

LATVIJAS UNIVERSITĀTES MEDICĪNAS FAULTĀTES  
PROFESIONĀLĀ BAKALaura STUDIJU PROGRAMMA  
RADIOGRĀFIJA

**Attēlu kvalitātes nodrošināšana prostatas vēža diagnostikā  
magnētiskajā rezonansē.**

BAKALaura DARBS

Autors: Viktorija Konokotova

Stud. apl. Nr. VK18084

Darba vadītājs: Dr. biol. Ainārs Bajinskis

RĪGA 2019

## ANOTĀCIJA

Autora izvēlētā bakalaura darba tēma ir "Attēlu kvalitātes nodrošināšana prostatas vēža diagnostikā magnētiskajā rezonansē". Bakalaura darbs sastāv no ievada daļas, teorētiskās daļas, pētnieciskās daļas, secinājumiem un ieteikumiem. Bakalaura darba pamatā ir literatūras analīze par prostatas anatomiju un fizioloģiju, prostatas vēzi, magnētiskās rezonanses parametriem, kvalitātes kritērijiem un vadlīnijās norādītajiem protokolu datiem.

Darba autors izvirzīja mērķi – noskaidrot, kādi attēla kvalitātes kritēriji ir jāievēro prostatas magnētiskās rezonanses izmeklējumos. Veidojot darbu, autors analizēja 39 literatūras avotus un 4 zinātniskos avotus. Bakalaura darba pētniecības daļā tika izmantota kvalitatīvā kontentanalīze.

**Atslēgas vārdi:** magnētiskā rezonanse, prostatas vēzis, sekvence, tehniskie parametri.

## ANNOTATION

The subject of the bachelor's work chosen by the author is “ Providing image quality in prostate cancer diagnostic magnetic resonance ”. The work of the bachelor shall consist of an introductory part, theoretical part, research part, conclusions and recommendations. The bachelor's work is based on a literature analysis of the anatomy and physiology of the prostate, prostate cancer, magnetic resonance parameters, quality criteria and protocol data specified in the guidelines.

The author of the work set out the objectives of clarifying which image quality criteria should be observed in prostate magnetic resonance studies. In creating the work, the author analyzed 39 sources of literature and 4 scientific sources. The research part of the bachelor's work used quality constelling.

**Key words:** magnetic resonance, prostate cancer, sequence, technical parameters.

# SATURS

IEVADS .....	8
1. PROSTATAS ANATOMIJA, FIZIOLOGIJA UN MAGNĒTISKĀS REZONANSES ANATOMIJA.....	10
<b>1.1 Prostatas anatomija un fizioloģija.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Prostatas magnētiskās rezonanses anatomija un patoloģijas anatomija.....</b>	<b>12</b>
2. PROSTATAS VĒZIS.....	14
<b>2.1 Epidemioloģija .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Prostatas vēža klīniskā aina .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Etioloģija un patofizioloģija .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Diagnostikas iespējas .....</b>	<b>16</b>
2. PROSTATAS VĒŽA ATTĒLU KVALITĀTES KRITĒRIJU NODROŠINĀŠANA MAGNĒTISKAJĀ REZONANSĒ.....	17
<b>3.1 Izmantojamā spole un centrēšana .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Pacienta informēšana, novērtēšana un sagatavošana izmeklējumam .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Izmeklējuma norise un pacienta pozicionēšana.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Artefakti.....</b>	<b>20</b>
4. PROSTATAS VĒŽA IZMEKLĒJUMA FIZIKĀLO PARAMETRU IZVĒLE MAGNĒTISKAJĀ REZONANSĒ.....	21
<b>4.1 Protokolu un sekvenču pielietojums .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Anatomisko plakņu pielietojums.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Kontrastvielu pielietojums pie prostatas izmeklējuma .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4 Attēla kontrasts un izšķirtspēja .....</b>	<b>24</b>
5. PĒTĪJUMA DAĻAS REZULTĀTI UN ANALĪZE.....	25
<b>5.1 Pētījuma metodoloģija.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 Protokolu salīdzināšanas parametri .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Sekvenču nozīmīgums.....</b>	<b>28</b>

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI .....	33
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	35
PIELIKUMI.....	38
1. Pielikums. Aksiālās plaknes plānojums. (25) .....	38
2. Pielikums. Sagitālās plaknes plānošana. (25) .....	39
3. Pielikums. Koronālās plaknes plānošana. (25) .....	40
DOKUMENTĀRĀ LAPA .....	41

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

ANO – Apvienoto Nāciju Organizācija;

DCE – (Dynamic Contrast-Enhanced) – dinamiskā sērija ar kontrastu;

DRI – digitāli rektālā izmeklēšana;

DWI – (Diffusion-Weighted Imaging) – izmeklējums difūzijā;

ERC – Endorectal coil – endorektālā spole;

FOV – (Field of view) – skata jeb redzes lauks;

GRE – (Gradient echo sequence) – gradient atbalss sekvenca;

I/V – intravenozi;

KV – kontrastviela;

MR – magnētiskā rezonanse;

PD – (proton density) – proton densitāte;

PSA – prostatas specifiskais antigēns;

PV – prostatas vēzis;

PVO – Pasaules veselības Organizācija.

RF – radiofrekvence;

SE – (Spin – echo sequence) – spina atbalss sekvenca;

SE – spin – echo sekvenca;

SNR – signāla/trokšņa attiecība starp signālu;

T – tesla;

T1 – relaksācija laiks garenvirzienā;

T<sub>1</sub>W – (T1-Weighted) T1 svērtā sekvenca;

T2 – relaksācijas laiks šķērsvirzienā;

T<sub>2</sub>W – (T2-Weighted) T2 svērtā sekvenca;

TE – eho laiks;

TR – atkārtotās laiks;

TSE/FSE – (Fast (Turbo) Spin Echo) – ātrā spina atbalss sekvence.

## IEVADS

Bakalaura darba tēma "Attēlu kvalitātes nodrošināšana prostatas vēža diagnostikā magnētiskajā rezonansē" tika izvēlēta balstoties uz lielu prostatas vēža(PV) slimnieku skaita pieaugumu visa pasaulē. Pēdējās divās dekādēs PV pacientu skaits ir krasi pieaudzis.(1)

PV epidemioloģiskās tendences, diagnostiskās un ārstēšanas iespējas tiek plaši pētītas, jo prostatas vēzis kļuvis par nozīmīgu un vispārārstītu problēmu mūsdienu onkoloģijā starp vīriešu kārtas pārstāvjiem Latvijā un pasaulē. Statistikas dati liecina, ka PV ieņem ceturto vietu, tas sastāda, 7,9% no visiem jaunatklātajiem audzēju veidiem, kā arī astoto vietu nāves gadījumu ziņā pasaulē. Eiropā tās sastāda 12% - 15% gadījumu. Latvijā PV ieņem otro vietu onkoloģiskās saslimstības struktūrā. (2)

PV slimnieka turpmākai dzīves kvalitātei ir liela nozīme laicīgi diagnosticēt saslimšanu un uzsākt atbilstošu ārstniecisko terapiju. PV diagnostikā galvenokārt izmanto digitāli rektālo izmeklēšanu(DRI), prostatas specifisko antigēnu(PSA) testu, transrektālajā ultrasonogrāfijā(TRUS) kontrolētu prostatas biopsiju ar tai sekojošu histopatoloģisku atbildi. Prostatas vēža diagnostikā un dinamikā ir arī svarīga nozīme magnētiskajai rezonansei(MR).(3)

MR iespējas un pieejamība ir strauji kāpusies, kaut gan šī metode ir manāmi jaunāka par citām diagnostiskām metodēm. Pasaulē tiek pieņemts fakts ka MR spēj precīzāk vizualizēt prostatu un tās struktūras, nekā, piemēram, datortomogrāfija. MR pielieto, galvenokārt diferenciāldiagnostikā un vēža diagnostikā. Ar MR var precīzi izsekot prostatas kapsulas augšanu un skartos limfvadus. Jaunākie pētījumi norāda ka MR izmeklējums var precīzi noteikt PV stadiju un lokalizāciju. Šajā izmeklējumā dod priekšroku dinamiskajam izmeklējumam pielietojot kontrastvielu.

**Bakalaura darba mērķis:** Noskaidrot, kādi attēla kvalitātes kritēriji ir jāievēro prostatas magnētiskās rezonanses izmeklējumos.

**Bakalaura darba hipotēze:** Prostatas vēža magnētiskās rezonanses izmeklējuma kvalitāti ietekmē tehnisko parametru izvēle, pacientu pozicionēšana un iespējamie artefakti.

Lai sasniegtu doto mērķi, tiek izvirzīti **uzdevumi:**

- 1.) Apkopot literatūru par prostatas anatomiju, fizioloģiju un magnētiskās rezonanses anatomiju;
- 2.) Apkopot literatūru par prostatas vēža klīniku un diagnostiskajām iespējām;
- 3.) Apkopot literatūru par attēla kvalitatīva izmeklējuma nodrošinājumu magnētiskajā rezonansē;

- 4.) Apkopot literatūru par izmeklējuma fizikālajiem parametriem;
- 5.) Analizēt un savā starpā salīdzināt zinātniskos avotus – vadlīnijas;
- 6.) Apkopot un analizēt iegūtos rezultātus;
- 7.) Veikt secinājumus un izstrādāt ieteikumus.

**Bakalaura darbā izmantotās metodes:**

1. Literatūras apkopojums;
2. Kvalitatīva pētījuma metode;
3. Kontentanalīze.

**Pētījuma bāze:**

1. Vienas no Latvijas veselības aprūpes iestādes MR protokols;
2. Zinātniskos darbos aprakstītās vadlīnijas.

**Pētījuma instruments:**

1. Zinātnisko avotu analīze.

# 1. PROSTATAS ANATOMIJA, FIZIOLOĢIJA UN MAGNĒTISKĀS REZONANSES ANATOMIJA

Mūsdienās priekšdziedzeri jeb prostatu dēvē par vīrieša otro ‘‘sirdi’’. Šādi uzskati sabiedrībā veidojas, jo šis dziedzeris ir nozīmīgs vīriešu endokrīnās sistēmas funkcionēšanai visā dzīves garumā, sākot no dzimšanas līdz pat mūža beigām. Prostatas dziedzeris pilda daudzas nozīmīgas funkcijas, kā piemēram, regulē hormonālo funkciju, pildot gan ārējo, gan iekšējo dziedzeru funkciju un piedalās sēklas šķidruma veidošanā.

