarīga MRI sastāvdaļa.

Mugurkaula krūšu daļa būtu jāietver, sākot no C7 līdz *conus medullaris*- L1. Bet jāņem vērā, ka anatomiskais pārklājums ir atkarīgs no pacienta indikācijām un patoloģijas, tādēļ FOV jāpiemēro individuāli. Lai sasniegtu atbilstošu telpisko izšķirtspēju ieteikts slāņa biezums  $\leq 4.0$  mm un starpslāņu intervāls  $\leq 1.0$  mm.

- T1 sagitālās sekvenču kontrasta kvalitātes kritēriji:

1. Muguras smadzeņu vizualizācijai nav jābūt ar neanatomisku neviendabīgu signāla intensitāti.
2. Cerebrospinālajam šķidrumam jābūt hipointensam salīdzinājumā ar muguras smadzenēm/nervu saknēm, lai tās varētu skaidri definēt.
3. Jābūt labam kontrastam starp muguras smadzenēm un cerebrospinālo šķidrumu.
4. Tauki nedrīkst būt tik intensīvi, lai maskētu tauku/muskuļu plaknes.

- T2 sagitālās un aksiālās sekvenču kontrasta kvalitātes kritēriji:

1. Muguras smadzeņu vizualizācijai nav jābūt ar neanatomisku neviendabīgu signāla intensitāti.
2. Cerebrospinālajam šķidrumam jābūt hiperintensam salīdzinājumā ar muguras smadzenēm/nervu saknēm, lai tās varētu skaidri definēt.
3. Jābūt labam kontrastam starp muguras smadzenēm un cerebrospinālo šķidrumu. (23)

#### 4.4. Attēla fizikālā kvalitāte

Radiogrāferim ir milzīga ietekme kontrolēt tehniskos raksturlielumus, kuri nosaka attēla kvalitāti. Katrs no šiem faktoriem tiek kontrolēts ar noteiktiem sekvenču parametriem, kuri ir savā starpā saistīti. Galvenie attēla kvalitātes kritēriji, kurus var kontrolēt mainot protokola parametrus ir:

1. Signāla- trokšņa attiecība (SNR);
2. Kontrasta – trokšņa attiecība (CNR);
3. Telpiskā izšķirtspēja;
4. Skenēšanas laiks.

**SNR** ir definēta kā attiecība pret patiesās anatomijas signāla amplitūdu, ko saņem spole un trokšņa amplitūdu, kurš rada graudainu attēla izskatu. Matemātiski SNR ir koeficients no signāla intensitātes mērījuma interešu reģionā un signāla intensitātes standarta novirze ārpus izmeklējamā objekta reģiona. Signāls ir uztvērēja spolē inducēts spriegums, bet trokšnis ir konstanta vērtība atkarībā no izmeklējuma lieluma un sistēmas fona elektriskā trokšņa.

MR attēlā vēlama augsta signāla-trokšņa attiecība - 1 jeb 100% un tā ir atkarīga no šādiem parametriem:

- Šķēles biezuma;
- FOV;
- Matricas lieluma;
- Skenēšanas parametriem (TR, TE, *flip angle*);
- Magnētiskā lauka stipruma;
- Raidītāju un uztvērēju spoļu izvēles. (12)

Signālu var uzlabot palielinot TR, NEX, FOV un slāņa biezumu vai samazinot TE un matricas izmēru. Vistiešākais veids, kā uzlabot signālu ir palielināt NEX, bet jāpatur prātā, ka palielinot NEX skaitli no divi līdz četri, dubultosies skenēšanas laiks. NEX ir atsevišķo mērījumu skaits, tas apzīmē, cik reizes signāls no konkrētas šķēles tiek mērīts. Visbeidzot TE neietekmē skenēšanas laiku, tomēr daudzslāņu režīmā tas nosaka maksimālo šķēļu skaitu. (14)

**CNR** ir definēta kā kontrasta-trokšņa attiecība starp diviem blakus esošiem apgabaliem. Tā ir spēja vizualizēt dažādus audus ar trokšņa esamību. Kontrasta jutīgums ir spēja attēlveidošanas procesā iegūt ķermeņa audu attēlus, kuri ir ar salīdzinoši nelielām fizikālām atšķirībām un raksturīgo kontrastu. Katra klīniskā procedūra vienmēr jācenšas optimizēt (tas iever kontrasta avota izvēli un protokola pielāgošanu). Trokšņa klātbūtne attēlā samazina tā kvalitāti, īpaši ierobežojot zema kontrasta objekta redzamību un audu atšķirības.

CNR kontrolē tie paši faktori, kas ietekmē SNR. Visi izmeklējumi būtu jāveic ar attēliem, kuri demonstrē labu CNR starp patoloģiju un apkārtējo normālo anatomiju. CNR starp patoloģiju un apkārtējo normālo anatomiju var uzlabot: ievadot kontrastvielu, izmantojot T2 uzsvērto attēlu, nospiežot normālos audus ar ķīmisku presaturāciju. (25)

Anatomisko detaļu redzamība, ko dēvē par **telpisko izšķirtspēju** ir ierobežota, jo attēlveidošanas procesā neizbēgami rodas saplūdušas, neskaidras kontūras, īpaši mazām struktūrām. Jo augstāka telpiskā izšķirtspēja, jo sīkākas patoloģijas var diagnosticēt un vizualizēt. Telpiskā izšķirtspēja ir spēja atšķirt divus punktus kā atsevišķus un atšķirīgus. Telpisko izšķirtspēju nosaka matricas izmērs, FOV, vokseļu lielums, kā arī slāņa biezums.

Telpiskā izšķirtspēja var tikt uzlabota izvēloties: plānas šķēles, mazu FOV (mazāk par 18 cm) un izvēloties matricas izmēru 512x512. Vokselis ir triju dimensiju (3D) tilpuma elements – tas ir divu dimensiju matricas pikselis, kuram pievienots slāņa biezums. Palielinot matricas izmēru vai samazinot FOV un slāņa biezumu telpiskā izšķirtspēja pieaug, bet uz tā rēķina samazinās SNR vai pieaug skenēšanas laiks. Lai iegūtu attēlus ar augstu izšķirtspēju un augstu SNR nepieciešams ilgāks izmeklējuma laiks. (14)

Apsverot un pielāgojot MR kvalitāti, uzmanība jāpievērš arī **laikam**, kas nepieciešams, lai pabeigtu datu iegūšanas procesu. Telpisko izšķirtspēju un SNR var uzlabot izmantojot garāku izmeklējuma laiku. TR, matricas izmērs un NEX ir vienīgie parametri, kas ietekmē skenēšanas laiku. Palielinot kādu no šiem parametriem, palielinās minimālais skenēšanas laiks. Skenēšanas laiku var samazināt, izmantojot īsu TR un zemāko iespējamo NEX. Jāņem vērā arī tas, ka paildzinot skenēšanas laiku, pacients jutīs diskomfortu, kas var novest pie kustībām un to izraisītiem artefaktiem.

