

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Миодраг С. Пеулић

**Примена платформе за одређивање површинске расподеле
притиска стопала у дијагностици и процени успешности
хирушког лечења лумбалне дискус херније.**

докторска дисертација

Београд, 2020

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF MEDICINE

Miodrag S. Peulić

Application of a platform for determining the surface distribution of foot pressure in the diagnosis and evaluation of the success of surgical treatment of lumbar disc herniation.

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020

МЕНТОР: Проф.др Милош Јоковић, неурохирург, ванредни професор на Медицинском факултету Универзитета у Београду

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1.Проф.др Даница Грујичић, неурохирург,редовни професор на Медицинском факултету Универзитета у Београду

2.Проф.др Бранко Ђуровић, неурохирург, редовни професор на Медицинском факултету Универзитета у Београду

3.Проф.др Томислав Цигић, неурохирург, редовни професор на Медицинском факултету Универзитета у Новом Саду

На почетку желим да се захвалим :

Ментору Проф.др Милошу Јоковићу на несебичној подршци и разумевању

Мојим колегама неурохирурзима на помоћи и сталној мотивацији

Ижењерима који су били укључени у реализацију техничког решења и учествовали у нашем мултидисциплинарном пројекту

Мојој супрузи Марији која ми у тренуцима пада ентузијазма није дозволила да одустанем

Највећу захвалност осећам према мом брату Александру без чије подршке и стручности у области електронике не бих могао да спроведем истраживање и због тога рад посвећујем нашим родитељима Славку и Радмили

Примена платформе за одређивање површинске расподеле притиска стопала у дијагностици и процени успешности хируршког лечења лумбалне дискус херније

Резиме

Увод. Лумбална дискус хернија је мултидисциплинарни проблем у дијагностичком, терапијском и социјално-епидемиолошком смислу. У 90% случајева се јавља на нивоу Л4/Л5 и Л5/С1. Једна од апсолутних индикација за оперативно лечење овог обољења је моторна слабост плантарне и дорзалне флексије стопала, која настаје као последица компресивног ефекта на спиналне коренове Л5 и С1. Златним стандардом процене моторне слабости сматра се клинички мануелни мишићни тест. Бројни докази из литературе наводе недостатке ове методе. Под недостацима се подразумева субјективност процене степена слабости, која зависи и од лекара и од пацијента. Из ових разлога смо применили неинвазивни систем сензора притиска, који региструје силу притиска при плантарној и дорзалној флексији, код болесника оперисаних од лумбалне дискус херније на нивоима Л4/Л5 и Л5/С1, код којих је постављена индикација за операцију на основу моторног дефицита и налаза на МР дијагностици.

Метод. Истраживање је спроведено као ретроспективна кохортна студија, заснована на утврђивању површинске расподеле силе притиска код болесника који су оперисани од дискус херије на нивоу Л4/Л5 и Л5/С1.

Систем се састоји од две платформе на којима су, утврђеним распоредом, постављени сензори притиска. На свакој платформи се налази по четири сензора. Сензорима се утврђује сила притиска ослањања прстима и петама. У студију су укључена 33 болесника који су задовољили унапред утврђене критеријуму. Мерење моторне слабости је рађено мануелним мишићним тестом и системом сензора притиска. Поређење добијених вредности смо радили у три времена, преоперативно, седам дана након операције и након спроведене физикалне терапије. Време праћења болесника је било од четири месеца до годину дана.

Резултати. Анализом резултата притиска на сензоре левом и десном ногом, преоперативно, без обзира на ниво дискус херније, добија се статистички значајна разлика у смислу ослабљеног ослањања на пету десне ноге.

Анализом утицаја примене микродисектомије или дисектомије, није утврђена статистички значајна разлика, која би ишла у прилогу веће успешности једне од оперативних техника.

Након спроведеног оперативног лечења дискус херније на нивоу Л4/Л5 са леве стране, уочава се повећање притиска на сензор петом леве ноге, што се одржава и након спроведене физикалне терапије. Праћењем средње вредности силе притиска на предња три сензора са леве стране, након операције дискус херније Л5/С1 са леве стране, уочава се статистички значајан пораст, који се доказује и након физикалне терапије. Мануелним мишићним тестом се не потврђује значајност опоравка мишићне снаге између периода после операције и након физикалне терапије. Мерно-аквизиционим системом су добијени резултати за болеснике оперисане на нивоу Л4/Л5 са десне стране, који нам показују статистичку значајност између периода након физикалне терапије и периода пре операције. Мануелним мишићним тестом се не добија статистички значајна разлика у овој групи пацијената, у сва три периода праћења. Код праћења средњих вредности притиска предњих сензора са десне стране код болесника оперисаних од дискус херније Л5/С1 са десне стране, уочава се статистички значајна разлика у периодима пре и после операције, као и у периодима пре операције и након физикалне теерапије. Ове вредности корелирају са статистички значајном разликом која се потврђује и применом мануелног мишићног теста.

Примењеном ROC кривом се потврђује сензитивност мерења сензорима од 75% и специфичност од 72%. Корелацијом је показано да вредности сензора прате пораст оцене ММТ. Логистичка регресија показала је статистичку значајност модела.

Закључак. Резултати истраживања нам сугеришу могућност примене нашег модела као помоћне дијагностичке методе, која може да се примењује у дијагностици дискус херније, у процени ефикасности оперативног лечења и спроведене физикалне терапије. Доприносом сматрамо објективност, неинвазивност, али и ниску цену платформе са сензорима. Портабилни системи представљају саставни део свакодневне клиничке праксе, а наш систем својом величином задовољава критеријум преносивости.