Pētītājā literatūrā ir norādīts, kā neskatoties uz priekšdziedzera nelielajiem izmēriem, tam ir sadalījums. Mūsdienās ir izvirzīti 2 iedalījumi – lobārais prostatas iedalījums un zonālais prostatas iedalījums. Mūsdienās abi iedalījumi proporcionāli ir apvienoti, par to ir vienojušies pasaules uroloģi un radioloģi.(6) Šis iedalījums ir svarīgs ne tikai uroloģijā, bet arī radioloģijā – MR izmeklējumos. (4)

## 1.1 Prostatas anatomija un fizioloģija

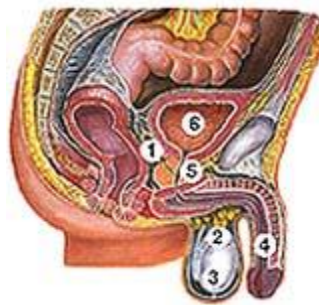
Priekšdziedzeri jeb latīniski – prostatu define kā nepāra, blīvās konsistences apgrieztas piramīdas formas orgānu, kurš ir izvietots aiz simfīzes, zem urīpūšļa mazajā iegurnī. Bieži vien priekšdziedzeri salīdzina ar valrieksta vai kastaņa formu. Priekšdziedzera svars normas robežās sastāda apmēram 15-20 gr.; šī dziedzera izmēri ir apmēram 3 cm priekšēji mugurējā virzienā, 4 cm platumā, 3 cm augstumā. Priekšdziedzera mugurējā sieniņa saskarās ar resno zarnu, savukārt priekšējā sieniņa saskaras ar kaunuma kaulu. Priekšdziedzerim cauri iet urīnizvadkanāls. Pašu dziedzeri apņem saistaudu kapsula, kurā sastāv arī no gludiem miocītiem. Priekšdziedzerī veido no 20 līdz 50 dažādi tuboalveolāru dziedzeru komplekss. Priekšdziedzera parenhīmu veido atsevišķi dziedzeri, kuri atrodas saistaudu stromā, kurā arī ir gludie miocīti.(9)

Prostatas dziedzerus iedala trijās kategorijās:

- 1.)sīkie gļotādas dziedzeri;
- 2.)zemgļotādas dziedzeri;
- 3.)ārējie dziedzeri, kuri veido plašu zonu un veido lielāko daļu no prostatas kopējā sekrēta.

Prostatu anatomiski iedala divās daivās – kreisajā un labajā daivā. Starp šīm daivām atrodas sašaurinājums. Priekšdziedzera dziedzerus apņem gareniski un cirkulāri garenisko miocīto kūlīši. Ejakulāta laikā tie saraujas un izvada jeb ‘‘izsvied’’ to.

1. Sēklas pūslīši
2. Oliņas piedēklis(epididimis)
3. Oliņa(testis)
4. Urīnkanāls(uretra)
5. Priekšdziedzeris jeb prostata
6. Urīnpūslis (4, 5, 7)



### 1.1 att. Prostatas lokalizācija un apkārtējās struktūras

Kā arī citus cilvēka orgānus, prostatu arī iedala zonās. Literatūrā viens no vecākiem sastaptais ir lobārais dalījums, ko aprakstīja Lovslījs 20. gadsimta sākumā. Viņš priekšdziedzeri iedala daivās: priekšējā daiva, mugurējā daiva, vidusdaiva, un daivas, kuras sadala centrālā iedobe veidojot divas laterālās daivas.

80. gadu sākumā medicīnas praksē sāka izmantot tādu jēdzienu, kā ‘’prostatas zonālais dalījums’’. Prostatas zonālo anatomiju 1968. gadā sāka aprakstīt Džons Evans Maknīls. Autors prostatu iedala 5 zonās: priekšējā fibromuskulārā stroma; periuretrālie dziedzeri; pārejas zona; centrālā zona; perifērā zona. (6)

Mūsdienās uroloģi un radioloģi ir izveidojuši kopīgu iedalījumu, kas ietver sevī gan lobāro dalījumu, gan zonālo prostatas anatomiju.

Priekšdziedzeri ir tuboalveolāri. Priekšdziedzera šķidrums ir fruktoze, diastāze, B glukoronidiāze, skābā fosfatāze un citi proteolītiski enzīmi, cinka joni, prostaglandīns un fibrinolizīns. Dziedzera šķidruma pH līmenis sastāda – 6,4.

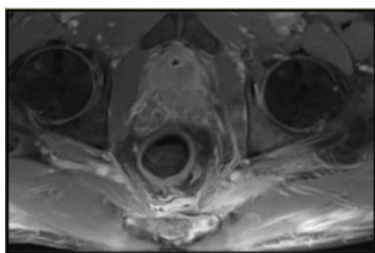
Priekšdziedzeris ietekmē hipotalāma diferenciāciju pēc vīrišķā tipa, tāpēc priekšdziedzeri var uztvert gan kā iekšējo sekrēcijas dziedzeri, gan kā ārējo sekrēcijas dziedzeri.(8)

Androgēnie vīrieša dzimumhormoni nosaka prostatas sekrētu izdalīšanos, attīstību un augšanu. Priekšdziedzera audos nokļūst testesterons, kurš nokļūstot sērūmā saistās ar globulīnu. Ejakulāta tilpums, kas sastāda apmēram 95%, veidojas priekšdziedzerī, sēklas pūslīšos, bulbouretrālajos dziedzeros. Prostata pilda nozīmīgu funkciju – tā uzkrāj un producē sēklas šķidrumu, kā arī ietekmē endokrīno orgānu sistēmu un ģeneratīvo sistēmu. (9, 5)

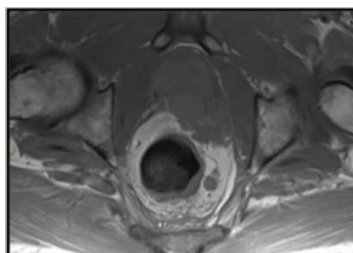
## 1.2 Prostatas magnētiskās rezonanses anatomija un patoloģijas anatomija.

MR vizualizē prostatu, tās kapsulu, sēklas pūslīšus, apkārtējos audus, urīnpūsli, dzimumlocekļa pamatni, taisno zarnu, reģionālos limfmezglus.(10)

Uz T1 svērtajiem attēliem prostatas dziedzeri zonālā anatomija nav diferencējama. Šajā sekvencē iegūtos attēlus galvenokārt izmanto, lai noteiktu asiņošanas klātbūtni prostatas dziedzerī un/vai sēklas pūslīšos. T1W sekvencē bieži vien ievada gadolīnija saturošu KV. Tas palīdz vizualizēt limfmezglu un kaulaudu metastāzes.(11)

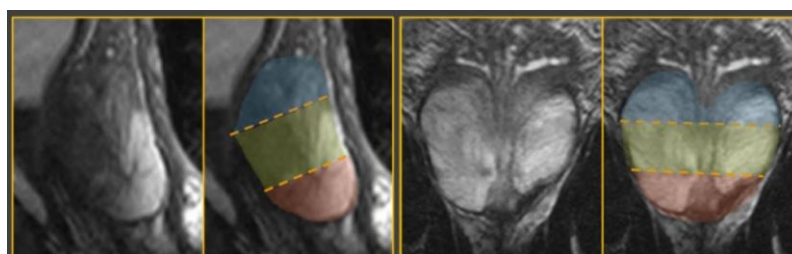


1.2 att. T1W sekvence.(10)



1.2.1 att. T1W sekvence pēc KV ievades.(10)

Prostatas dziedzeri zonālā anatomija un patoloģiju esamība tiek vērtēta uz T2W svērtajiem attēliem ar mazu FOV. Parasti prostatas dziedzeri iedala 3 zonās: apakšējā zona(ietver sevī perifēro, centrālo un pārejas daļu), vidējā zona(ietver sevī pārsvarā perifēro un pārejas daļu) un augšējā zona(ietver sevī pusi no perifērās daļas un nelielu daļu no pārejas daļas).

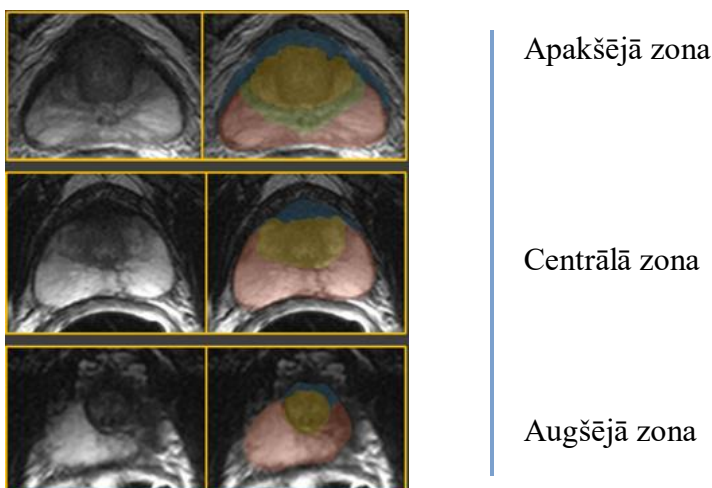


Sagitālā plakne

Koronālā plakne

1.2.2 att. **Prostatas zonālais iedalījums.** Zilā krāsā apzīmēta apakšējā zona, zaļā krāsā apzīmēta centrālā zona un sarkanā krāsā apzīmēta augšējā zona.(11)

Perifēra zona ir hiperintensīva, centrālā zona ir izointēmiska vai hipointēmiska, salīdzinot ar muskuļu audiem. Priekšdziedzera pseido – kapsulu vizualizē kā plānu, hipointesīvu malu, kas uz tās priekšējās virsmas saplūst ar fibromuskulāru stromu.



1.2.3 att. **Prostatas zonālais sadalījums daļās. (Aksiālā plakne)** Zilā krāsā apzīmēta priekšējā fibromuskulārā stroma; dzeltenā krāsā apzīmēta pārejas daļa; zaļā krāsā apzīmēta centrālā daļa; sarkanā krāsā apzīmēta perifērā daļa.(11)

PV esamību T2W svērtajā sekvencē visualize kā apaļu vai neprecīzu hipointensīvu fokālu bojājumu. Pazīmes sevī ietver arī nesadalītus, homogēnus, mēreni – hipointensīvus bojājumus, spekulējošas malas, lentikulāru formu, hipointensīvas kapsulas pilnīgu trūkumu, invāziju no urinizvadkanāla sfinktera un fibromuskulāras stromas.(12)

Priekšējā fibromuskulāra stroma nesatur glandulāros audus, savukārt pārejas zona satur apmēram 5% glanduāro audu. Tiek diagnosticēts 20 –25% vēža gadījumu, līdz ar to diagnosticēt PV šajā daļā ir sarežģītāk. Parastais izskats vecākiem vīriešiem ar lielāku BPH ir jaukti stromas un glanduāri hiperplastiski elementi, atsevišķiem mezgliņiem bieži ir iekapsulēts izskats. Centrālā zona satur 20% glanduāro audu. PV lokalizācija šajā zonā ir reta. PV izskats šajā zonā ir kā tumši signāli. Savukārt perifērā zona satur 70 –80% glanduāro audu un šajā zonā ir diagnosticēti apmēram 70 –75% PV gadījumu, T2W attēlos tas izpaužas kā augsti un spilgti signāli.(13)

## 2. PROSTATAS VĒZIS

PV(*latīniski* – carcinoma prostatae) ir ļaundabīgs, visbiežāk sastopamais audzējs vīriešu vidū, kurš veidojas prostatas jeb priekšdziedzera audos. Šis audzēja tips ir biežāk sastopams audzējs no visiem ļaundabīgajiem audzējiem, vīriešiem no 40 līdz 65 gadiem.

PVO dati liecina ka ir sastopami 54 dažādi priekšdziedzera audzēju paveidi. 98% no visiem audzējiem sastāda acinārās adenokarcinomas, kuras ir veidotas no sekretorām šūnām un tiek definētas kā invazīvi maligni epiteliāli audzēji. (1)

Daudzi pētījumi norāda, kā šis audzēja veids ir cieši saistīts ar ģenētisko predispozīciju un iedzimtību. Šo vēzi izraisa daudzi faktori, piemēram, iedzimtība, vismaz 10% no vēža izcelsmes ir pārmantoti, tāpēc ir svarīgi veikt atbilstošus skrīninga izmeklējumus, ja ģimenes iepriekšējās pāudzēs ir bijušas saslimstības epizodes vīriešu vidū ar šo audzēja veidu.