Lai optimizētu izmeklējumu kvalitāti, iegūtajiem datiem jā satur augsta SNR, jābūt labai izšķirtspējai un tas jā sasniedz salīdzinoši īsā izmeklējuma laikā. To ir sarežģīti panākt, tā kā faktori, kurus palielinot var uzlabot SNR, attiecīgi samazina telpiskās izšķirtspējas kvalitāti. RG ir jāizlemj, kuri no kvalitātes kritērijiem konkrētajā gadījumā ir svarīgāki, lai veiktu to optimizāciju. Izmantoto parametru dažādība un variācijas var šķīst mulsinošas, bet to nozīme ir neapstrīdama, jo sevišķi nosakot attēla kvalitāti. Lai nodrošinātu visoptimālāko izmeklējumu, RG jābūt labām praktiskām zināšanām par šiem parametriem un to, kā tie savstarpēji ir sasaistīti. (25)

#### 4.5. Artefakti

MRI artefaktus var radīt dažādi faktori, kas izriet no iekārtas darbības nepilnībām, vāji optimizētām sekvencēm, kā arī no pacienta individuālajām sadarbošanās spējām. Pievēršot īpašu uzmanību kvalitātes nodrošināšanai un optimizējot sekvenses, lielu daļu no artefaktiem var novērst vai arī ievērojami samazināt to ietekmi uz attēlu. Ja RG būs zināšanas par artefaktu cēloņiem un risinājumi kā tos novērst, tad attēla diagnostiskā kvalitāte ievērojami uzlabosies. (13)

MRI artefaktus var klasificēt pēc to rašanās pamatprincipiem:

- 1) **Iekārtas izraisīti artefakti** – radiofrekvences iedarbība (*radiofrequency quadrature*), ārējā magnētiskā lauka nehomogenitāte, gradienta lauka artefakti, radiofrekvences nehomogenitāte, radiofrekvences troksnis (*RF noise*), slāņa pārklāšanās artefakts (*slice overlap*), virsmas spoles artefakti.
- 2) **Pacienta izraisīti artefakti** – kustību (*motion*), plūsmas (*flow*), metāla (*metal*) artefakti.
- 3) **Signāla apstrādes izraisītie artefakti** – ķīmiskās nobīdes artefakti (*chemical shift artefacts*), daļēja tilpuma (*partial volume artefacts*), aptīšanās (*wrap around artefacts*), Gibbsa fenomens (*Gibbs phenomenon, ringing artefacts*) (25)

Tāpat kā daudzās attēlveidošanas procedūrās, arī mugurkaula MRI galvenais artefaktu avots ir kustība. Kustību artefaktus var iedalīt divos tipos. Pirmais tips ir saistīts ar pacienta brīvprātīgām kustībām, savukārt otrais tips ir fizioloģiskas orgānu kustības, kuras nav iespējams kontrolēt. Pacientu brīvprātīgajām kustībām ir dažādas etioloģijas, kā, piemēram, pacients var būt bezsamaņā un nespēt sadarboties, pacients var ciest sāpes, var sākties klaustrofobijas lēkme. Kā risinājums var būt izmeklējuma veikšana pēc sedatācijas, īpaši tas palīdz maziem bērniem un vecāka gada gājuma pacientiem.

Mugurkaulā galvenais fizioloģisku kustību avots ir cerebrospinālā šķidrums (CSF) pulsācijas subarahnoidālajā telpā. CSF pulsācijas pastāv visā mugurkaula kanālā, bet visredzamākās tās ir augšējā kakla reģionā un vismazāk ievērojamas jostas daļas reģionā. Turbulenta plūsmas vai CSF pulsācijas artefakti var simulēt audzēju vai durālu arteriovenožu fistulu mugurkaula kanālā. Randomizētas kustības artefakti rada neasu un trokšņainu MR attēlu, bet periodiskas kustības artefakti (artēriju pulsācijas, elpošana, sirdsdarbība) rada spoku (*ghost*) MR attēlus. (24)

Plūsmas saistītie (*flow-related*) artefakti krūšu daļā var parādīties sagitālās un aksiālās plaknes attēlos. Tas ir saistīts ar faktu, ka CSF plūst ātrāk šaurākajā krūšu daļā un tādējādi izraisa ievērojami vairāk plūsmas artefaktu. Šie artefakti parasti pastiprinās sagitālā plaknē, kur tiek izmantotas plānākas šķēles ar minimālu šķēļu intervālu. Tie daudz mazāk izpaudīsies aksiālās plaknēs, jo izmanto biezākas šķēles un lielāku slāņu intervālu. Lai samazinātu šos artefaktus, var palielināt starpslāņu intervālu līdz pat 50%. Tādas kustību nejutīgas sekvences, kā PROPELLER un BLADE arī palīdz novērst šos artefaktus. (25)

Metāla artefaktus var izraisīt ārēji vai iekšēji materiāli ar magnētisko uzņēmību, kā ķirurģiski klipši, mugurkaula ortopēdiskās ierīces. Šo artefaktu izpausmes ir variablas, var būt totāls signāla zudums, perifēri augsts signāls un attēla kropļojums. (26)

Artefakti var kalpot kā indikatori, kuri liecina par iekārtas profilaktiskās apkopes trūkumu, neatbilstošu tehnisko parametru izmantošanu vai pacienta nepiemērotas aprūpes un izglītošanas sekām.

## 5. PĒTNIECĪBAS DAĻA

Pētījuma mērķis ir izvērtēt mugurkaula krūšu daļas magnētiskās rezonanses kvalitātes kritēriju ievērošanu un izpildi radiogrāfera praksē.

MRI tiek veikti izmantojot diagnostiskos standartus, bet diemžēl izmeklējuma kvalitāti ierobežo dažādi faktori, kuri traucē iegūt kvalitatīvu izmeklējumu. Lai šos faktorus novērstu, ir jāizprot to rašanās cēlonis un kā tos ir iespējams pilnībā novērst vai vismaz samazināt.