Кључне речи: лумбална дискус хернија, платформа за површинску расподелу притиска стопала, мануелни мишићни тест, операција, физикална терапија.

Научна област: Медицина

Ужа научна област: Реконструктивна хирургија

УДК број

Application of a platform for determining the surface distribution of foot pressure in the diagnosis and evaluation of the success of surgical treatment of lumbar disc herniation

Abstract

Introduction.Lumbar disc herniation is a multidisciplinary problem in diagnostic, therapeutic and socioepidemiological sense. In 90% of cases, disc herniation is at L4/L5 and L5/S1 levels. One of the absolute indications for the operative treatment of this disease, is motor weakness of plantar and dorsal flexion of the feet, which occurs as a consequence of compressive effect on spinal roots L5 and S1. The gold standard for assessing muscle weakness is considered manual muscle test. Numerous evidence from the literature indicate deficiency of this method. The main deficiency of manual muscle test is subjective assessment of degree of muscle weakness, which depends on the doctor and the patient. For these reasons, we apply the non invasive system of pressure sensors which register the pressure force during plantar and dorsal flexion of patients who had surgical treatment of the existing disc herniation at L4/L5 and L5/S1 levels. The indication for the operative treatment is set based on the motor deficiency and MRI diagnosis.

Method.The research was conducted as retrospective cohort study, based on determining the surface distribution of the pressure force of patients who had surgical treatment of disc herniation at L4/L5 and L5/S1 levels. The system consists of two platforms with pressure sensors set according to a established distribution. The sensors determine the pressure force which occurs when patient stands on the toes and heels. The study included 33 patients who met the inclusion criteria. Measurement of motor weakness was done with manual muscle test and with pressure sensors system. We compared the obtained measurements in three time periods, preoperatively, seven days postoperatively and after physical therapy. The follow-up time of patients is four months to a year. The result of the measurements indicate that pressure sensors show statistically higher sensitivity compared to manual muscle test.

Results.By analyzing the results of pressure on the sensors with the left and the right foot, preoperatively, regardless of level of the disc herniation, a statistically significant difference is obtained in terms of impaired reliance on the heel of the right foot.

By analyzing the impact of microdisectomy or disectomy, no statistically significant difference was found that would support the greater success of one of the operational techniques. After surgical treatment of disc herniation at L4/L5 level on the left side, an increase in pressure on the sensor with the heel of the left foot is observed, which is maintained even after a physical therapy. By monitoring the mean value of the pressure force on the front three sensors on the left side, after operative treatment disc herniation L5/S1 on the left side, a statistically significant increase is observed, which is proven even after physical therapy. The manual muscle test does not confirm the importance of muscle strength recovery between periods after surgical treatment and after physical therapy. The results were obtained through the acquisition system for patients who have been operated

at L4/L5 level on the right side. These results show statistical significance between the period after physical therapy and the period before surgery. The manual muscle test did not show a statistically significant difference in this group of patients in all three follow-up periods. By monitoring the mean values of the pressure of the front sensors on the right side, in patients operated because of disc herniation at L5/S1 level on the right side, a statistically significant difference is observed in periods before and after surgery, and between periods before surgery and after physical therapy. These results correlate with a statistically significant difference that is confirmed by the application of the manual muscle test. The applied ROC curve confirms the sensitivity of measurement with sensors of 75% and the specificity of 72%. The correlation showed that the sensor measurement follow the increase in the MMT. Logistic regression showed the statistical significance of the model.

Conclusion. The results of the research suggest a possibility of applying our model as an additional diagnostic method, whis can be used for lumbar disc herniation detection and can indicate the effectiveness of operative treatment and physical therapy after operation. We consider objectivity, non-invasiveness, but also a low cost of platform, as a main contribution. Portable systems are an integral part of clinical practice, and our system by its size satisfies the criteria of portability.

Key words: lumbar disc herniation ,foot force sensor platform, muscle strength testing, operation, physical therapy

Scientific area: Medicine

Area of expertise: Reconstructive surgery

UDK No.

САДРЖАЈ:

1. УВОД	5
1.1 Анатомија лумбалног дела кичменог стуба	6
1.1.1. Коштане структуре лумбосакралне кичме	6
1.1.2. Лигаменти лумбалног дела кичменог стуба.....	8
1.1.3. Анатомија паравертебралне мускулатуре	9
1.1.4. Анатомија спиналних нерава и коренова у лумбосакралној регији	12
1.1.5. Анатомија интервертебралног дискуса	13
1.1.6. Биомеханика лумбосакралног дела кичменог стуба	14
1.2. Дискус хернија лумбосакралне регије	19
1.2.1. Епидемиологија лумбалне дискус херније.....	19
1.2.2. Етиологија и патофизиологија настанка дискус херније	20
1.2.3. Карактеристике клиничке слике.....	21
1.2.4. Коренски тестови истезања доњих екстремитета.....	25
1.2.5. Скала мануелног испитивања моторне слабости.....	27
1.3. Радиолошке методе за дијагностику лумбалне дискус херније	31
1.3.1. Компјутеризована томографија	31
1.3.2. Нуклеарна магнетна резонанца	33
1.3.3. Методе радиолошке дијагностике које се ређе користе.....	35
1.4. Опције лечења лумбалне дискус херније	36
1.4.1. Конзервативно лечење лумбалне дискус херније.....	36
1.4.2. Хируршко лечење лумбалне дискус херније	37
1.4.3. Физикална терапија.....	43
2. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА	44
3. МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА	45
3.1. Тип студије, место и период истраживања, селекција испитаника	45
3.1.1. Тип студије	45
3.1.2. Место и период истраживања.....	45
3.1.3 Селекција испитаника.....	45
3.1.4. Праћење испитаника и инструменти мерења.....	46
3.2. Мерно-аквизициони систем	47
3.2.1 Flexi force сензор	48
3.2.2. Микроконтролер	51
3.3. Платформа система за мерење	52