Viens no svarīgākajiem faktoriem arī ir ģenētikai un sociālekonomiskajiem apstākļiem., ka arī šo audzēja tipu var izsaukt prostatas saslimšanas un/vai seksuāli transmisīvās slimības, dzīvesveids un hormonālais disbalans.

### 2.1 Epidemioloģija

Pēc saslimstības PV ir otrs biežākais audzēja tips vīriešiem. Pēdējo 10 – 15 gadu laikā šis vēža tips progresē. Saslimstības skaits atšķiras dažādās pasaules valstīs un reģionos, un šie dati liecina par rases un apkārtējās vides ietekmi uz saslimtību. (6) Afroamerikāņu rases pārstāvjiem iespēja saslimt ar PV ir 2,5 reizes lielāka nekā eiropēidās rases vīriešiem. Aziātus PV skar retāk nekā afroamerikāņu rases vīriešus vai eiropēidās rases vīriešus. Paugstinātais risks var būt saistīts ne tikai ar ģenētiku vai iedzimtību, bet arī ar sociālekonomiskajiem apstākļiem. Apvienoto Nāciju Organizācija(ANO) (1) valstis iedala pie vairāk attīstītajām un mazāk attīstītajām valstīm. Vēža īpatsvars atšķiras starp vairāk attīstītajām un mazāk attīstītajām valstīm. Savukārt Latviju, Eiropas valstis, Austrāliju, Ziemeļameriku, Jaunzelandi un Japānu ANO define kā vairāk attīstītās valstis. Vairāk attīstītās valstīs PV ir otrais biežuma ziņā ar 12,5% no visiem vēžu veidiem, savukārt mazāk attīstītajās valstīs PV ieņem tikai astoto vietu un tas sastāda apmēram 4.4 % no visiem vēžu veidiem. (2) Latvijā PV ierindojas otrajā vietā starp vīriešu kārtas pārstāvjiem. (14)

## 1.2 Prostatas vēža klīniskā aina

PV agrīnās stadijas pārsvara norit asimptomātiski. Šis audzēja veids biežāk lokalizējas perifērā zonā, un pirmajās stadijās tas neietekme vīriešu urīnizvadkanālu(uretru). Primārās izmeklēšanas metode ir PSA un/vai DRI. Ja šī izmeklējuma rezultāts ir aizdomīgs un norāda uz PV esamību, veic biopsiju. Šis audzēja veids var attīstīties gadiem ilgi, bez jebkādiem simptomiem. Simptomu esamība pārsvarā jau norāda uz lokāli izplatītu un/vai metastātžu esamību. PV augšana urīnizvadkanāla vai urīnpūšļa kakla virzienā, nospiež urīnizvadceļus un izsauc simptomus.(15)

PV0 nospiežot urīnizvadsistēmas orgānus, pacientam var parādīties simptomi un tos parasti iedala šādās grupās: obstruktīvie un iritatīvie simptomi.

Pie obstruktīvajiem simptomiem ir novērojama mikcijas aizkavēšanās, intermitējoša mikcija un ir manāmi vājāka urīna strūkļa, savukārt iritatīvie simptomi sevī ietver biežu, neatliekamu urinēšanu, urīna nesaturēšanu, biežu mikciju un niktūriju(vajadzībe pēc urinēšanas naktīs). Audzējam ievērojami palielinoties var tikt nospiesti urīnvadi un var tikt traucēta urīna atcece no nierēm, rezultātā veidojas hidronefroze un nieru mazspēja ar urēmiju.

Audzējam izplatoties un progresējot var novērot hematospermiju vai samazinātu spermas izdalīšanos. Tas notiek, ja audzējs ieaug sēklas pūslīšos un/vai sēklas vadus.

Ja audzējs izplatās uz neurovaskulāro kūlīti, kas satur kavernoza nervu, kurš nāk no iegurņa pinuma, var rasties erektilā disfunkcija.

Bieži vien šis audzējs izplatās iegurņa limfmezglos, tādā gadījumā var novērot limfostāzi apakšējās ekstremitātēs. PV raksturīga hematogēnu metastazēšanās kaulu sistēmā, biežāk iegurņa kaulos un mugurkaula jostas un krustu daļā, tāpēc nereti pacientam rodas sāpes mugurkaula krustu daļā. (16)

## 2.3 Etioloģija un patofizioloģija

PV attīstību var ietekmēt dažādi faktori. Kā biežākie iemesli PV ir iedzimtība, vecums, vīriešu dzimumhormonu darbība un ģenētiskās izmaiņas. Apmēram 10% no PV ir saistīti ar iedzimtību.

Mūsdienās plašāk pētītais faktors ir gēnu mutācija. Mūsdienās ir noteikti un atpazīti aptuveni 100 dažādi gēni, kuru DNS mutācijas var izsaukt šī audzēja attīstību. Šobrīd pasaulē plašāk pētītie gēni ir: BRCA1, BRCA2, RNASEL, ELAC2, NBS1, MSR1, un CHEK2. Par vispārātzīti šī audzēja iemeslu uzskata pāaugstinātu androgēna līmeni.

Audzējam attīstoties(sākuma stadijās), tā izskats atgādina mezglu, bet attīstoties tā diametrs var sastādīt pat līdz 10 cm robežām. Bieži vien šī audzēja šūnas nospiež urīnvadu, ieaug urīnpūslī, ieaug iegurņa nervu pinumos un sēklas pūslīšos.

Pēc histoloģijas atradnes, biežākais audzēja paveids no visiem ļaundabīgajiem priekšdziedzera audzējiem ir adenokarcinoma, kura ir diagnosticēta 98% gadījumos. Pārsvārā šis audzēja tips lokalizējas perifērajā zonā. Retāk ir sastopami tādi veidi, ka solīdais vēzis, plakanšūnu vēzis un skirs.

## 2.4 Diagnostikas iespējas

Statistikas dati liecina, ka prostatas vēzis pirmajās stadijās norit asimptomātiski un šo slimību atklāj daudz ielaistākās stadijās - aptuveni 75% PV sāk ārstēt jau ar traucējošiem simptomiem. Kā galvenos diagnostikas veidus var minēt prostatas specifiskā antigēna testu(PSA), digitāli rektālo izmeklēšanu(DRI), transrektālā ultrasonogrāfijā kontrolētu prostatas biopsiju ar sekojošu histopatoloģisku atbildi(TRUS).

PSA ir imūnreaktīva viela, kura veidojas prostatas audos un nav sastopama citur. Tās daudzuma palielināšanās asins serumā var norādīt uz prostatas vēzi. Ja PSA līmenis pārsniedz 4 ng/ml, tas var norādīt par PV esamību. (17)

DRI ir metode, kad ar pirkstu caur taisno zarnu aptausta un izpalpē prostatu, nosaka tās izmērus, formu, attiecību ar apkārtējiem orgāniem. Ir iespējams sataustīt prostatas struktūras izmaiņas – cietāka, blīvāka, mīkstāka, mezglaina, neviendabīga. Ja PV izmēri ir lielāki kā 0,2 ml, tad var noteikt PV esamību ar šo metodi, jo pārsvārā PV atrodas perifērajā zonā. (18)Indikācijas TRUS metodei ir atradne PSA un/vai DRI. Šajā metodē USG kontrolē caur taisno zarnu paņē 10 līdz 12 audu paraugus no prostatas. (19)

MR izmeklējums tiek pielietots, lai noteiktu audzēja lokālo izplatību un audzēja apjomu. Maksimālie kopējie jutības un specifiskuma rādītāji ekstrakapsulāras izplatības novērtējumā ir tikuši noteikti 71% (20). Mūsdienās PV diagnostikas iespējas, lokalizāciju un īpatnību raksturojumu ar jauno MR tehnoloģiju ieviešanu klīniskajā praksē – trīsdimensiju MR, MR spektroskopijas, un MR izmeklējumu ar dinamisku audu kontrastēšanu. (21, 22). Precīzi diagnosticēt PV lokalizāciju, izplatību un stadiju var, pielietojot dinamisko MR (22). Pacientiem kuriem ir paaugstināts vai augsts ekstrakapsulāras audzēja izplatības risks, preoperatīva endorektāla MR varētu sniegt diagnostiski vērtīgu papildus informāciju. Pāaugstināta riska pacientiem, kuru biopsijas rezultāti ir negatīvi vai ir paredzama ekstrakapsulāra audzēja izplatība, diagnostikā ir būtiska nozīme MR izmeklējumiem. (23)

## 2. PROSTATAS VĒŽA ATTĒLU KVALITĀTES KRITĒRIJU NODROŠINĀŠANA MAGNĒTISKAJĀ REZONANSĒ

Bieži vien attēlu kvalitātes kritēriji ir atkarīgi ne tikai no izvēlētajiem pareizajiem parametriem, bet arī no pacientu sagatavošanas, informēšanas, pareizo palīglīdzekļu izvēles (spoles un paliktņi) un pacientu pozicionēšanas.

Attēlu kvalitāte bieži vien ir saistīta ar kvalitatīvu komunikāciju starp atbildīgo veicēju – radiogrāferu un pacientu, liela nozīme arī ir precīzai pozicionēšanai un centrēšanai. Nepilnīga šo prasību izpilde var nozīmīgi samazināt kvalitatīvu izmeklējuma attēlu un radīt dažādus artefaktus, neprecīzas pozicionēšanas un centrēšanas rezultātā, anatomiskās struktūras var vizualizēties nepilnīgi, jo izmeklējamās daļas dati un lokalizācija būs aplama.

### 3.1 Izmantojamā spole un centrēšana

Prostatas izmeklēšanā kā arī citos MR izmeklējumos kā neatņemama sastāvdaļa kalpo radio – frekvenču(RF) spole. RF spole ir uztvērējs ar kuru palīdzību tiek pārraidīti radiofrekvenču viļņi uz izmeklējamo daļu un tiek nosūtīti atpakaļ. Pie prostatas izmeklējuma var tikt izmantotas vairākas spoles, piemēram, vēdera spole, fāzētā iegurņa spole vai endo – rektālā spole. Parsvarā tiek pielietota vēdera spole un endo – rektālā spole(ERC). (24)

Endorektālās spoles palielina SNR prostatā jebkurā magnētiskā lauka stiprumā. Tas var būt īpaši noderīgi augstas telpiskās izšķirtspējas attēlveidošanai, ko izmanto vēža stadijas noteikšanai, un zemākām SNR sekvencēm, piemēram, DWI un augstas īslaicīgās izšķirtspējas DCE.(25, 13)

ERC var būt indicēta arī adipoziem pacientiem, kur SNR prostatā var tikt kompromitēts, izmantojot tikai ārējā fāzētā bloka RF spoles. Tomēr ERC lietošana var palielināt izmeklēšanas izmaksas un laiku, deformēt dziedzeri un radīt artefaktus. Pacientiem var būt nekomfortabli izmeklējuma laikā.(25)

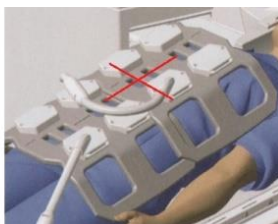
Izmantojot aptuveni 1,5 T MR sistēmas, jo īpaši vecākās MR sistēmas, uzskata, ka ERC izmantošana ir nepieciešama, lai sasniegtu augstas izšķirtspējas diagnostikas kvalitātes attēlveidošanu, kas nepieciešams prostatas vēža stadijas noteikšanai. Pie 3T, neizmantojot ERC, attēla kvalitāte var būt salīdzināma ar attēla kvalitāti, kas iegūta pie 1.5 T ar ERC, lai gan nav tieša salīdzinājuma starp abām stratēģijām vēža konstatēšanai un/vai izstādīšanai.