Mugurkaula krūšu daļas MR izmeklējumam pastāv vairākas problēmas, kas attiecas tikai uz krūšu daļu, kā, piemēram, artefaktu esamība. Tas rada nepieciešamību pievērst īpašu uzmanību attēlveidošanas tehniskajiem parametriem. Lai nodrošinātu MRI kvalitāti, ir jāveic protokola sekvenču optimizācija un jāizprot tehnisko parametru nozīme kvalitatīvu izmeklējumu iegūšanai.

Pētījums tika veikts vienā no Rīgas medicīnas iestādēm, diagnostiskās radioloģijas nodaļā 2017. gada maijā, veicot MR izmeklējumu analīzi. Izmeklējuma kvalitātes kritēriju tabula ir veidota balstoties uz dažādiem literatūras avotiem un ārzemju vadlīnijām. Izvērtējot iegūtos rezultātus, tika izdarīti secinājumi.

### 5.1. Pētījuma metodoloģija

Darba pētījuma daļas veikšanā tika izmantota kvalitatīva un retrospektīvā pētījuma metode. **Kvalitatīvā pētījuma metode**, jo, pamatojoties uz literatūras avotos apkopotajiem mugurkaula krūšu daļas MRI tehniskajiem parametriem un attēla kvalitātes kritērijiem, tika izveidota attēla kvalitātes kritēriju tabula, pēc kuras tika salīdzināti un pētīti mugurkaula krūšu daļas MRI.

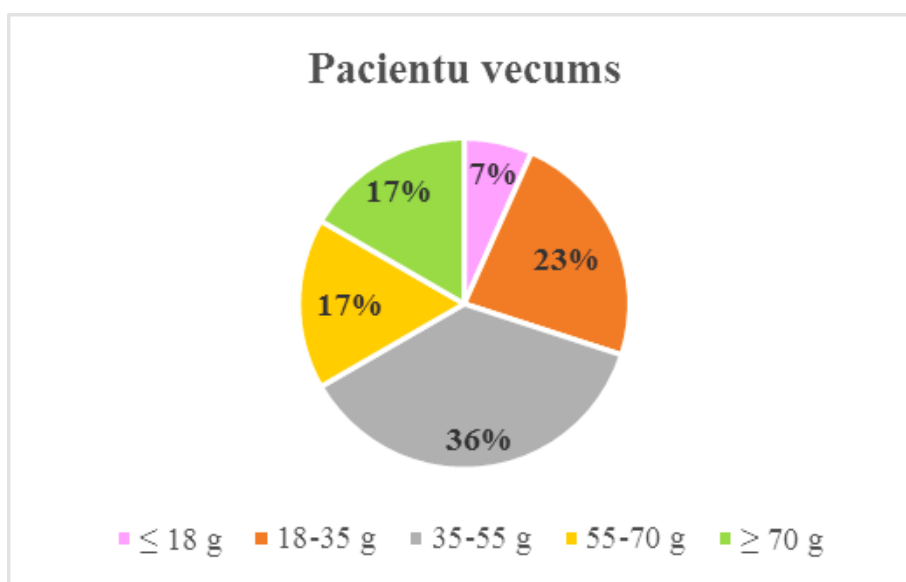
**Retrospektīvā pētījuma metode**, jo tika analizēti radiogrāfera veiktie MRI no attēlu arhivācijas un komunikācijas sistēmas, MRI tika salīdzināti ar literatūras izklāstā apskatītiem attēlu kvalitātes ietekmējošajiem kritērijiem.

**Datu iegūšanas bāze** – informācija iegūta no Rīgas medicīnas iestādes diagnostiskās radioloģijas nodaļas, slimnīcas attēlu arhivācijas sistēmas. Iegūti dati par mugurkaula krūšu daļas MRI laika posmā no 08.05.2017 līdz 16.05.2017., kas tika veikti ar 1,5 T MR iekārtu “*Siemens Essenza Magnetom*”. Pētījuma veikšanas dienas un laiks tika saskaņoti ar attiecīgās iestādes darbiniekiem.

Kā **pētījuma instruments** tika izstrādāta izmeklējuma kvalitātes kritēriju tabula mugurkaula krūšu daļas MR izmeklējumiem. Pēc nejaušības principa tika izvēlēti 30 MR izmeklējumi un veikta to analīze.

## 5.2. Pētījuma datu rezultāti un analīze

Iegūto datu apstrāde tika veikta *MS Excel 2016* programmā, rezultāti attēloti diagrammās un aprēķināti procentos. Pētījumā tika analizēta 30 mugurkaula krūšu daļas MR attēlu kvalitātes kritēriju ievērošana un izpilde. 28 pacientus uz izmeklējumu nosūtīja ārstējošais ārsts, bet divi pacienti uz manipulāciju ieradās bez norīkojuma. MR analizētie izmeklējumi tika veikti 17 (57%) vīriešiem un 13 (43%) sievietēm.



5.1. att. Pacientu sadalījums pēc vecuma grupām.

Analizētie mugurkaula krūšu daļas MR izmeklējuma dati tika veikti šādām vecuma grupām:

- līdz 18 g. v. – 2 pacienti
- 18-35 g. v. – 7 pacienti
- 35-55 g. v. – 11 pacienti
- 55-70 g. v. – 5 pacienti
- 70 un vairāk g. v. – 5 pacienti