3.4. РС апликација.....	55
3.5. Статистичка обрада података.....	58
4. РЕЗУЛТАТИ	59
4.1 Демографске карактеристике испитаника.....	59
4.2 Резултати мерења добијени платформом за површинску расподелу притиска стопала и оцена ММТ код испитаника са лумбалном дискус хернијом.....	65
4.3 Поређење добијених вредности притисака на сензор и оцене ММТ код болесника са лумбалном дискус хернијом, преоперативно,постооперативно и након физикалне терапије.....	89
4.4 Поређење добијених средњих вредности притисака прстима и петом, у зависности од нивоа, стране и типа операције.....	102
4.5 Испитивање сензитивности и специфичности мерења на платформи за површинску расподелу притиска стопала.....	108
5. ДИСКУСИЈА	108
6. ЗАКЉУЧЦИ.....	120
7. ЛИТЕРАТУРА	123

1. УВОД

Лумбална дискус хернија (ЛДХ) је мултидисциплинарни проблем. Мултидисциплинарност је темељни приступ у дијагностичком и терапијском смислу, али је неопходна и у решавању социјалних и економских последица овог обољења које се најчешће јавља код пацијената у старосној доби највеће радне ангажованости. Самим тим лумбалну дискус хернију сматрамо здравственим проблемом са потенцијално значајним економским и социјалним последицама.

У дијагностици овог обољења се, поред других клиничких тестова и радиолошких метода, примењује и мануелни мишићни тест (ММТ). ММТ показује недостатке у виду субјективности процене. То је разлог због кога смо започели испитивање могућности увођења објективног теста за прецизније испитивање степена моторне слабости плантарне и дорзалне флексије стопала, као последице лумбалне дискус херније на нивоима Л4/Л5 и Л5/С1, који чине деведесет процената учесталости лумбалне дискус херније.

Идеју смо реализовали поново се базирајући на мултидисциплинарности, стварајући кохезију клиничког знања лекара и познавања програмирања микроконтролера од стране инжењера. Применили смо сензоре притиска које смо поставили у планирани распоред ради праћења расподеле притиска стопала на подлогу, која се мења у зависности од примењене методе лечења. Повезивањем сензора, аквизиционе картице и апликације на рачунару, направили смо мерно аквизициони систем, чију смо прецизност тестирали код болесника који су оперисани због ЛДХ на нивоима Л4/Л5 и Л5/С1. Болесници су имали моторну слабост која је детектована ММТ. Поређење вредности добијене ММТ и на платформи за површинску расподелу притиска стопала радили смо у три времена. Иницијално мерење је спроведено пре операције, затим седмог дана после операције и након спроведене физикалне терапије.

1.1 Анатомија лумбалног дела кичменог стуба

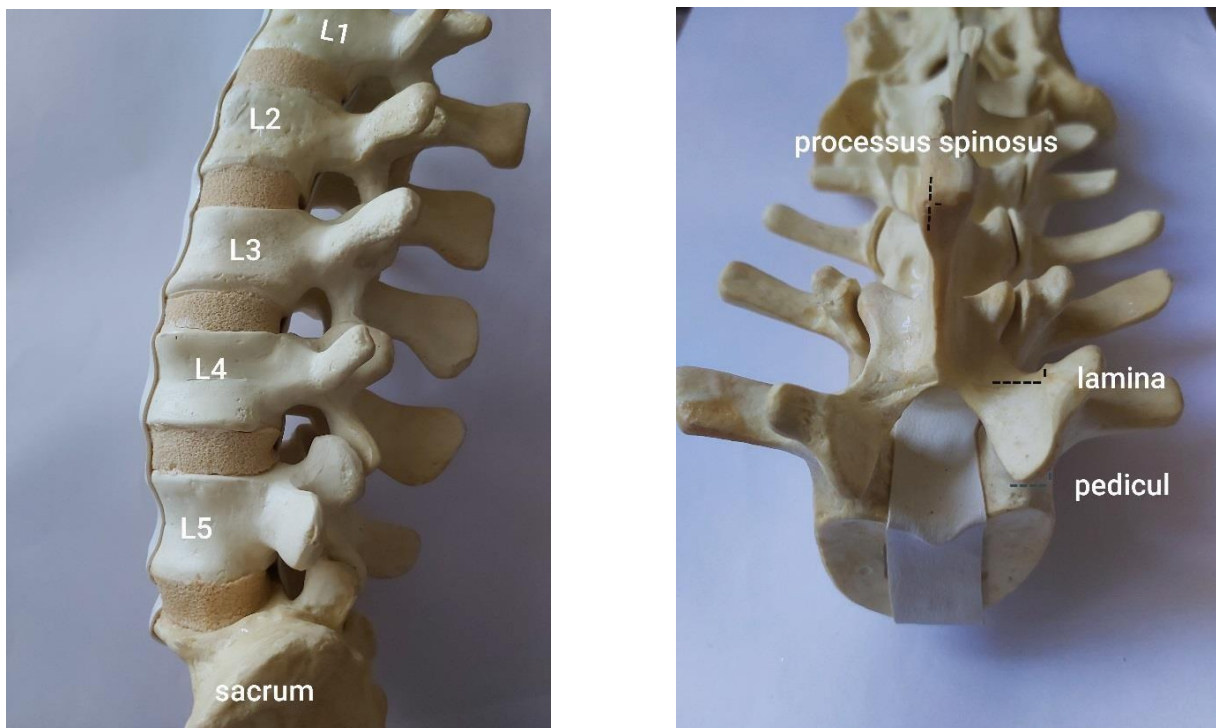
Лумбални део кичменог стуба има вишеструку улогу. Она се огледа у заштити васкуларних и нервних структура. Захваљујући комплексној анатомској грађи лумбална кичма формира структуру која омогућава потпору телу и има пресудну динамичку улогу.