Svarīgi ir tas, ka ir daudz citu tehnisku faktoru, nevis tādu ERC izmantošana, kas ietekmē SNR (piemēram, uztvērēja joslas platumu, spoles konstrukcija, RF ķēdes

efektivitāte), un daži mūsdienu 1,5 T skeneri, kas izmanto relatīvi lielu skaitu ārējo fāzu spoles elementu un RF kanālu (piemēram, 16 vai vairāk), var sasniegt atbilstošu SNR daudziem pacientiem bez ERC izmantošanas.(13)

Gan 1,5 T, gan 3T laikā ir iegūti ticami apmierinoši rezultāti, neizmantojot ERC. Ja ERC balona piepūšanai tiek izmantots gaiss, tas var ieviest lokālu magnētisko lauku nevienādīgumu, kā rezultātā tiek deformēts DWI, īpaši pie 3T. Tas, cik lielā mērā artefakti traucē MRI interpretāciju, mainās atkarībā no specifiskās impulsu secības ieviešanas, bet tos var samazināt, pareizi pozicionējot ERC, un balona atgrūšana ar šķidrums (piemēram, šķidro perfluorogļūdenražu vai bārija suspensiju), kas neradīs jutīguma artefaktus. Ja balona atgrūšanai tiek izmantots šķidrums, pirms ievietošanas no ERC balona rūpīgi jālikvidē viss gaiss. Ir izstrādātas cietas, vairākkārt lietojamās ERC, kas nerada nepieciešamību pēc piepūšamajiem baloniem un samazina gaismas kropļojumus.

Lai izmeklējums būtu precīzs, izmeklējamo zonu novieto gentrija izocentrā, zem lāzera gaismas lokalizatora. Ar lokalizatoru centrē uz spoles centra marķējumu. Izocentrs jeb



0 punkts ir punkts gentrija atvēruma centrā, kur krustojas x, y, un z ass. x un y ass krustpunktu var redzēt centrējot ar lāzera centratoriem. Lokalizators atrodas virs zarnu kauliem. (25, 24)

### 3.1 att. Pacienta pozicionēšana un pielietojamā spole

### 3.2 Pacienta informēšana, novertēšana un sagatavošana izmeklējumam

Pirms izmeklējuma pacientu informē par izmeklējuma laiku, norisi un trokšņiem. Izskaidro izmeklējuma nozīmīgumu. Pirms izmeklējuma jāiepazīstas ar pacienta anamnēzi vai jānoskaidro, vai pacientam nav svešķermeņu, vai implantu (kardiostimulātori, neirostimulātori, zobu protēzes, dzirdes aparāti, katetri, jebkura veida implantu un stenti), jo tas var radīt komplikācijas, papildus veselības problēmām pacientam, ka arī dažādus artefaktus izmeklējuma iegūtajos attēlos.

Lai samazinātu kustību artefaktu, ko izraisa zarnu peristaltika, dažiem pacientiem var būt noderīga antispazmatiskos līdzekļu lietošana (piemēram, glikagons, skopolamīna butilbromīda vai sublingvāla histidīna sulfāts) pirms izmeklējuma uzsākšanas. Tomēr daudzos citos gadījumos tas nav nepieciešams.

Satura esamība taisnajā zarnā var traucēt ERC pielietošanu. Gaisa un/vai satura klātbūtne taisnajā zarnā var izraisīt artefaktus, kas var negatīvi ietekmēt DWI sekvenču kvalitāti. (25)

Pacientam jāevakuē taisnās zarnas saturu, ja iespējams, tieši pirms MRI izmeklējuma. Zarnu saturu var evakuēt ar mikroklizmas palīdzību, ko pacients var veikt viens pats. Ja nav izmantota ERC un taisnajā zarnā ir gaiss, var būt noderīgi veikt mpMRI izmeklējumu pacientu pozicionējot pronācijā.

MR izmeklējumu var veikt gan pirms biopsijas, gan pēc. Izmeklējumu pēc biopsijas jāveic pēc 3 - 4 nedēļām, lai izmeklējums būtu diagnostiski vērtīgs. Kā iemesls tam kalpo postbiopsijas asiņošana. Pirms izmeklējuma pacientam iesaka veikt mikroklizmu, kas atvieglos izmeklējumu un izmeklējumā iegūtos attēlus. Pacientam pirms izmeklējuma vēlams izdzert apmēram 1 – 1,5l ūdens, lai urīnpūslis būtu pildīts.

Pirms izmeklējuma pacientu jāpagatavo, jālūdz atbrīvoties no visiem metāla priekšmetiem(monētas, aksesuāri, piemēram, aproces, pulksteņi, ķēdes utt.), un nemetāla priekšmetiem, kā apģērbs (bikses, jostas/siksnas), kas var radīt nevēlamas sekas un artefaktus. (25, 26)

### **3.3 Izmeklējuma norise un pacienta pozicionēšana**

Lai veiktu kvalitatīvu izmeklējumu ir svarīga nozīme izmeklējuma norisei un pozicionēšanai. Radiogrāferim, lai nodrošinātu kvalitatīvu izmeklējumu, būtiska loma ir kontaktam ar pacientu. Pacientam jāizskaidro izmeklējuma ilgums, jānogulda pacients tā, lai viņam būtu ērti nogulēt visu ilgo izmeklējuma laiku. Pacientam ir jāizskaidro, kā būtiski ir nogulēt mierīgi visu izmeklējuma laiku, lai nerastos kustību artefakti.

Pacienta pozicionēšana – pacients supinācijā tiek noguldīts uz izmeklējuma galda. Lai pacientam būtu ērti, zem galvas tiek novietots spilvens un zem kājām tiek palikts speciāls paliktnis. Jālūdz noņemt visi metālu saturošie priekšmeti, piemēram, sikсна, monētas, spraudes, utt. Pozicionējot pacientu, jālūdz novilkt bikses, lai mazā iegurņa daļa maksimāli būtu atbrīvota no svešķermeņiem un apģērba.

Komfortam pacientam tiek uzliktas aizsargaustiņas, kas pasargā pacientu no trokšņa, kurš rodas izmeklējuma laikā. (25)

### 3.4 Artefakti

Artefakts jeb\vai artefakti ir attēla kropļojums, kas var veidoties vairāku faktoru ietekmē. Kā lielākie faktori tiek definēti – fizioloģisko procesu izraisītie artefakti, apkārtējās vides ietekmes sekas(pāaugstināts mitrums, karstums), ar iekārtas un/vai sigāla apstrādi saistīti artefakti, metālisko priekšmetu un/vai implantu klātbūtne izmeklejuma laikā.

Artefaktus MR attēlveidošanā klasificē:

Metālisko priekšmetu un implantu radītie artefakti.

Magnētiskās uzņēmības artefaktu un metāla artefaktu rezultātā veidojas spilgti plankumi, telpiskā sagrozīšana, signāla pamešana, neviendabīgums. Metāliskie priekšmeti var būt priekšmeti, kā sikсна, naudas monētas, saspraudes, rotaslietas, naudas maks, utt. Metāliskās daļiņas arī var saturēt dažāda kosmētika un tetovējumi. Par implantiem uzskata zobu protēzes, zobu plombas, dažādus kaulu implantus, stentus un šuntis. Šādā gadījumā piemēro īsu echo laiku, neizmaina gradienta – echo secību, pēc iespējas atbrīvo pacientu no metāla priekšmetiem. Par iemeslu var kalpot materiāli ar magnētisko jutību. Pastāv 3 veidu materiāli:

1. feromagnētiski materiāli ar spēcīgu ietekmi, piemēram, dzelzs, niķelis uc.;
2. diamagnētiķi ar minimālu ietekmi uz magnētiskajiem laukiem, piemēram, lielākie organiskie savienojumi, ūdens, utt.;
3. paramagnētiskie materiāli, piemēram, alumīnijs, platīns, zelts uc.

Ar fizioloģisko procesu saistītiem artefaktiem(*phase mismatching artefacts*) saprot pacienta vai izmeklējamās daļas anatomisko struktūru kustības izmeklējumā laikā. Pacienta kustības literatūrā tiek definētas kā neperiodiskas kustības, kuras izmeklējumā iegūtajos attēlos vizualizējas kā neskaidrs attēls un/vai dubultlīniju esamība attēlā. Par periodiskām kustībām uzskata sirdsdarbību, elpošanu, assinsvadu pulsāciju un zarnu peristaltiku. Šo kustību rezultātā veidojas struktūru dubultošanās jeb ‘spoku’ attēls.

Pie iekārtas un/vai sigāla apstrādi saistītajiem artefaktiem pieder – saīsināšanas artefakti(*truncation artefacts*), ķīmiskās nobīdes artefakti(*chemical shift artefacts*), ķīmisko elementu nepareizas reģistrācijas artefakti(*chemical misregistration artefacts*), pārmešanas artefakti(*aliasing artefacts*), magnēta jutības artefakti(*magnetic susceptibility artefacts*).

Saīsināšanas artefaktus pazīst arī kā Gips artefaktu. Izmeklējumā šis artefakts ir novērojams fāzes sākumā un parādās kā tumša josla, kura iet cauri augsta signāla zonai.

Ķīmiskās nobīdes artefakti attēlos vizualizējas kā gaišas un tumšas joslas.

Kīmisko elementu nepareizas reģistrācijas artefakti pārsvarā veidojas GRE sekvencēs un to var izmantot pozitīvi – samazinot signālus no taukiem(Dikson technique). Šis artefakts ir novērojams fāzes sākumā un tas vizualizējas ka tumšs gredzens ap struktūru.

Pārmešanas artefakts veidojas, kad izmeklējamā daļa ir lielāka par FOV un signāls tiek nolasīts arī no izmeklējamās daļas tuvākām daļām, kuras nav iekļautas FOV. Tā izmeklējamā daļā, kura ir palikusi ārpus FOV, pārbīdās uz pretējo izmeklējumā iegūto attēla malu, pārklājot vai/jeb simulējot patoloģiju. (24, 26, 27)

#### 4. PROSTATAS VĒŽA IZMEKLĒJUMA FIZIKĀLO PARAMETRU IZVĒLE MAGNĒTISKAJĀ REZONANSĒ

PV izmeklējuma precizitāte un diagnostiskā vērtība ir atkarīga ne tikai no pareizas pacientu informēšanas un sagatavošanas, bet arī no izvēlētajiem protokoliem un sekvencēm.

Prostatas MR izmeklējumus dēvē arī par “Multiparametru MR”, jo šajos izmeklējumos tiek iekļauta kombinētā anatomisko un funkcionālo impulsu sekvenču izmantošana.

Amerikas radioloģijas asociācija(ACR) un Eiropas Uroģenitālās radioloģijas asociācija(ESUR) 2015. gadā publicēja pamatvadlīnijas, kuras stingri norāda, ka prostatas MR izmeklējuma tehniskās detaļas, kas ietekmē attēlveidošanas protokolu, jāpielāgo pacienta vajadzībām un ārstējošā ārsta uzdotajiem klīniskajiem jautājumiem. Veicot izmeklējumu ir jāpievērš uzmanība iekārtai, attēlu interpretācijai un pamatparametriem. (28, 13)

Veicot šo izmeklējumu, ir jāseko iestādes vai iekārtas ražotājfirmas izvirzītajām vadlīnijām, kas nosaka izmeklējuma gaitu, veikšanas pamatprincipus un protokolu izvēli.