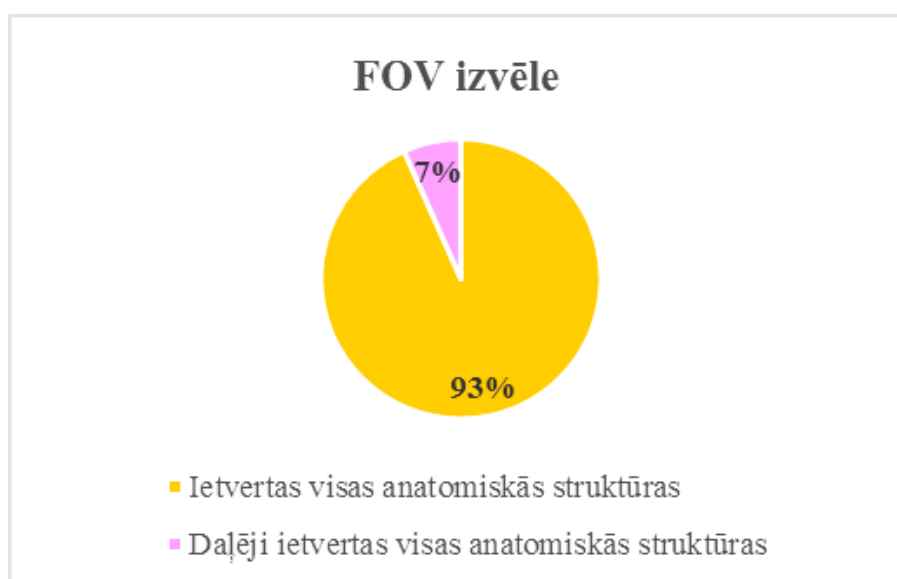
Lai arī analizēts salīdzinoši neliels skaits MR attēlu, atspoguļojas tendence, ka lielākajai daļai pacientu problēmas ar mugurkaulu parādās jau ap 30 gadu vecumu un agrāk.



5.2. att. Kvalitatīva pacienta sagatavošanas kritērija ievērošana.

90% (27 pacientiem) tika veikta kvalitatīva pacienta sagatavošana, kas liecina, ka radiogrāfers precīzi ievēro pacientu sagatavošanas principus. Pacienta sagatavošanas kritērijā tika vērtēts, vai radiogrāfers ir noņēmis no pacienta visus metāla saturošos priekšmetus.

Pēc MR attēlu analīzes var secināt, ka kvalitatīva pacienta pozicionēšana tika veikta 100% izmeklējumu. Lai izmeklējums noritētu veiksmīgi, pacientam jājūtas maksimāli komfortabli. Pozicionējot pacientu jāievēro, lai mugurkaula gareniskā ass sakrīt ar magnētiskā lauka garenisko līniju asi, bet horizontālā līniju ass sakrīt ar spoles centru, aptuveni Th4 līmenī.

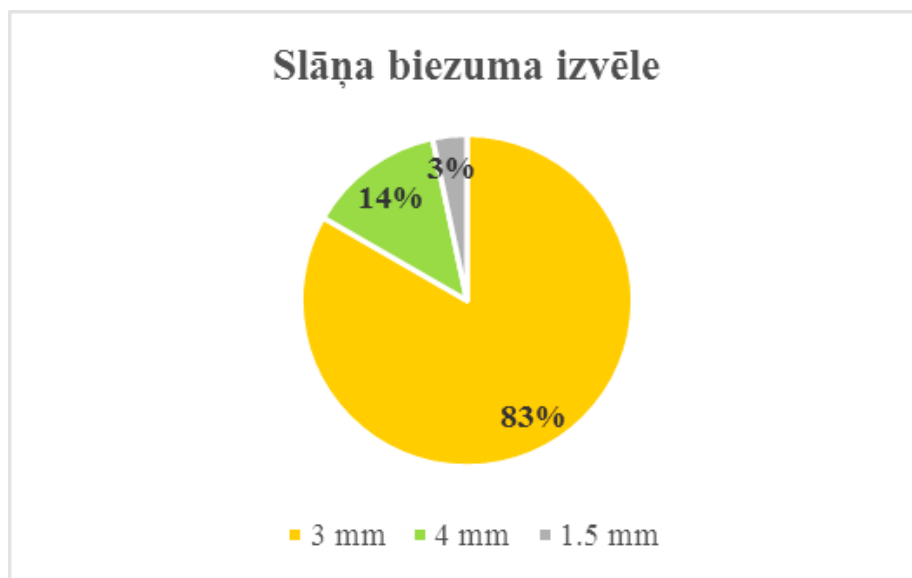


5.3. att. FOV izvēles ietekme uz anatomisko struktūru vizualizāciju.

Anatomisko struktūru vizualizācija no 30 izmeklējumiem nepilnīga bija 2 izmeklējumos. Aksiālā un sagitālā plaknē nepilnīgi ietverti abi *proc. transversus*, kā arī *proc. spinosus*, kas liedz iespēju pilnvērtīgi novērtēt disku un arī apkārt esošos audus (paraspinaļos muskuļus). Ja pacienta konstitūcijas dēļ netiek iekļauts viss izmeklējamais reģions,

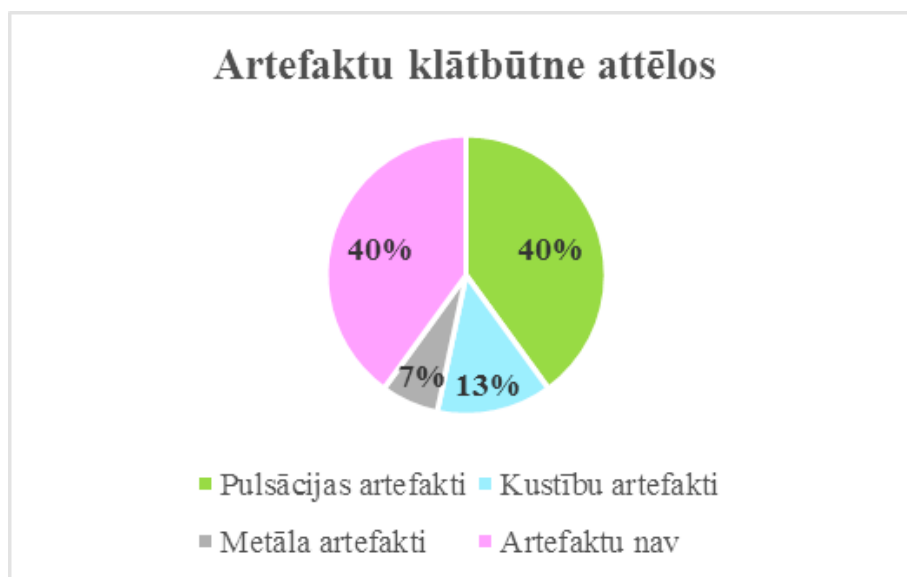
radiogrāferam tehniskajos parametros ir jāpalielina FOV un šķēļu daudzums. FOV ir jābūt adekvāti lielam, lai tiktu iekļauts viss iespējamais patoloģijas rajons, bet lai netiktu zaudēta telpiskā izšķirtspēja.

Lai MR attēlam būtu atbilstoša anatomiskā kvalitāte, radiogrāferam jābūt zināšanām par mugurkaula anatomiju.