Лумбални део кичме је комплекс коштаних елемената, пршљенова, лигамената, интервертебралних дискуса, паравертебралне мускулатуре и нервних елемената.

1.1.1 Коштане структуре лумбосакралне кичме

Кичмени стуб се састоји од тридесет три пршљена од чега седам вратних, дванаест грудних, пет слабинских, пет сакралних/*sacrum*/ и четири кокцигеална пршљена који чине репну кост/*os coccygeum*/.

Лумбо-сакрални део кичменог стуба чине пет слабинских пршљенова и сакрална кост/*sacrum*/, која се састоји од пет сраслих пршљенова.



Слика 1: Коштане структуре лумбо-сакралног дела кичменог стуба.

Слика преузета из личне архиве.

Пршљен се састоји од тела */corpus vertebrae/* и лука */arcus vertebrae/*. Тело пршљена се налази напред. Специфичност тела слабинских пршљенова је величина, која се увећава од првог према петом лумбалном пршљену. Величина тела је последица великог осовинског оптерећења којем су изложени лумбални пршљенови. Типично за тела слабинских пршљенова је и да је вертикални дијаметар пршљена мањи од хоризонталног. [1,2,3]

Спој између тела и пршљенског лука граде парни педикули */pediculus arcus vertebrae/*, који се налазе у задње бочном делу пршљенског тела. На сваком педикулу се налази горњи и доњи усек, који са усецима на педикулима суседних, горњих и доњих, пршљенова, формирају интервертебрални форамен */foramen intervertebrale/*, кроз који пролазе спинални нерви. Предњу границу међупршљенског отвора гради тело пршљена и међупршљенски дискус, а задњу ивицу гради фасетни зглоб */art. zygapophysialis/*.

Пршљенски лукови се састоје из две хемиламине, два попречна наставка */processus transversus/*, два парна зглобна наставка */processus articularis superior et inferior/* и једног ртног наставка */processus spinosus/*.

Између спиналних и трансверзалних наставака се налазе хемиламине. Трансверзални и ртни наставци су место припоја паравертебралних мишића. Педикули се налазе на споју тела пршљена са попречним наставцима пршљенова.

Карактеристика попречних наставака лумбалних пршљенова је да су постављени хоризонтално и да су шири у односу на попречне наставке других пршљенове.

Горњи и доњи артикуларни наставци се налазе на месту споја педикула и хемиламине.

Горњи артикуларни наставак */processus articularis sup./* се зглобљава са доњим артикуларним наставком */processus articularis inf./* суседног горњег пршљена градећи фасетне, зигапофизијалне зглобове. Зглобне површине на горњим артикуларним наставцима усмерене су према унутра, док су зглобне површине на доњим артикуларним наставцима усмерене према споља. Оријентација зглобних површина има изузетно значајну улогу у биомеханици покрета у овом региону кичменог стуба. Фасетни зглобови имају улогу и у преносу тежине тела у покретима екстензије, чиме може да се објасни појава фасетног бола при овим покретима. Специфичност петог лумбалног пршљена је да са базом сакралне кости гради угао од сто тридесет степени. [4]

1.1.2. Лигаменти лумбалног дела кичменог стуба

Предњи уздужни лигамент */lig.longitudinale anterior/* се пружа дуж предње стране пршљенског тела и спречава прекомерну екстензију, док се задњи лонгитудинални лигамент */lig.longitudinale posterior/* пружа дуж задње стране пршљенског тела и спречава прекомерну флексију.