Šajā nodaļā ir apkopoti un aprakstīti svarīgākie parametri, kam ir jāverš uzmanība veicot MR izmeklējumu prostatas vēzim.

##### **4.1 Protokolu un sekvenču pielietojums**

Pie prostatas izmeklējuma izvēlas standarta protokolu. Pie katra prostatas izmeklējuma obligātas ir tādas sekvenses kā T2 svērtā (T2W), sērijas difūzijā ( DWI ) un dinamiskā sērija ar kontrastu ( DCE ).

Lai vizualizētu dažādus orgānus un orgānu struktūras, ir izstrādātas sekvenses, kas nosaka noteiktu parametru pielietošanu attiecīgajam izmeklējamajam orgānam vai orgānu sistēmai. Prostatas izmeklējumam izmanto šādu parametru sekvenses: Spin – echo(SE) jeb

spina atbalss sekvenci, Gradient – echo sekvenci(GRE) jeb gradienta atbalss sekve, Fast (Turbo) Spin Echo(FSE), kas nozīmē ātrā spina atbalss attēlveidošana.

SE tiek veidota, izmantojot RF impulsu pārus, bet GRE tiek veidota ar vienu RF impulsu kopā ar gradienta apvēršanu. GRE veidošanos ilustrē shematiski.

GRE attēlveidošana atšķiras no SE attēlveidošanas vairākos aspektos, pirmkārt, tāpēc, ka tiek lietots tikai viens RF-impuls, GRE atbalsi var ierakstīt daudz ātrāk. Rezultātā atbalss laiks (TE) GRE sekvencēm parasti ir īsāks nekā SE sekvencēm. Ja tiek izmantotas GRE sekvences ar zema apvēršanas leņķa ierosinājumiem, var izmantot arī īsas atkārtotības laika TR vērtības. Īso TR un īso TE vērtību kombinācija ļauj iegūt ļoti ātru signālu. Šī iemesla dēļ GRE sekvences veido pamatu visātrākajai attēlveidošanai.

Ātrā spina atbalss (FSE) attēlveidošanu izmanto praktiski visos mūsdienu MR attēlveidošanas aspektos. FSE/TSE impulsu sekvence izmanto  $180^\circ$  refleksu impulsus pēc viena  $90^\circ$  impulsa, lai radītu atbalsi. Tomēr FSE/TSE metode maina fāzes kodēšanas gradientu katrai no šīm atbalsīm. Lai mainītu fāzes kodēšanas gradientu starp atbalsīm, dotajā atkārtotības laikā TR var iegūt vairākas k-telpas līnijas (t.i., fāzes kodēšanas soļus).

Tā kā katrā TR intervālā tiek iegūtas vairākas fāzu kodēšanas līnijas, FSE/TSE metodes var ievērojami samazināt attēlveidošanas laiku. (24, 26, 27)

## 4.2 Anatomisko plakņu pielietojums

Medicīnā, kā arī MR izmeklējumos pielieto 3 savstarpēji perpendikulāras anatomiskās plaknes. So plakņu iedalījums ir:

- aksiālā jeb horizontālā plakne, kura sadala ķermeni augšējā un apakšējā daļā;
- koronārā jeb frontālā plakne, kura sadala ķermeni priekšējā un mugurējā daļā;
- sagitālā plakne, kura sadala ķermeni labajā un kreisajā daļā.

Kvalitatīvam MR izmeklējumam ir liela nozīme plakņu pielietojumam, ka arī, lai izprastu magnētiskās rezonanses attēlu, ir nepieciešamas anatomijas zināšanas un zināšanas par orgānu topogrāfiju, un orgānu topogrāfijas iespējamām novirzēm. Slāņu pozīcijas tiek veidotas no magnēta izocentra virzienos – no galvas uz kājām, no labās uz kreiso, no apakšas uz augšu.

Aksiālā attēla plakni veido koronālajā plaknē. Leņķis atrodas paralēli abiem zarnu kauliem, perpendikulāri lumbālajiem skriemeļiem. Atbilstošs leņķis tiek norādīts sagitālajā plaknē. Jābūt izvēlētam piemērotam slāņa biezumam, lai tiktu ietverta vēdera apakšdaļa un

mazais iegurnis no nieru viduscentra līdz kaunuma kaulam (symphysis pubis). FOV jābūt pietiekamam (350 mm – 400 mm), lai nosegtu visu iegurni.

Koronālo plakni plāno sagitālajā plaknē. Leņķis atrodas paralēli lumbālajiem skriemeļiem. Atbilstošs leņķis tiek norādīts aksiālajā plaknē, paralēli līnijai, kura iet no labās gūžas locītavas līdz kreisai gūžas locītavai. Jābūt izvēlētam piemērotam slāņa biezumam, lai tiktu ietverta para aortas zona, no vēdera vidusdaļas līdz krusta daļai. FOV jābūt pietiekami lielam (350 mm – 400 mm), lai nosegtu vēderu un mazo iegurni.

Sagitālo plakni veido aksiālajā plaknē. Leņķi plāno paralēli līnijai, kura iet no simpfīzes iekšējā skrimšļa uz priekšu līdz anālajam kanālam. Atbilstošs leņķis tiek norādīts koronālajā plaknē, paralēli simpfīzes iekšējam skrimslim. Jābūt izvēlētam piemērotam slāņa biezumam, lai tiktu ietverts viss iegurnis no labās gūžas locītavas līdz kreisajai gūžas locītavai. FOV jābūt atbilstošam (180 mm – 200 mm), lai tiktu nosegts priekšdziedzeris un sēklinieki. (25)

### **4.3 Kontrastvielu pielietojums pie prostatas izmeklējuma**

Nereti, lai izmeklējums būtu diagnostiski vērtīgs, ievada KV. KV parasti ievada intravenozi. MR izmeklējumos pie PV izmanto gadolīnija saturošu KV. Gadolīniju saturoša KV ir paramagētiskais agents. Gadolīniju ķīmisko elementu tabulā apzīmē kā Gd un tam ir skaitlis nr. 64. KV devu aprēķina 0.1 mmol uz 1 kg, tāpēc ir būtiski zināt pacienta svaru, lai varētu aprēķināt atbilstošu devu. (24) Gadolīnija KV izmeklējumus veic T<sub>1</sub>W sekvencē(DWI). Pirms KV ievadīšanas un izmeklējuma veikšanas, pacientam ir jāsniedz pilns izklāsts par iespējamām komplikācijām un ieguvumiem, ko sniedz KV pielietošana izmeklējuma laikā. Pirms izmeklējuma jāpārlicinās, ka pacienta GFA ir > 30. (25) Ievadot KV ir jāpārlicinās par pacienta veselības stāvokli un vēnu pieejamību. Bieži vien, veselības stāvokļa dēļ, vēnas pacientam ir trauslas un var plīst izmeklējuma laikā, tāpēc ir jāizvērtē ar kādu metodi tiks ievadīta KV un ar kādu ātrumu. Kā indikācijas izmeklējumam ar KV kalpo:

- Prostatas novērtējums pēc saņemtās radioterapijas un/vai ķīmijterapijas;
- Prostatas vēža novērtējums, pirms biopsijas;
- Pirms plānotās operācijas;
- Pēc prostatektomijas. (26, 27)

#### 4.4 Attēla kontrasts un izšķirtspēja

MR ir dinamiska un elastīga tehnoloģija, kas ļauj pielāgot attēlveidošanas izmeklējumu interesējošajai anatomiskajai daļai un pētāmajam slimības procesam. Ar tā atkarību no bioloģiski mainīgākajiem protonu blīvuma jeb densitātes (PD) parametriem, gareniskās relaksācijas laika (T1) un šķērseniskās relaksācijas laika (T2), mainīgu attēla kontrastu var panākt, izmantojot dažādas impulsu secības un mainot attēlveidošanas parametrus. Signāla intensitāte T1, T2 un PD svērtajos attēlos attiecas uz specifiskiem audu raksturlielumiem.

TR – impulsa atkārtošanās laiks, kas pāriet starp divām signāla pastiprināšanām. TR laika izmaiņas ietekmē attēla kontrastu. Īsi impulsu atkārtošanās laiki (aptuveni 400ms), rada labu T1 kontrastu spin-echo(SE) sekvencēm. Gari impulsu atkārtošanās laiki (aptuveni 2000ms), rada labu kontrastu T2 kontrastu SE sekvencēm. Relaksācijas laiks mīkstajām audu struktūrām svārstās 250-1200 ms robežās.

Tradicionālais modelis SE attēlveidošanā, attiecas uz četrām TR un TE vērtību kombinācijām:

- Īss TR/īss TE = T1-W
- Garš TR/īss TE → PD-W
- Garā TR/garā TE → T2-W
- Īsais TR/garais TE → netiek izmantots

Kopējo signāla intensitāti (S) no SE sekvences, var redzēt:

$$S=K \cdot [H] \cdot (1-e^{-TR/T1}) \cdot e^{-TE/T2}$$

Aplūkojot individuālos terminus, ir skaidri redzams, ka:

- T1 efekti ir saistīti ar TR
- T2 efekti ir saistīti ar TE
- [H] ir spinu jeb proton densitāte
- K ir mēroga factors.

Ja TE (atbalss laiks) ir īss salīdzinājumā ar T2, tad attiecība  $TE/T2 \rightarrow 0$ , tātad T2 svēruma laiks  $e^{-TE/T2} \rightarrow e^{-0} \rightarrow 1$ . Citiem vārdiem sakot, T2 ietekme lielā mērā izzūd. Savukārt, ja TE ir garš, salīdzinot ar T2, eksponenciālā svēruma laika nozīme palielinās.

Cits veids, kā izprast TE ietekmi uz T2 svērumu, ir ņemt vērā signālus, ko rada divu veidu audi ar atšķirīgām T2 vērtībām. Ja TE ir īss, atbalss notiek tad, kad ir bijis īsāks laiks T2 sabrukšanai un līdz ar to audi nav diferencējami. Ja TE ir garš, relatīvās atšķirības starp abiem audiem kļūst pamanāmākas un līdz ar to arī “T2 svērumi”.

Līdzīgus argumentus var izteikt par TR un T1 mijiedarbību. Ja TR ir garš, salīdzinot ar T1, T1 svēruma laiku  $e^{-TR/T1} \rightarrow 0$ , tātad T1 efekts izzūd. Garajos TR audos ar dažādām T1 vērtībām ir bijis laiks atgūties no 90° ierosināšanas impulsa, tāpēc to signāli nav krasi atšķirīgi. Savukārt īsais TR akcentē "T1 svērumu".

Visbeidzot, ja TR ir garš un TE ir īss, tiek minimizēts gan T1, gan T2 efekts. Vienīgais atlikušais koeficients ir spina blīvums [H], kas kļūst par dominējošo svērumu šai parametru kombinācijai.