5.4. att. Slāņa biezuma izvēle MR izmeklējumos.

Slāņa biezums 83% izmeklējumu tika izvēlēts 3 mm, bet 14% lietots 4 mm slāņa biezums. Tas atbilst literatūrā aprakstītajiem protokoliem, un šāds slāņa biezums ir pietiekošs telpiskās izšķirtspējas sasniegšanai. 1.5 mm slāņa biezums aksiālā plāknē tika izvēlēts vienam izmeklējumam, jo pacientam tika vērtēts sīks veidojums krūšu daļā. Visos izmeklējumos starpslāņa biezuma intervāls bija mazāks par 1 mm, kas atbilst vadlīnijās noteiktajam starpslāņa biezuma intervālam.



5.5.att. Artefaktu novērojums MR mugurkaula krūšu daļas attēlos.

Visbiežāk vērojamie artefakti analizētajos MR attēlos ir CSF pulsāciju artefakti (40%), bet tik pat daudz – 40% izmeklējumu artefakti nebija vērojami vispār. CSF pulsāciju artefakti visizteiktāk parādījās T2 uzsvērtajos attēlos.

13% gadījumu vērojami kustību artefakti, kas saistīti ar pacienta grūtībām nogulēt ilgāku laiku nekustīgi. MR attēlā tas izpaudās kā neass un izplūdis anatomisko struktūru atainojums.

7% gadījumu tika novēroti metāla artefakti. Vienam pacientam netika pamanīts feromagnētisks priekšmets apģērbā - saspraude. Otrā gadījumā metāla artefakta izraisītājs bija iekšējs – pacienta mugurkaulā ievietotā ortopēdiskā ierīce. Attēlu pēcāpstrādē pēc tam nav iespējams izlabot šos artefaktus, tādēļ ir jāpievērš īpaša uzmanība pacienta sagatavošanai pirms izmeklējuma



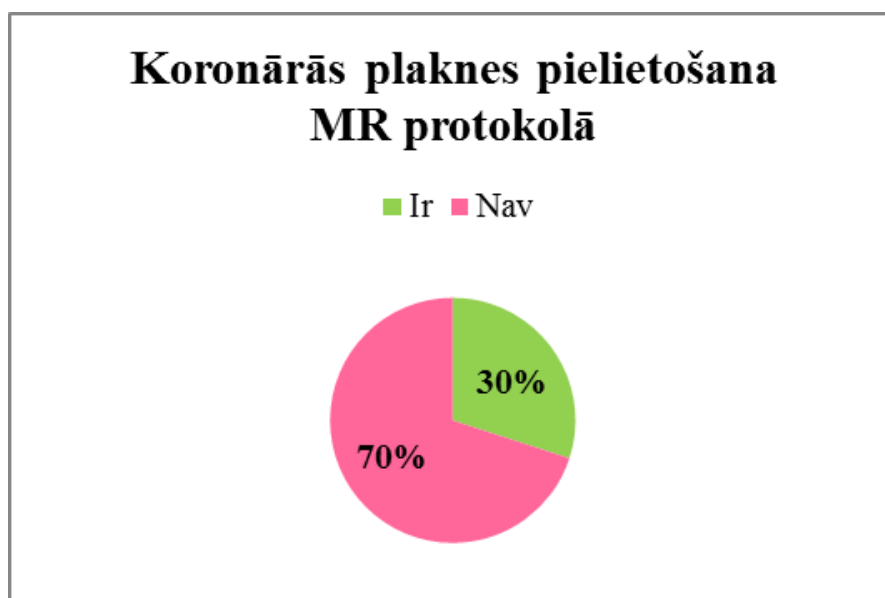
5.6. att. MR attēla kontrasta ietekmes novērtējums.

MR attēlam ir jābūt ar vizuāli asu robežu attēlojumu starp mugurkaula struktūru intensitātes signāliem. MR attēlos tika vērtēts kontrasts starp muguras smadzenēm un cerebrospinaļo šķidrumu un, vai nervu saknītes ir skaidri diferencējamas.

80% gadījumu vērojams ass robežu attēlojums starp mugurkaula struktūru intensitātes signāliem. 20% - daļēji ass, ko var daļēji izskaidrot ar artefaktu ietekmi uz attēla kvalitāti. Kustību artefakti padara MR attēlu izplūdušu un neasu un samazina izmeklējuma anatomisko izvērtējumu.

T1 uzsvērtajos attēlos nervus saknītes attēlojas ar salīdzinoši zemāku signāla intensitāti attiecībā pret taukaudiem. Telpiskā izšķirtspēja ir jo īpaši svarīga aksiālās plaknes attēlos, jo krūšu reģionā nervu saknītes ir sarežģīti vizualizēt. Visās sekvencēs muguras smadzenēm jābūt vidējai (pelēkai) signāla intensitātei, bet cerebrospinaļajam šķidrumam T1 sekvencē tumšam, T2 sekvencē – gaišam.

Izvērtējot MR mugurkaula krūšu daļas attēlus tika analizēta tehnisko parametru – TR un TE ietekme uz attēla kontrastu. Ar TE un TR laiku var manipulēt, lai vizualizētu raksturīgo atšķirību starp audiem T1 un T2 sekvencēs. TR laiks nosaka T1 uzsvērto attēlu kontrastu. Ja  $TR < 300$  ms, audu saturācija palielinās, tādējādi audi ir hipotensi un ar nelielu kontrastu. Pētot MR attēlus, optimāls TR laiks no 400-800 ms tika pielietots T1 uzsvērtajos attēlos. TE laiks nosaka T2 uzsvērto attēlu kontrastainību. Secināts, ka, lai būtu labs kontrasts T2 attēlos, optimāls TE laiks ir no 70-150 ms.