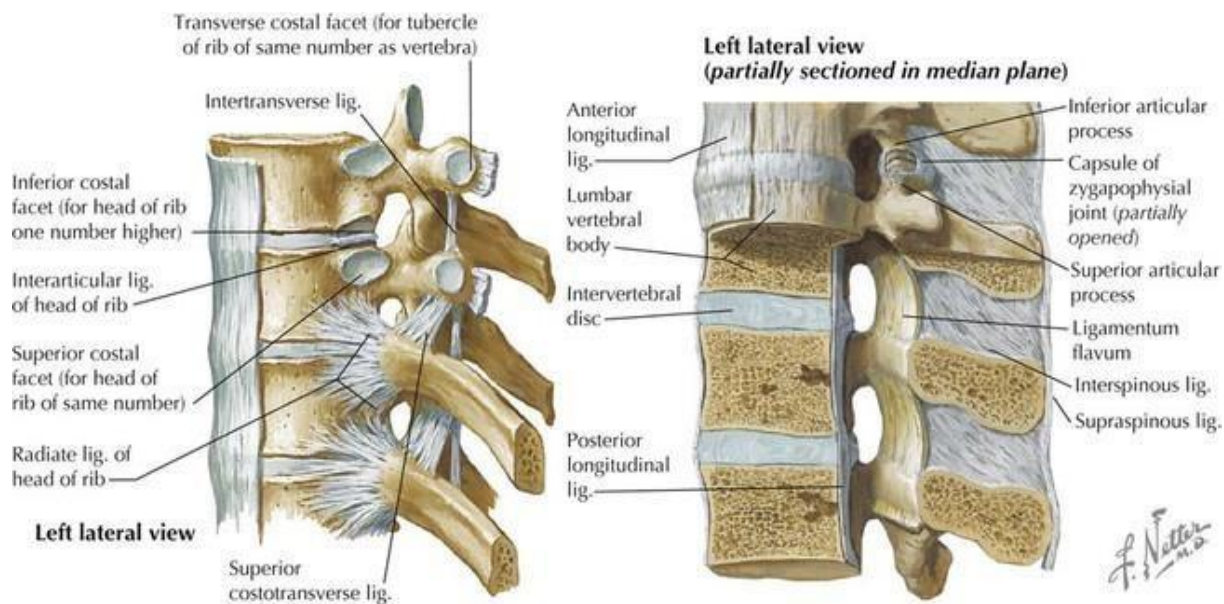
Између спинозних наставка се налазе интерспинозни и супраспинозни лигаменти */lig.interspinosum et lig.supraspinosum/*, чија је улога да повезују суседне спинозне наставке од њихових база до врхова. Карактеристика овог комплекса лигамената је да не дозвољава претерану међупршљенску екстензију.

Жуте везе, */ligg. flava/*, учествују у формирању задње спољашњег зида спиналног

канала. Медијални припој жутих веза је на интерспинозним лигаментима, док се пут споља припајају на капсули зигапофизичких зглобова. Пут горе припој жутих веза допире до вентралне површине горњих хемиламина, што има значаја у иницијалној фази оперативног отварања спиналног канала. Пут дистално припој жутих веза је на горњој ивици доње хемиламине. *Flavectomy* је отварање жутог лигамента у току дискектомије и микродискектомије и представља трајекторију уласка у спинални канал са циљем идентификације корена спиналног нерва и пролапса дискуса. Патофизиолошка испитивања указују да жуте везе имају значаја у одржавању напетости интервертебралног дискуса.

Интертрансверзални лигамент */lig.intertransversarium/*, као што му и име говори, повезује попречне наставке */processus transversus/* пршљенова. У смислу динамике покрета кичме, за међупопречне везе се може рећи да отежавају латералну флексију кичменог стуба.

Илиолумбални лигамент пружа стабилност споја сакралне кости са лумбалним сегментом кичме. Овај лигамент повезује пети лумбални пршљен са илијачном кости. Горњи припој лигамента се налази на попречном наставку петог лумбалног пршљена док је доњи припој на задње унутрашњој страни илијачног гребена (*crista iliaca*). Обезбеђује стабилност лумбосакралног споја.



Слика 2: Лигаменти лумбосакралне кичме.

Преузето из: *Atlas of human anatomy, ed 6, стр. 159.*

1.1.3 Анатомија паравертебралне мускулатуре

Паравертебралну мускулатуру у лумбалном региону граде четири групе мишића које можемо поделити према функцији на флексорну, латералну флексорну, екстензорну и ротаторну групу.

Синергистичку активност региструјемо и при флексији и екстензији у лумбалној кичми.

Флексорна група мишића може да се подели на илиоторакалне и фемороспиналне мишиће. У илиоторакалној групи се налазе мишићи трбушног зида: прави трбушни мишић/ *m. rectus abdominis*/, латерални коси трбушни мишић/ *m. obliquus externus abdominis*/, унутрашњи коси трбушни мишић/ *m. obliquus internus abdominis*/ и попречни трбушни мишић/ *m. transversus abdominis*/.