MR piemīt daudzi kontrastu ietekmējošie faktori nekā citām radioloģiskām attēlveidošanas metodēm. Izvēloties īpašas impulsa secības un impulsa secības parametrus, uzsverot vienu faktoru vai sajaucot vairākus faktorus īpašā veidā var mainīt attēlu kontrastu un tas kalpo ka viena no galvenajām MR izmeklējumu priekšrocībām. (26, 27, 29)

## 5. PĒTĪJUMA DAĻAS REZULTĀTI UN ANALĪZE

Akadēmiskā pētījuma mērķis ir noskaidrot, kādi attēla kvalitātes kritēriji ir jāievēro prostatas magnētiskās rezonanses izmeklējumos. Mūdienās ar MR izmeklējuma palīdzību ir iespējams precīzi noteikt PV esamību, tā lielumu un stadiju. Izmeklējumā iegūto attēlu kvalitāte bieži vien ir atkarīga no vairākiem faktoriem, kā piemēram, izvēlētajiem tehniskajiem parametriem, protokola un sekvenču izvēles. Tika analizētas vadlīnijas, kurās ir noteikti standarta protokoli un tehniskie parametri pie PV izmeklējuma.

Pētot zinātniskos avotus un izvērtējot pētījumā iegūtos rezultātus, tiek izvirzīti secinājumi un izteikti ieteikumi. Pētījumā ir apkopoti iegūtie dati un veikta analīze. Iegūtie datu rezultāti ir apkopoti tabulās un diagrammās.

### 5.1 Pētījuma metodoloģija

Bakalaura darba pētījumā tika pielietota kvalitatīvā kontentanalīze. Balstoties uz teorijā apkopotajiem avotiem un zinātniskajiem rakstiem, tika izanalizēti un savā starpā salīdzinātas četras dažādas vadlīnijas.

Tika izskatītas šādas šādas vadlīnijas pie prostatas MR izmeklējumiem:

- Amerikas uroloģijas asociācijas (American Urological Association) izvirzītās vadlīnijas MR izmeklējumiem prostatas dziedzerim; (30)

- Eiropas Uroģenitālās radioloģijas asociācijas (European Society of Urogenital Radiology (ESUR)) izvirzītās vadlīnijas MR izmeklējumiem prostatas dziedzerim; (28)
- Amerikas radioloģijas asociācija (American College of Radiology (ACR)) izvirzītās vadlīnijas MR izmeklējumiem prostatas dziedzerim; (13)
- Viena no Latvijas veselības aprūpes iestādēm.

## 5.2 Protokolu salīdzināšanas parametri

Pētot vadlīnijās norādītos standarta protokolos norādītos parametrus, darba autors ir izvērtējis to nozīmīgumu pie katras izmeklējumā izmantotās sekvenses. Kā standarta sekvenses ir norādītas T1W, T2W, DCE, DWI (T1 + C).

Pie katras sekvenses ir obligāti jāseko slāņa biezumam, FOV, TR – atkārtotās laiks, TE – echo laiks, GAP – atstarpe starp slāņiem, GBCA doze – KV ievades daudzums un ātrums pie DCE sekvenses, 3 – b value.

**Slāņa biezums** – parasti norāda cik biezs būs viens slānis jeb “šķēle”. Slāņa biezumu apzīmē ar mm. Slāņa biezumu nosaka divu faktoru kombinācija: 1) gradienta stiprums vai kāpums un 2) frekvenču diapazons vai joslas platums RF impulsā. Šis parametrs Eiropas vadlīnijās pie dažādām sekvensēm un ārstniecības iestādes protokolā pie T2 sag un T2 ax sekvensēm ir norādīts lielāks, skatīt 5.3.2. un 5.3.4 tabulās. Slāņa biezuma atšķirība Eiropā varētu būt saistīta ar attēla kvalitāti un anatomisko struktūru vizualizācijas palielināšanu.

Lai unikāli stimulētu slāni MR attēlveidošanā, ir nepieciešami divi soļi: 1. slāņa atlases gradients tiek atlikts asī, kas ir perpendikulāra vēlamā slāņa plaknei, kā rezultātā tiek lineāri mainītas potenciālās rezonanses frekvences šajā virzienā, un 2. vienlaikus tiek lietots īpaši pielāgots RF-pulss, kura frekvences komponenti atbilst vajadzīgajā slānī iekļautajam šauram frekvenču diapazonam.

**FOV – Field of View** – ir skata lauks jeb redzes lauks, kas definē attēlojamo anatomisko rajonu (skenēšanas apjomu nolasīšanas un fāzes kodēšanas virzienā) un tā izšķirtspēju (pikseļu izmērus). Šis parametrs ietekmē attēla izšķirtspēju. Ir vēlams izvēlēties mazāku FOV parametru, cik ir iespējams. Šī parametra izmantošanu var ierobežot SNR – signal to noise ratio (signāla/trokšņa attiecība starp signālu) un aliasing artefacts jeb pārmešanas artefakts. (31) Ārstniecības iestādes protokolā pie T2 ax sekvenses iegurnim ir norādīts lielāks redzes lauks, 20-44 cm respektīvi, tas varētu būt saistīts ar lielāku skenēšanas apjomu. Tā rezultātā standarta frekvences mainās visā attēlveidošanas apjomā.

**TR – atkārtšanas laiks un TE – echo laiks** ir pamata impulsu secības parametri. Šos parametrus mēra milisekundēs (ms). TR ir laiks starp attiecīgiem secīgiem punktiem atkārtotā impulsu un atbalsu sērijā, bet TE attēlo laiku starp RF – pulsiem (impulsu secību ar vairākām atbalsīm starp katru RF impulsu var definēt kā TE1, TE2, TE3 utt.). (32) Visās vadlīnijās un protokolos (skatīt 5.3.1., 5.3.2., 5.3.3., un 5.3.4. tabulās) šie abi parametri ir vienādi. TR un TE ietekmē attēlu kontrastu un izšķirtspēju, tādēļ skaitliskās vērtības neatšķiras.

**GAP** define kā intervālus starp slāņiem. Palielinot intervālu starp slāņiem, var samazināt ‘cross talk’ jeb slāņu pārklāšanas artefaktu risku, kad intervāls starp slāņiem ir mazs, rodas traucējumi starp skenēšanas slāņiem un rodas krusteniskie artefakti. Lai mazinātu šada tipa artefaktu, pietiek palielināt intervālu uz 30%. Šis parametrs ir tendēts uz DCE (T1 +c) sekvenci. (33, 34) Vienīgi Amerikas radioloģijas asociācijas (skatīt 5.3.3. tabulu) intervāls starp slāņiem tiek ieteikts vismaz 30% apjomā, pārējās tas ir robežās no 10-15%. Palielinot intervālu tikai par 10-15%, ir lielāka iespēja ka izmeklējuma attēlos var veidoties slāņu krusteniskais pārklāšanās artefakts ‘cross talk’. Palielinot GAP parametru par 30%, ir lielāka iespēja izvairīties no artefaktiem.

**GBCA** jeb KV ievades daudzums un ātrums ar kuru ievada šo KV ir raksturīgs tikai DCE sekvencei. Par pamatu šai sekvencei kalpo T1W sekvence. (35) Ārstniecības iestādes protokols (skatīt 5.3.4. tabulu) iesaka GBCA ātrumu lielāku nekā Amerikas vadlīnijās, bet tas ir Eiropas vadlīnijās ieteikto lielumu robežās, no 2 līdz 4 cc/sec, respektīvi, tas varētu būt saistīts ar Bolusa injektora aparatūru un tā parametriem.

**3-b value** parametru izmanto tikai pie DWI jeb difūzijā veiktajām sekvencēm. Ar šo parametru tiek mērīts jutīgums pret difūziju un tas nosaka difūzijas stiprumu un ilgumu. Šos fizikālos faktoros apvienojot, tiek iegūta b – vērtība un tā tiek mērīta s/mm<sup>2</sup>. (36) Eiropas vadlīnijās un ārstniecības iestādes protokolā šis parametrs ir zemāks nekā Amerikas vadlīnijās ieteiktais lielums (skatīt 5.3.1., 5.3.2., un 5.3.3. tabulas). Ta kā 3-b lielums nosaka difūzijas stiprumu un ilgumu, tad samazinot tā vērtību, veidojas vājāka difūzija, līdz ar to attēla kontrasts un izšķirtspēja arī pazeminās. Jo augstāka b vērtība, jo spēcīgāks ir difūzijas efekts.

Lietojot augstākus difūzijas gradientus, difūzijas ietekme ievērojami palielinās un kļūst par dominējošo audu kontrasta mehānismu.

### 5.3 Sekvenču nozīmīgums

**T1W** – sekvences attēlus galvenokārt izmanto, lai noteiktu asins klātbūtni prostatas dziedzerī vai sēklas pūslīšos, kā arī šajā sekvencē iegūtajos attēlos var diagnosticēt limfmezglu un/vai kaulaudu metastāzes.

**T2W** – sekvencē ir labi diferencējama prostatas zonālā anatomija.

**DWI** – šī sekvenca ir tikpat nozīmīga kā DCE. DWI sekvenci pielieto, lai diferencētu malignu prostatas audzēju no benigna audzēja. Tā atspoguļo ūdens molekulu nejaušo kustību.

**DCE** – sekvenci veic balstoties uz T1W sekvenci. Izmantojot KV var diferencēt audzēja esamību, kā arī noteikt vaskularizāciju pašā dziedzerī un struktūrās ap to. Vadlīnijās ir norādīts kā injekciju veic ar Bolusa injektora palīdzību, aprēķinot 1mmol uz 1 kg pacienta svara ar injekcijas ātrumu līdz 3ml/sec. (37, 38, 39)

Salīdzinot, visas pētītās vadlīnijas apgalvo ka pie prostatas vēža diagnostikas ir tādas obligātās sekvences, kā T2W, DCE, DWI (T1 + C). Vadlīnijas nosaka, kā šīs sekvences jāpielieto jebkurā izmeklējumā kā "zelta standarts" un vadoties no klīniskās situācijas jāpielieto papildus sekvences.

Salīdzinot izmeklējuma protokolus, secināts kā tehniskie parametri ir vienlīdz vienādi veicot prostatas MR izmeklējumu.

Tomēr ESUR norādītās vadlīnijas neizslēdz tādu sekvenci, kā MRSI (magnētiskās rezonanses spektroskopija). Pārējās vadlīnijas norāda kā šo izmeklējumu ir jāizslēdz no standarta vadlīnijām, jo tas pāildzina izmeklējuma laiku par 20 minūtēm un nav diagnostiski vērtīgs (malignā audzēja šūnās ir zems citrāta metabolisms, savukārt holīna un kreatīna daudzums ir paaugstināts. Aizdomīgo izmaiņu zonā, nosakot šo rādītāju attiecību (holīna un kreatīna pret citrātu), var uzlabot vēža diagnostiku).