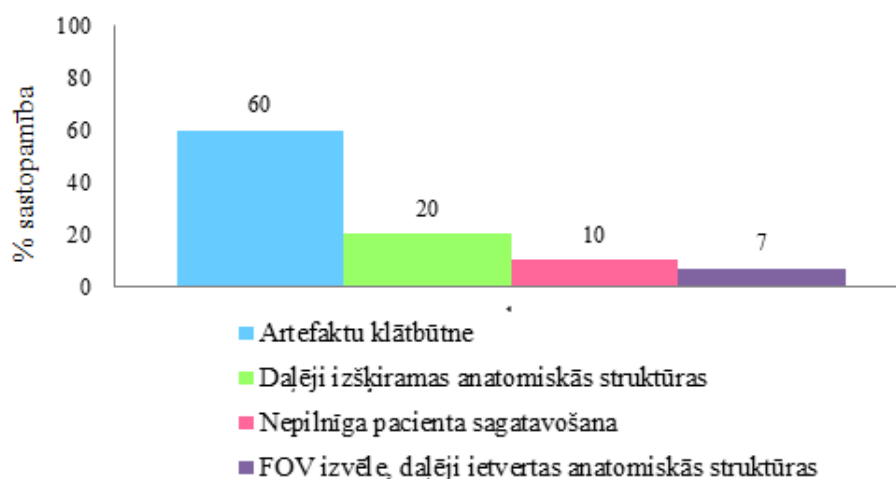
5.7. att. Koronārās plaknes pielietošana MR protokolā.

Mugurkaula MR attēlveidošanas standarta protokola sekvences un plaknes: T2 sag, T1 sag, STIR sag un T2 ax., tika iekļautas visos (100%) izmeklējumos.

T2 uzsvērto attēlu koronārās sērijas lietotas tikai 9 izmeklējumos (30%). Papildus

koronārā plaknes lietošanu var izskaidrot ar to, ka pacientiem vērojama skolioze. Skolioze izraisa mugurkaula ass izliekšanos ārpus sagitālās plaknes, tādēļ koronārā plakne nodrošina labāku pārklājumu un saprotamāku anatomisko informāciju.

Vērtējot sekvenču un attēla plakņu izmantošanu, secināts, ka to nosaka klīniskās indikācijas, kuras var iedalīt galvenajās kategorijās: deģeneratīvas saslimšanas, traumas, onkoloģiskas saslimšanas/metastāzes un infekcijas.



#### 5.8. att. Faktori, kuri negatīvi ietekmē MR mugurkaula krūšu daļas attēla kvalitāti.

Starp faktoriem, kuri negatīvi ietekmē attēla kvalitāti, visbiežāk (60% gadījumu no 30 izanalizētajiem MR attēliem) tika konstatēta artefaktu klātbūtne. 20% izmeklējumu bija daļēji izšķiramas anatomiskas struktūras, kas saistīts ar nepietiekamu attēla kontrastu un artefaktu ietekmi.

10% tika veikta nepilnīga pacienta sagatavošana, ko var pilnībā novērst, ja rūpīgi tiks ievēroti pacienta MR izmeklējuma sagatavošanas etapi. Radiogrāferam jāizskaidro izmeklējuma gaita un jānodrošina pacienta nekustīgums. 7% bija daļēji ietvertas anatomiskās struktūras, jo tika izvēlēts nepiemērots FOV.

## SECINĀJUMI UN IETEIKUMI

Pētījuma gaitā tika sasniegts darba mērķis un atbilstoši attēlu kvalitātes ietekmējošajiem faktoriem tika izvērtēti magnētiskās rezonanses izmeklējumi.

Bakalaura darbā izvirzītā hipotēze - magnētiskās rezonanses attēla kvalitāti ietekmē RG izvēlētie tehniskie parametri, artefakti un pacienta aprūpe, apstiprinājās, jo analizējot MR attēlus tika secināts, ka visi izvirzītie faktori ietekmē attēla kvalitāti.

1. Izpētot literatūru tika secināts, ka mugurkaula krūšu daļas normālās anatomijas un radioloģiskās anatomijas zināšanas palīdz kvalitatīvi plānot MR izmeklējumu un piemērot atbilstošāko izmeklējuma protokolu.
2. Vērtējot ieteicamo mugurkaula krūšu daļas protokola tehniskos parametrus, secināts, ka nav vienas pareizas un vienotas metodes MR mugurkaula attēlveidošanā.
3. Pēc literatūras un MR attēlu analīzes secināts, ka pareiza tehnisko parametru izvēle ir viens no noteicošajiem kritērijiem, lai MR attēli būtu ar augstu izšķirtspēju un signāla – trokšņa attiecību.
4. Speciāli pētījumam tika izstrādāta kvalitātes kritēriju tabula, vadoties pēc pieejamajos literatūras avotos atrodamās informācijas.
5. Pētījumā gaitā tiek secināts, ka artefakti būtiski samazina MR attēlu kvalitāti, jo 60% izmeklējumu tika novēroti kustību, metāla un pulsācijas artefakti. Artefaktus, kurus nav iespējams pilnībā novērst, ir jāatpazīst, lai izvairītos no kļūdainas attēlu interpretācijas.
6. Pētījuma gaitā tiek secināts, ka 90% izmeklējumu tika ievērota korekta pacienta izglītošana un sagatavošana, tādējādi uzlabojot attēla kvalitāti un samazinot artefaktu rašanās iespējas.
7. Pētījuma gaitā tiek secināts, ka 93% izmeklējumu tika izvēlēts atbilstošs FOV apjoms un tā rezultātā visas nepieciešamās mugurkaula anatomiskās struktūras var pilnībā izvērtēt.

## PRIEKŠLIKUMI

1. Lai radiogrāfers un radiologs varētu labāk orientēties izmeklējuma līmeņos, pirms pacienta pozicionēšanas uz ādas var uzlikt ārēju marķieri.

## 2. Artefaktu novēršanas iespējas:

- Kustību artefaktus var novērst pareizi izglītojot un sagatavojot pacientu un saīsinot izmeklējuma laiku, īpaši gadījumos, kad pacients cieš muguras sāpes.
- Fizioloģisko kustību artefaktus nevar pilnībā novērst, bet var mazināt ar saturācijas pielietošanu krūšu kurvja priekšējā sienā.
- Metāla artefaktus var novērst vai mazināt, noņemot no pacienta apģērba visus metāla saturošus priekšmetus, kā arī noskaidrojot, vai pacientam ir tetovējumi, pīrsings.
- Lai kompensētu CSF pulsācijas T2 sekvencē, attēlus var iegūt ar elektrokardiogrāfijas sinhronizāciju. Tādā veidā katra MR attēla sekvence tiktu sākota vienā un tajā pašā punktā, vadoties pēc sirds cikla.