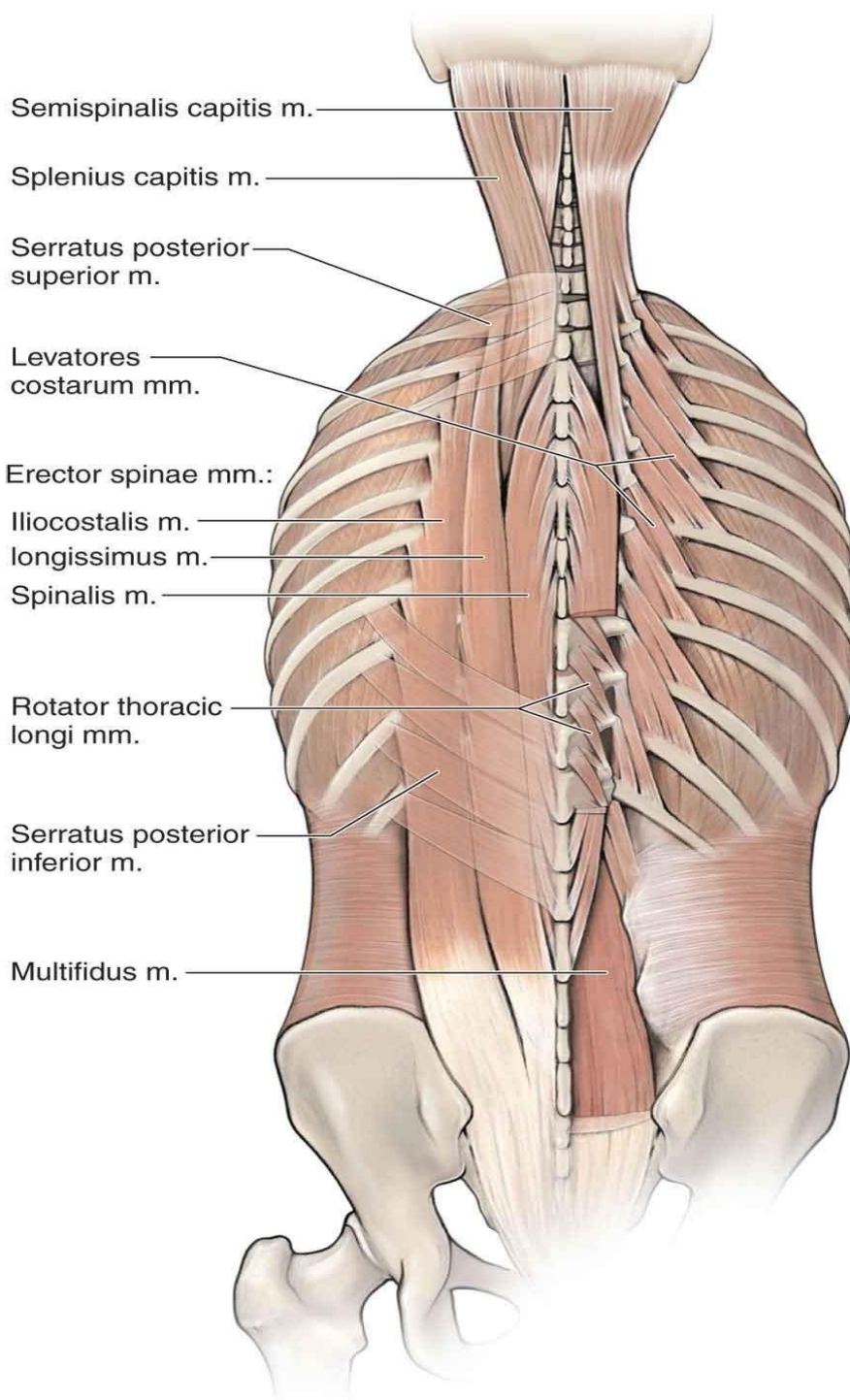
Фемороспиналну групу чине слабински мишићи, *m. psoas major* и *m. iliacus* који заједно чине *m. iliopsoas*. Псоасни мишић се припаја на предњој површини и доњој ивици попречних наставака од првог до петог лумбалног пршљена, као и телу и интервертебралним дисковима од дванаестог грудног до петог лумбалног пршљена. Доњи припој је на малом трохантеру бутне кости/ *trochanter major ossis femoris*/.

Екстензори су распоређени у три слоја. Највећу мишићну групу чини *m.erector spinae*, који се у доњем лумбалном сегменту јавља као јединствен мишић, док у горњем лумбалном сегменту има три вертикалне колумне, које називамо *m.ilicostalis*, *m.longissimus*, *m.spinalis*. [5].

Мишић еректор спине је постављен постеролатерално у односу на кичмени стуб, има припој на сакруму, ртним наставцима и илијачном гребену. Најлатералнија група је *m.ilicostalis*, док је најмедијалније постављен *m.spinalis*. *M.longissimus* има припој на бази лобање, док се илиокостални мишић припаја на попречним наставцима доњих вратних пршљенова.

Трансверзоспинална мишићна група је смештена дубље, у односу на *m.erector spinae*.

Ова мишићна група је екстензорна и ротаторна.



Слика 3: Мишићи кичменог стуба. Преузето из: *Morton DA, Foreman K, Albertine KH. eds. The Big Picture: Gross Anatomy. New York, NY: McGraw-Hill; 2011.*

Латерални флексори су мишићи који омогућавају бочно савијање и ротацију. Унилатерална флексија *m. quadratus lumborum*-а, доводи до латералне флексије. Овај мишић има припој преко илиолумбалног лигамента на илијачном гребену, а горе на предње-доњој површини дванаестог ребра и попречним наставцима од првог до четвртог пршљена.

Већина екстензора и латералних флексора при унилатералној контракцији и неутрализацији антагонистичке контракције доводе до покрета ротације

1.1.4. Анатомија спиналних нерава и коренова у лумбосакралној регији

Кичмена мождина се завршава медуларним конусом на нивоу другог лумбалног пршљена. У кадаверичкој студији од стодвадесетдевет кадаверских узорака, кичмена мождина се завршавала на нивоу Л2 у 60%, на нивоу Л1 у 30% случајева, а у нивоу трећег лумбалног пршљена у 10% узорака [6].

Сви коренови лумбалних спиналних нерава потичу од нивоа десетог грудног до првог лумбалног пршљена. Дорзални или задњи корен је сензорни и настаје са постеролатералног аспекта кичмене мождине, док је вентрални или предњи корен моторни и потиче из антеролатералног аспекта кичмене мождине. У кичменом каналу, спајањем, стварају корен спиналног нерва. Коренови у кичменом каналу формирају *cauda equina*. Из кичменог канала спинални нерви излазе кроз интервертебрални форамен. У лумбалној регији, прва подела кичменог нерва одвија се унутар интервертебралног форамена, што резултира стварањем задњих и предњих (дорзалних и вентралних) грана.