Amerikas Uroloģijas Asociācijas vadlīnijās norādītais standarta protokols prostatas izmeklējumam: (30)

5.3.1. tabula

Tehniskie parametri Izmeklējuma sekvences	TR msec	TE msec	Slāņa biezums mm	FOV cm	GAP	KV deva un ievade	3-b value s/mm <sup>2</sup>
T1W ax	<800	<30	3	12- 20	No	-	-
T2W ax	>2000	>80	3	12- 20	No	-	-
DWI	≥3 000	≤90	4	16- 22	No	-	≥1400
DCE	<100	<5	3	12- 20	10%	0.1mmol/kg , ievada: 2- 3cc/sec.	-

Eiropas Uroģenitālās radioloģijas asociācijas vadlīnijās norādītais standarta protokols  
 prostatas izmeklējumam: (28)

5.3.2. tabula

Tehniskie parametri Izmeklējuma sekvences	TR msec	TE msec	Slāņa biezums mm	FOV cm	GAP	KV deva un ievade	3-b value s/mm <sup>2</sup>
T1W	<800	<30	4	12- 20	No	-	-
T2Wax	>2000	>80	4/3	12- 20	No	-	-
T2W sag	>2000	>80	4/3	12- 20	No	-	-
DWI ax	≥3 000	≤90	5/4	16- 22	No	-	0, 100 un 800–1000
DCE ax	<100	<5	4	12- 20	10- 15%	0.1mmol/k, Ievada: 2-4 cc/sec	-

Amerikas radioloģijas asociācijas vadlīnijās norādītais standarta protokols prostatas izmeklējumam: (13)

5.3.3. tabula

Tehniskie parametri Izmeklējuma sekvences	TR msec	TE msec	Slāņa biezums mm	FOV cm	GAP	KV deva un ievade	3-b value s/mm <sup>2</sup>
T1W	<800	<30	3	12- 20	No	-	-
T2W	>2000	>80	3	12- 20	No	-	-
DWI	≥3 000	≤90	≤4	16- 22	No	-	≥1400
DCE	<100	<5	3	12- 20	≥30 %	0.1mmol/kg, Ievada: 2- 3cc/sec	-

Viena no Latvijas veselības aprūpes iestādēm norādītās izmeklējuma vadlīnijas:

5.3.4. tabula

Tehniskie parametri Izmeklējuma a sekvences	TR msec	TE msec	Slāņa biezums mm	FOV cm	GA P	KV deva un ievade	3-b value
T2 sag	>2000	>80	4	12- 20	Nav	-	-
T2 ax iegurnim	>2000	>80	5-6	20- 44	Nav	-	-
T2 Para ax prostatai	>2000	>80	3	12- 20	Nav	-	-
T2 cor prostatai	>2000	>80	3	12- 20	Nav	-	-
DWI 1	≥3 000	≤90	4	16- 22	Nav	-	1000 -1400
DCE (T1 +/- c)	<100	<5	3	12- 20	15 %	0.1mmol/kg , Ievada: 3-3,5cc/sec	-

## SECINĀJUMI UN IETEIKUMI

Bakalaura darbā “Attēlu kvalitātes nodrošināšana prostatas vēža diagnostikā magnētiskajā rezonansē” pamatojoties uz apkopoto literatūru un analizētām vadlīnijām, darba autors ir izvirzījis galvenos secinājumus un ieteikumus:

1. Vadlīnijas norāda ka standarta sekvences “zelta standarts” pie prostatas vēža izmeklēšanas ir T2W, DCE, DWI. Papildus izmantojamo sekvenču izmantošana ir atkarīga no veselības aprūpes iekšējām vadlīnijām un protokoliem, kā arī no radiogrāfera un radiologa izmeklējuma veikšanas taktikas.
2. Savā starpā pētītās un salīdzinātās vadlīnijas apstiprina pielietojamās standarta sekvences pielietošanas vienādību dažādos pasaules kontinentos;
3. Pētītās vadlīnijas norāda, ka optimālā izmeklējuma protokola izmantošana ir atkarīga no tehniskajiem parametriem un radiogrāfera zināšanām;
4. Pie prostatas MR izmeklējuma ir svarīga nozīme pacienta sagatavošanai. Kā biežāko artefaktu šajos izmeklējumos min kustību artefaktus ar uzsvāru uz periodiskām kustībām, kas sevī ietver fizioloģisko procesu kopumu, kā asinsvadu pulsācija, elpošana un zarnu peristaltika. Šajos izmeklējumos raksturīga ir zarnu peristaltika.
5. Artefaktus var radīt ne tikai tehniskie parametri, bet arī pats pacients. Pie pacientu saistītajiem artefaktiem pieder pacienta kustības un apģērbi un/vai priekšmetu un aksesuāru esamība, tāpēc ir būtiska loma pacientu informēšanai un sagatavošanai.
6. Salīdzinot galvenākos katras sekvences tehniskos parametrus, var secināt ka neprecīza vai manuāla parametru maiņa uz zemākiem vai augstākiem datiem var veidot dažādus artefaktus, piemēram kā GAP parametrs veido krustenisko pārmešanas artefaktu (cross talk artefacts);
7. Veicot izmeklējumu, jāpievērš pastiprināta uzmanība parametram FOV. Palielinot redzes lauku, samazinās attēla kvalitāte. Piemēram, frekvences specifiskās tauku piesātinājuma impulsi kļūst mazāk efektīvi, ja tiek palielināts redzes lauks. Lietojot tauku piesātinājuma impulsus, vislabāk izmantot mazāku skatu lauku. Mazākam FOV nepieciešams lielāks gradienta stiprums un tiek pabeigts zems signāls. Tāpēc ir jāatrod kompromiss starp šiem faktoriem.
8. Secināts ka, veicot DCE sekveni ar KV, būtiski ir pievērst uzmanību ievadāmai devai un ievadīšanas ātrumam, jo šis kritērijs ir atkarīgs gan no pacienta veselības stāvokļa, gan no Bolusa injektora un tā parametriem.

Apkopojot secinājumus, darbā izvirzītie uzdevumi ir izpildīti un izvirzītais mērķis: noskaidrot, kādi attēla kvalitātes kritēriji ir jāievēro prostatas magnētiskās rezonanses

izmeklējumos, ir sasniegts. Hipotēze: prostatas vēža magnētiskās rezonanses izmeklējuma kvalitāti ietekmē tehnisko parametru izvēle, pacientu pozicionēšana un iespējamie artefakti, apstiprinās.

Ieteikumi un rekomendācijas:

1. Cilvēka organisma darbība nebūtu iespējama bez fizioloģiskiem procesiem. MR izmeklēšanas metode ir jūtīga pret dažādām kustībām, pat pret periodiskām kustībām ko izraisa anatomisko struktūru kopums. Lai izvairītos no fizioloģisko procesu saistītiem artefaktiem (phase mismatching artefacts), ko izraisa zarnu peristaltika, dažiem pacientiem var būt noderīga antispazmātiskos līdzekļu lietošana (piemēram, glikagons, skopolamīna butilbromīda vai sublingvāla histidīna sulfāts) pirms izmeklējuma uzsākšanas.
2. Pirms izmeklējuma maksimāli atbrīvot pacientu no svešķermeņiem, kas var radīt metāla izraisītus artefaktus. Pēc PVO datiem ar PV saslimst vīrieši no 40 līdz 65 gadiem, tas nozīmē ka pacientiem obligāti jājautā vai ir tetovējumi iegurņa rajona, jo tetovējumi var saturēt metāla daļiņas un veidot artefaktus.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. World Health Organization. Global health observatory data repository. 2011. Number of deaths (World) by cause. – [atsauce 22.04.2019.].  
Pieejams: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.CODWORLD?lang=en>
2. **Menis, A.** DOCTUS žurnāls ārstiem un farmaceitiem. [tiešsaiste] Dažādi aspekti prostatas vēža diagnostikā un ārstēšanā [atsauce 22.04.2019.].  
Pieejams: <https://www.doctus.lv/2006/12/dazadi-aspekti-prostatas-veza-diagnostika-un-arstesana>
3. Klīniskā onkoloģija. Dr. habil. Med. D. Baltiņas red. Rīga: Zvaigzne ABC, 1999. 437
4. Prostata, anatomija [tiešsaiste] – [atsauce 22.04.2019.].  
Pieejams: <http://www.urologs.lv/pacientiem/prostata-anatomija>
5. **Rīgas Stradiņa Universitāte Anatomijas un antropoloģijas institūts.** Cilvēka anatomija. Rīga: RSU, 2009. 36
6. **Aumuller, G.** Prostate Gland and Seminal Vesicles. New York: Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 1979. 43 – 49
7. **Dauber, w.** Human Anatomy, 5<sup>th</sup> revised edition. 182-210
8. **Dālmane, A.** Histoloģija. Rīga: LU akadēmiskais apgāds, 2004. 284-285
9. **Р.Д.Синельников Я.Р. Синельников.** Атлас анатомии человека 2 том. 1996. 196
10. MRIProstate. [tiešsaiste] - [atsauce 22.04.2019.].  
Pieejams: <https://www.slideshare.net/sarbesh1984/mri-prostate-16184545>
11. **Eberhardt, S, C, Hamblin, J. G.** Prostate MRI Anatomy with some pearls & pointers. Albuquerque: Department of Radiology University of New Mexico Hospital, 2005. 1- 8
12. **Villeirs, G. M., et. al.** Magnetic resonance imaging anatomy of the prostate and periprostatic area: a guide for radiotherapists. *Radiotherapy and Oncology*, 2005, Nr. 76, 99. – 106.lpp.
13. Prostate Imaging – Reporting and Data System (PI-RADS) version 2. 2015. American College of Radiology. [tiešsaiste] – [atsauce 22.04.2019.]. **Pieejams:** <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/Pi-RADS/PIRADS-V2.pdf>
14. **Slaidiņš, J., Dobelis, J.** Uroloģija. Rīga: Zvaigzne, 1990. 209
15. **Abraham, J., Gulley, L, J., Allegra, J, C.** Clinical Oncology, 3th edition. Philadelphia: Lippincott & Wilkins, 2010. 189
16. **Strengrevic, A.** Onkoloģija ģimenes ārstam. Rīga: SIA “Medicīnas apgāds” ,2009. 168

17. **Arlen, P. M., Bianco, F., Dahut, W. L., D'Amico, A., Figg, W. D., Freedland, S. J. and Sartor, O.** Prostate Specific Antigen Working Group guidelines on prostate specific antigen doubling time. *J Urol*, 2008, 179(6).
18. **Gosselaar, C., Roobol, M. J., Roemeling, S., Schroder, F. H.** The role of the digital rectal examination in subsequent screening visits in the European randomized study of screening for prostate cancer (ERSPC), Rotterdam. *Eur Urol*. 2008, 54(3), 581.–588. lpp.
19. **Roobol, M. J., Kranse, R., Bangma, C. H., van Leenders, A. G., Blijenberg, B. G., van Schaik, R. H. and Schroder, F. H.** Screening for prostate cancer: results of the Rotterdam section of the European randomized study of screening for prostate cancer. *Eur Urol*, 2013, 64(4), 530.–539.lpp.
20. **Engelbrecht M. R., Jager G. J., Laheij R. J., Verbeek A. L., van Lier H. J, Barentsz J. O.** Local staging of prostate cancer using magnetic resonance imaging: a meta-analysis. *Eur Radiol*, 2014,
21. **Futterer, J. J., Heijmink, S. W., Scheenen, T. W., Veltman, J., Huisman, H. J., Vos P, Hulsbergen-van de Kaa CA, Witjes J. A., Krabbe P. F., Heerschap A, Barentsz J.,O.** Prostate cancer localization with dynamic contrast-enhanced MR imaging and proton MR spectroscopic imaging. *Radiology* 2006. 449–458.
22. **Hara, N., Okuizumi, M., Koike, H., Kawaguchi, M., Bilim, V.** Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) is a useful modality for the precise detection and staging of early prostate cancer. *Prostate* 2005. 140–147
23. **Futterer JJ, Heijmink SWTP, Scheenen TWJ, Jager GJ, Van de Kaa CAH, Witjes JA, Barentsz JO.** Prostate cancer: local staging at 1,5-T endorectal MR imaging – early experience. *Radiology* 2006. 184–191
24. **Westbrook C.** *Handbook of MRI Technique*, 4th ed. Cambridge: Wiley blackwell. 2014. 35-41, 48-54, 250-253
25. Prostate MRI [tiešsaiste] – [atsauce 22.04.2019.].  
Pieejams: <https://mrimaster.com/PLAN%20PROSTATE.html>
26. **Westbrook, C., Kaut Roth, C., Talbot, J.** *MRI in practice*, 4th ed. Cambridge: Wiley Blackwell. 2011. 225-257, 341-371, 372-393
27. **Westbrook C.** *MRI at a Glance*, 3rd ed. Cambridge: Department of Medicine and Healthcare. 2015. 12-26, 78-92
28. ESUR prostate MR guidelines 2012 [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].  
Pieejams: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3297750/>
29. Image contrast. [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