## IZMANTOTIE LITERATŪRAS AVOTI

1. **Baert, A. L., Knauth, M., Sartor, K.** *Spinal Imaging: Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord, 1st ed.* New York: Springer, 2007. 602 p.
2. *Eiropas Diagnostiskās radioloģijas izmeklējumu kvalitātes kritēriju vadlīnijas.* [tiešsaiste] - [atsauce 17.03.2017].  
Pieejams: [http://www.radiologija.lv/lv/vadlinijas\\_un\\_kriteriji](http://www.radiologija.lv/lv/vadlinijas_un_kriteriji)
3. *Rumpja kauli, saites, muskuļi (Anatomija).* [tiešsaiste] – [atsauce 10.02.2017].  
Pieejams: <http://radilogiem07.blogspot.com/2007/09/rumpja-kauli-saites-un-muskui.html>
4. **Middleditch, A., Jean, O.** *Functional Anatomy of the Spine, 2nd ed.* Elsevier Health Sciences, 2005. 351 p.
5. **Jindal, G., Pukenas, B.** Normal Spinal Anatomy on MRI. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*, 2011, vol. 19, p. 475-488.
6. *The Thoracic Spine.* [tiešsaiste] – [atsauce 10.02.2017]. Pieejams: <http://teachmeanatomy.info/thorax/bones/thoracic-spine/>
7. **Eglīte, K.** *Anatomija 1.daļa. Skelets un muskuļi.* Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 2013. 128 lpp.
8. *Thoracic Spine Anatomy.* [tiešsaiste] – [atsauce 12.02.2017]. Pieejams: <http://www.scientificspine.com/spinal-anatomy/thoracic-spine-anatomy.html>
9. **Suetens, P.** *Fundamentals of Medical Imaging, 2nd ed.* Cambridge University Press, 2009. 253 p.
10. **McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J., Prince M. R.** *MRI from Picture to Proton, 2nd ed.* Cambridge University Press, 2007. 402 p.
11. **Schild, H. H.** *MRI made easy (...Well almost).* Berlin: Schering, 1990. 105 p.
12. **Weishaupt, D., Köchli, V. D., Marincek, B.** *How does MRI work? An Introduction to the Physics and Function of Magnetic Resonance Imaging, 2nd ed.* New York: Springer - Verlag, 2006. 169 p.
13. **Dance, D. R., Christofides, S., Maidment, A. D.** *Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students.* Vienna: IAEA, 2014. 681 p.
14. **Hesselink, J. R.** *Basic Principles of MR imaging.* [tiešsaiste] – [atsauce 23.03.2017].  
Pieejams: <http://spinwarp.ucsd.edu/neuroweb/Text/br-100.htm>
15. **Jones, J., Gaillard, F., et. al.** MRI sequences (overview). [tiešsaiste] – [atsauce 17.04.2017]. Pieejams: <https://radiopaedia.org/articles/mri-sequences-overview>

16. Gadolinium Contrast Medium (MRI Contrast agents). [tiešsaite] – [atsauce 28.04.2017]. Pieejams: <https://www.insideradiology.com.au/gadolinium-contrast-medium/>
17. Zāļu Valsts Aģentūras informācija par gadolīnija saturošu kontrastvielu lietošanu. [tiešsaite] – [atsauce 03.05.2017]. Pieejams: [http://www.radiologija.lv/lv/jaunumi/zalu\\_valsts\\_agenturas\\_informacija\\_par\\_gadoli](http://www.radiologija.lv/lv/jaunumi/zalu_valsts_agenturas_informacija_par_gadoli)
18. Thoracic Spine. [tiešsaite] - [atsauce 15.01.2017]. Pieejams: <https://mrimaster.com/PLAN%20T%20SPINE.html>
19. *The IAC Standarts and Guidelines for MRI Accreditation*. [tiešsaite] – [atsauce 30.03.2017]. Pieejams: <http://www.intersocietal.org/mri/standards/iacmristandards2015.pdf>
20. **Tsai, L. L., Grant, A. K., Morteles, K. J., et. al.** A Practical Guide to MR Imaging Safety: What Radiologists Need to Know. *RadioGraphics*, 2015, N 6, vol. 35, p. 1722-1737.
21. **Rinck, P. A.** *Magnetic Resonance in Medicine, 4th ed.* Wiley-Blackwell, 2001. 252 p.
22. *Tattoos, Permanent Cosmetics, and Eye Makeup*. [tiešsaite] – [atsauce 05.04.2017]. Pieejams: <http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=228>
23. *MRI Accreditation Program Clinical Image Quality Guide*. [tiešsaite] – [atsauce 06.04.2017]. Pieejams: <http://www.acraccreditation.org/~media/ACRAccreditation/Documents/MRI/ClinicalGuide.pdf?la=en>
24. **Maravilla, K. R., Cohen, W. A.** *Mri Atlas of the Spine*. Martin Dunitz, 1991. 437 p.
25. **Westbrook, C.** *Handbook of MRI Technique, 3rd ed.* Wiley-Blackwell, 2008. 398 p.
26. **Erasmus, L. J., Hurter, D., Naude, M., et. al.** A short overview of MRI artefacts. *SA Journal of Radiology*, 2004, N 2, vol. 8, p. 13-16.
27. *Approach to MRI Spine*. [tiešsaite] – [atsauce 03.05.2017]. Pieejams: <https://www.learningneurology.com/approach-to-mri-spine/>

# **PIELIKUMI**

## 1. Pielikums

### 1.1. tabula

#### Kvalitatīva mugurkaula krūšu daļas MR izmeklējuma izvērtējuma kritēriji

Izmeklējuma Nr. Attēla kvalitātes kritēriji	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Dzimums (S/V)									
Vecums										
Kvalitatīva pacienta sagatavošana										
Kvalitatīva pacienta pozicionēšana										
Ietvertas visas anatomiskās struktūras										
FOV										
Artefaktu klātbūtne										
Labs kontrasts starp muguras smadzenēm un CSF										
Nervu saknītes/muguras smadzenes skaidri diferencējamas										
Iekļautas visas protokola sekvenses										
Matrica										
Skenēšanas slāņa biezums (mm)										