Анатомски, вентралне и дорзалне (предње и задње) гране настају из кичменог нерва, непосредно по његовом изласку из интервертебралног отвора. Вентрална грана учествује у формирању лумбосакралног плексуса. Такође, обезбеђује неколико нервних завршетака површинском слоју фиброзног прстена суседног интервертебралног диска. Иначе, дискови се сматрају неинервисаним структурама.

Дорзална грана спиналног нерва се дели медијалну, средњу и бочну или латералну грану. Средња и латерална грана пролазе бочно од попречног наставка и инервишу

m.erector spinae. Свака медијална грана постериорног примарног рамуса учествује у инервацији три фасетна зглоба: једна грана инервише фасетни зглоб изнад датог нивоа, друга грана инервише на том нивоу, а трећа грана се спушта каудално, на ниво испод.

1.1.5. Анатомија интервертебралног дискуса

Интервертебрални дискус представља фиброкартилагинозни, аваскуларни спој између два суседна пршљена. Састоји се од две основне компоненте: *Nucleus pulposus*-а и *anulus fibrosus*-а.

Nucleus pulposus је централно постављен и састоји се од колагених влакана типа 2, у матриксу протеогликана и воде. Протеоглигани чине 50% сувог остатка *nucleus pulposus*-а. Ћелијски састав диска чине хондроцитне и нотохондралне ћелије у раном дечијем узрасту, које се налазе у богатом екстрацелуларном матриксу. Нотохондралне ћелије су задужене за продукцију протеогликана. Пре раног одраслог периода нотохондралне ћелије нестају апоптозом и заостају само хондроцитне ћелије. Хондроцитне ћелије, код одраслих, у пулпозном једру су округле, док су фибробласти у фибрознам прстену доминантно елипсоидно издужени. Карактеристика ћелија на прелазу *anulus fibrosus* и *nucleus pulposus* су да имају карактеристике и хондроцита и фибробласта.

У првој години живота проценат воде се креће и до 90%, да би током година долазило до постепеног смањења удела воде, до око 74% у осмој деценији живота. *Anulus fibrosus* се састоји од петнаест до двадесет и пет ламела колагена типа 1, које су концентрично постављене и окружују пулпно језгро. Колаген типа 1 чини 67% сувог остатка *nucleus fibrosus*-а. Прстен је чврсте грађе и обезбеђује стабилност, али и покретљивост. Еластичност прстена обезбеђује амортизовање притиска који трпи *nucleus pulposus*. Влакна еластина чине око 2% сувог остатка интервертебралног дискуса, али упркос процентуално малој заступљености имају велики утицај на биомеханику. Колагена влакна су у слојевима различито оријентисана, тако да је најчешће угао оријентације +/- 30% у односу на хоризонталну раван. Дебљина колагених ламела варира. Приближно константе вредности дебљине ламела су у задњим деловима прстена где се крећу од 50 до 200µm, у спољашњим 100 до 300µm. У унутрашњим слојевима фиброзног прстена, дебљина колагених ламела је у предњем делу 200µm до 300µm, док је њихов пречник у латералним деловима унутрашњих слојева 50µm до 100µm.

Између две компоненте интервертебралног дискуса не постоји оштра анатомска граница, а услед десикације пулпног једра током процеса старења, она постаје све мање јасна.

Током година долази до губитка нотохондралног једра као и губитка нормалног ламеларног распореда колагених влакана у фиброном прстену. У фиброном прстену долази до раздвајања колагених ламела, деламинације. Настају и расцепи који прогредирају од споља према унутра и од једра према латерално.

Дегенеративни процес почиње у прве две деценије живота, достиже плато у трећој и четвртој деценији да би нагло прогредирао у петој, шестој деценији и касније. [7].

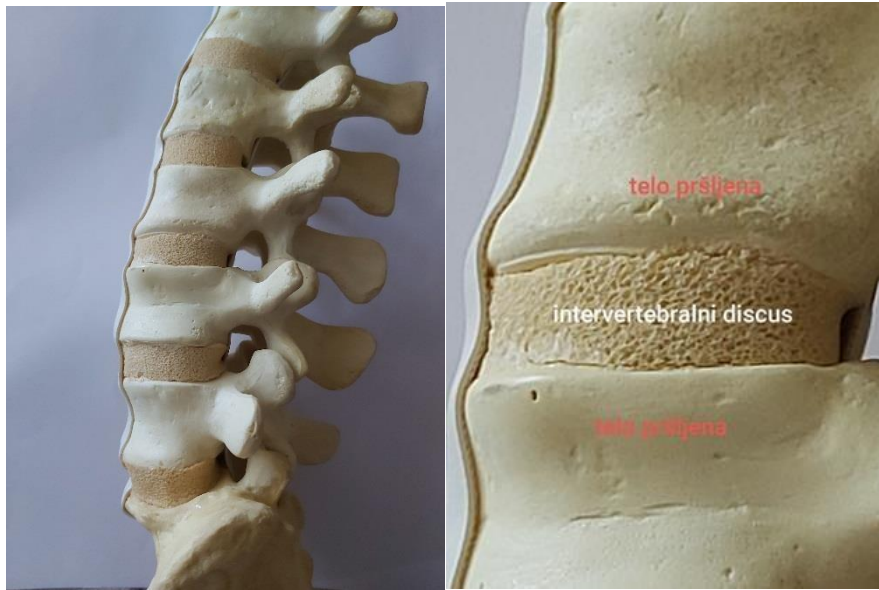
1.1.6. Биомеханика лумбосакралног дела кичменог стуба

Основна улога кичменог стуба је могућност усправног хода, пренос тежине тела, омогућавање покрета и заштита кичмене мождине. Захваљујући анатомској структури пршљенова и структури интервертебралних дискуса, кичмени стуб има шест степена слободе кретања. Постоји могућност аксијалне, латералне и сагиталне ротације, као и аксијалне, латералне и антеропостериорне транслације.