<http://mriquestions.com/image-contrast-trte.html>

30. American Urological Association [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: <https://www.auanet.org/guidelines/mri-of-the-prostate-sop>

31. Field of View. [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: <http://mrishark.com/field-of-view.html>

32. Image contrast. [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: <http://mriquestions.com/image-contrast-trte.html>

33. Cross talk. [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: [mriquestions.com/cross-talk.html](http://mriquestions.com/cross-talk.html)

34. Glossary of MRI Terms. [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: [http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/acr\\_glossaryofmrterms.pdf](http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/acr_glossaryofmrterms.pdf)

35. Image Contrast in MRI. [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: [https://www.weizmann.ac.il/chemphys/assaf\\_tal/sites/chemphys.assaf\\_tal/files/uploads/lecture\\_xiii\\_-\\_contrast\\_lucio.pdf](https://www.weizmann.ac.il/chemphys/assaf_tal/sites/chemphys.assaf_tal/files/uploads/lecture_xiii_-_contrast_lucio.pdf)

36. Frequently Asked Questions: Diffusion-Weighted Imaging (DWI). [tiešsaite] – [atsauce 22.04.2019.].

Pieejams: [http://clinicalmri.com/wpcontent/uploads/software\\_hardware\\_updates/Graessner.pdf](http://clinicalmri.com/wpcontent/uploads/software_hardware_updates/Graessner.pdf)

37. **Suetens, P.**, Fundamentals of Medical Imaging. Cambridge University Press, 2009. 64-104

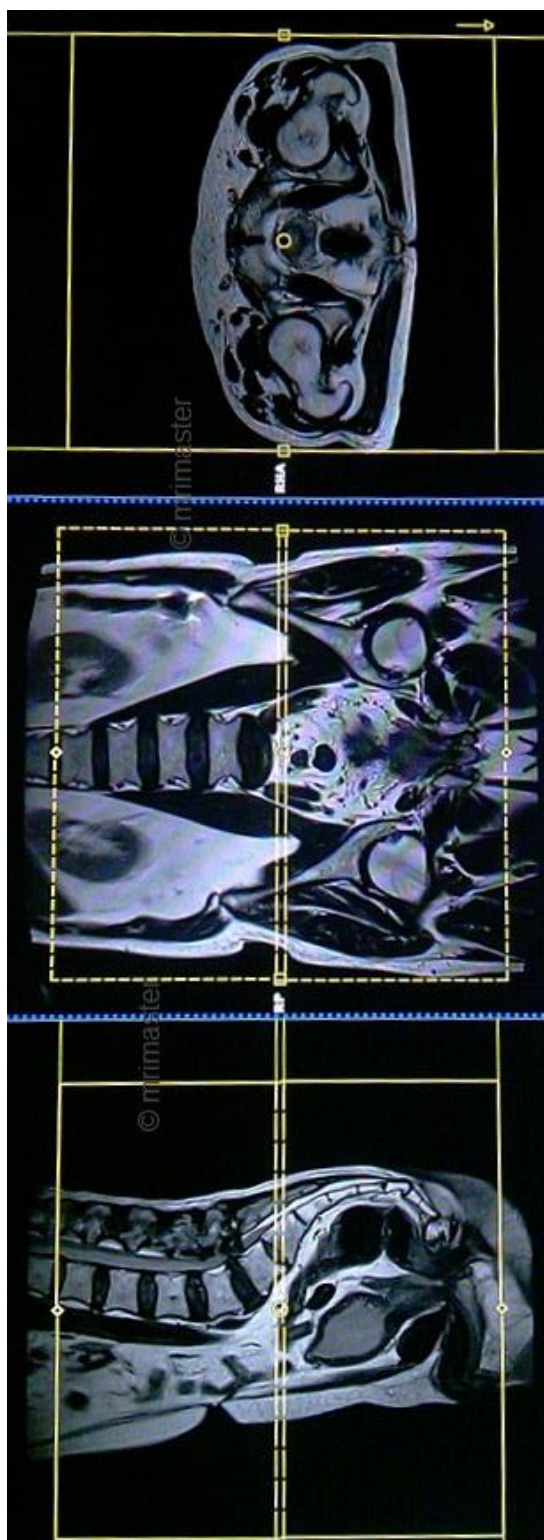
38. **P. Dhawan, A., Ronen, I., Shik Kim, D.** Principles and Advanced Methods in Medical Imaging and Image Analysis. USA : March, 2008. 99-127

39. Vadlīnijas diagnostiskās radioloģijas izmeklējumu izvēlē. [tiešsaite]  
- [atsauce 22.04.2019] Pieejams:

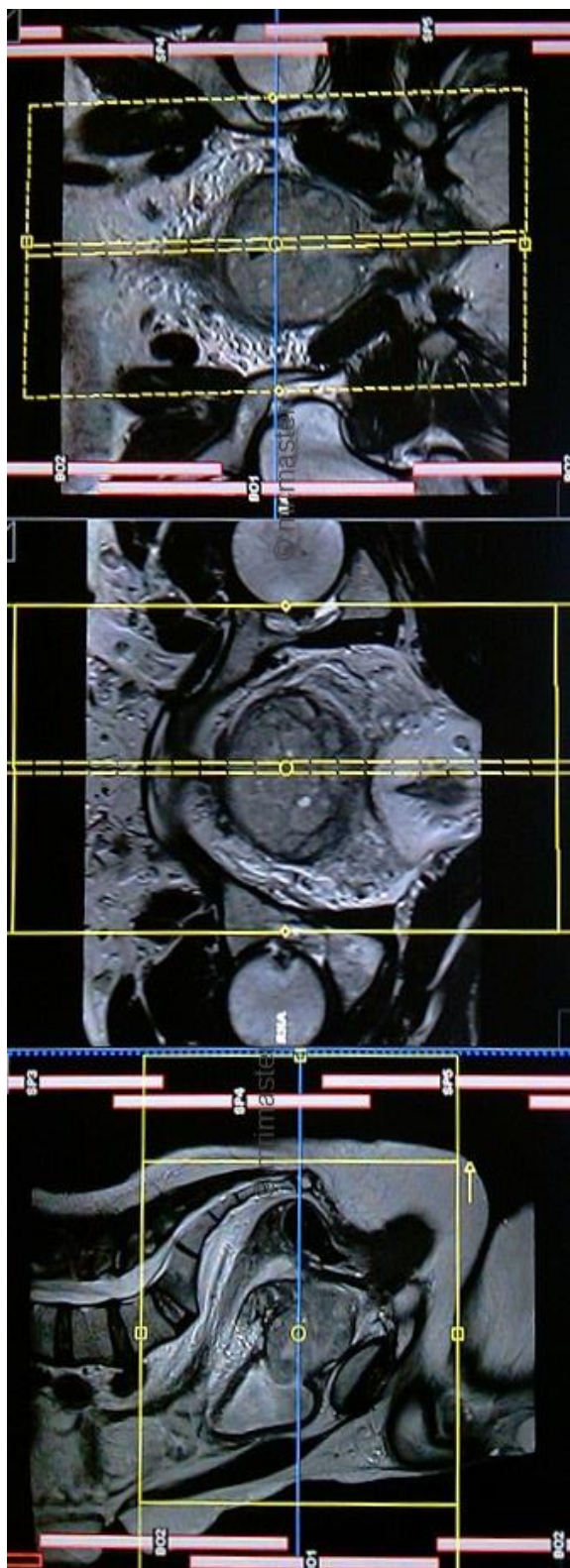
<http://www.radiologija.lv/wpcontent/uploads/2008/02/radiologisko-izmeklejumu-vadlinijas.pdf>

## PIELIKUMI

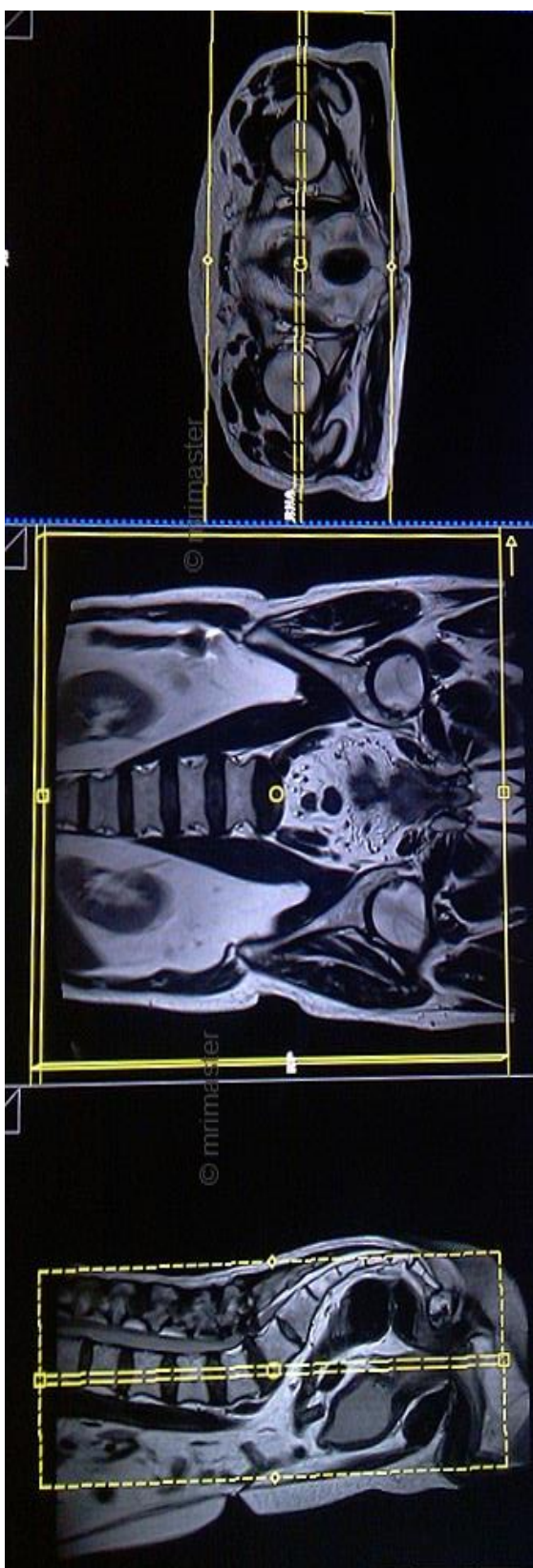
1. Pielikums. Aksiālās plaknes plānojums. (25)



2. Pielikums. Sagitālās plaknes plānošana. (25)



3. Pielikums. Koronālās plaknes plānošana. (25)



## DOKUMENTĀRĀ LAPA

Bakalaura darbs

„Attēlu kvalitātes nodrošināšana prostatas vēža diagnostikā 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: lietvede Mārīte Veldre \_\_\_\_\_

(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

05.06.2019. protokola Nr. \_\_\_\_\_, vērtējums \_\_\_\_\_

Komisijas sekretāre: \_\_\_\_\_

(amats, grāds)

(vārds, uzvārds, paraksts)

(datums)