#### Apzīmējumi:

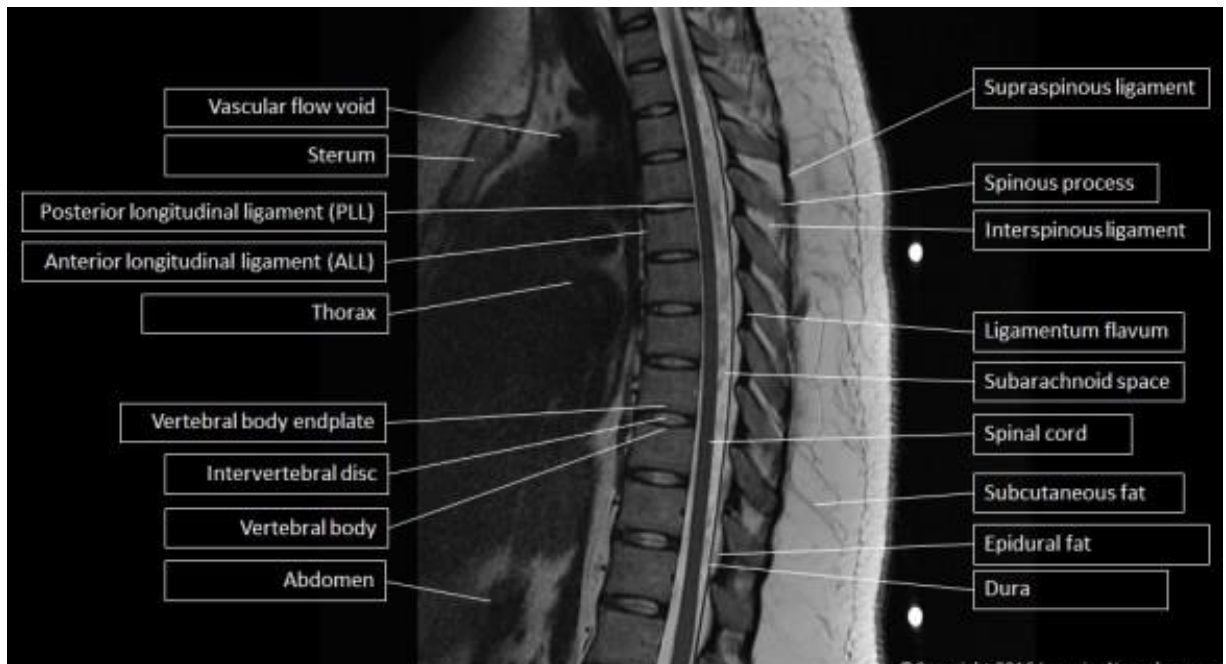
1 – kritērijs atbilst

2 – kritērijs daļēji atbilst

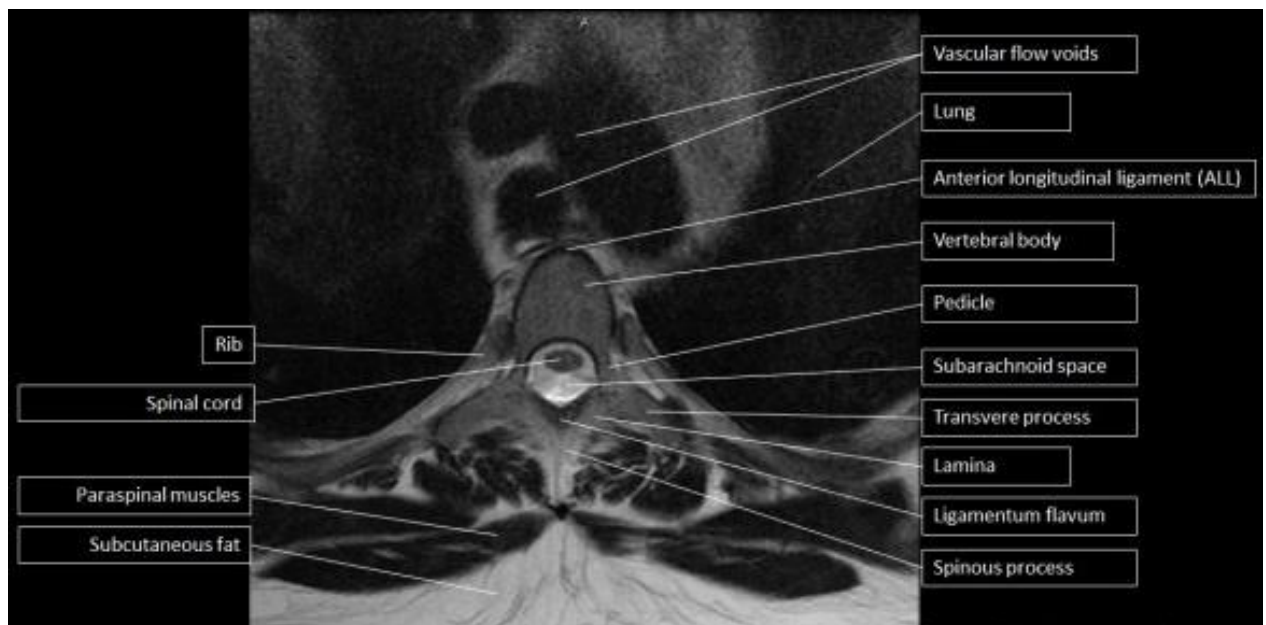
3 – kritērijs neatbilst

Artefakti (kustību artefakti - 1; pulsācijas artefakti - 2; metāla - 3; citi artefakti - 4; nav artefaktu - 5)

## 2. Pielikums



2.1. attēls. MRI T2 sekvenču krūšu daļas normālā anatomija sagitālā plaknē (27).



2.2. attēls. MRI T2 sekvenču krūšu daļas normālā anatomija aksiālā plaknē (27).

## Dokumentārā lapa

Bakalaura darbs

„Diagnostiskās radioloģijas izmeklējumu kvalitātes kritēriji mugurkaula krūšu daļai magnētiskajā rezonansē”.

izstrādāts LU Medicīnas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: \_\_\_\_\_  
(personiskais paraksts) (vārds, uzvārds)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: \_\_\_\_\_  
(amats, grāds) (vārds, uzvārds, paraksts) (datums)

Recenzents: \_\_\_\_\_  
(amats, grāds) (vārds, uzvārds, paraksts) (datums)

Darbs iesniegts LU Medicīnas fakultātē \_\_\_\_\_  
(datums)

Dekāna pilnvarotā persona: lietvedības sekretāre Mārīte Veldre \_\_\_\_\_  
(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē  
07.06.2017. protokola Nr. \_\_\_\_\_, vērtējums \_\_\_\_\_

Komisijas sekretāre: : \_\_\_\_\_  
(amats, grāds) (vārds, uzvārds, paraksts) (datums)