Слабински део кичменог стуба је, после вратног, најпокретљивији део.

Стабилност лумбалног дела кичменог стуба обезбеђују три елемента: кости, лигаменти и мишићи. Под стабилношћу кичменог стуба сматрамо отпор који наведена три елемента пружају силама деформације, док под динамичком улогом кичме подразумевамо покретљивост кичме, а у чему учествују динамички вертебрални сегменти. Најмања функционална јединица кичменог стуба је један динамични мобилни сегмент кога чине два суседна пршљена, интервертебрални диск, горњи и доњи артикуларни наставци и лигаменти који повезују суседне пршљенове. [8]

У једном динамичком моделу мобилног сегмента кичменог стуба описујемо следеће смерова кретања: сабијање и истезање, померање пут латерално-лево и десно, сагитално померање напред и назад, покрети флексије и екстензије, као и ротација у лево и десно.



Слика 4: Динамички вертебрални сегмент

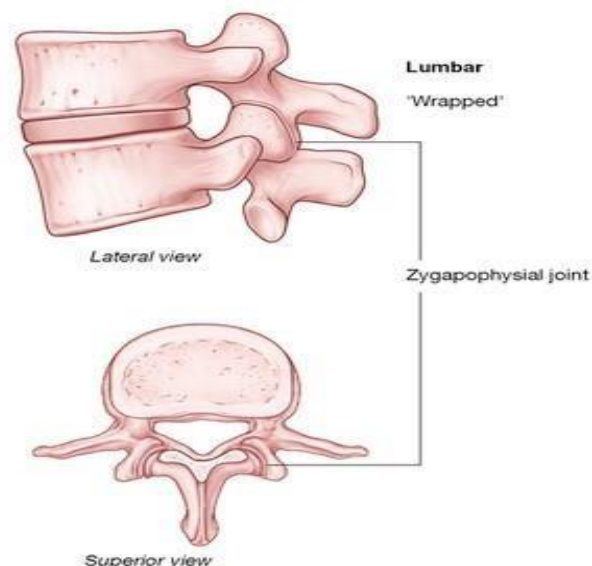
Преузето из личне архиве.

Стабилност кичменог стуба омогућава амортизација осовинског оптерећења у стајању, као и амортизација силе у покрету.

Аксијално оптерећење амортизују пршљенска тела лумбалних пршљенова за које је типично да носе тежину тела човека и највећи проценат оптерећења. Са порастом процента носећег оптерећења, повећава се и дијаметар пршљенских тела. Тиме се објашњава повећање дијаметра пршљенских тела од првог према петом слабинском пршљену, за који је типична, најчешће присутна, релативно велика несразмера висине предње и задње ивице пршљенског тела. Из овога проистиче потенцијална слабост петог слабинског пршљена.

Одржавање стабилности кичменог стуба при покрету омогућава амортизација насталих сила, за шта је задужен међупршљенски дискус. Амортизација се постиже прерасподелом силе која доводи до оптерећења интервертебралног дискуса, што је могуће због специфичног распореда ткивних влакана која граде интервертебрални дискус. Физички прорачуни показују да подизање масе од четрнаест до двадесет седам килограма доводе до увећања силе оптерећења десет пута у односу на осовинско оптерећење у миру, што указује на значај међупршљенског дискуса у очувању стабилности кичме при покрету и раду, посебно код особа које се баве тешким физичким пословима.

Стабилизацији кичменог стуба у покрету, поред међупршљенских дискуса, доприносе и зигапофизијални зглобови, чија оријентација спојничних, зглобних површина омогућава покретљивост појединих делова кичменог стуба у одређеном правцу, али истовремено и ограничава покретљивост у другим смеровима. Из тог разлога коронарна оријентација фасетних зглобова у вратном региону кичменог стуба онемогућава претерани степен слободе translације, али омогућава флексију и екстензију, као и ротацију. Зглобне површине фасетних зглобова у лумбосакралном региону су постављене у сагиталној равни тако да је покретљивост доминантно око попречне осовине. Анатомске специфичности лумбалног пршљена су и у оријентацији зглобних наставка. Зглобна површина горњег артикуларног наставка је оријентисана према позади и пут медијално, док је зглобна површина доњег артикуларног наставка оријентисана према напред и пут латерално. Горња зглобна површина је конкавног, а доња конвексног облика, што омогућава формирање зглоба. Зглобне површине су глатке чиме се смањује трење међу њима. Оријентација зглобних површина омогућава покрете флексије и екстензије, док је могућност аксијалне ротације минимална. Максимални обим флексије је до 70%, док је екстензија ограничена до 30%. Латерофлексија је ограничена на 30%. Аксијална ротација је до 2%. Аксијално оптерећење лумбалног дела кичменог стуба се преноси преко предњег сегмента, тела пршљенова, док су фасетни зглобови носиоци око 18% оптерећења.



Слика 5: схематски приказ фасетног зглоба.

Преузето из: *Gray's anatomy for students, 2nd ed, 2010, Churchill Livingstone*

Присутан је синергизам интервертебралног дискуса и фасетних зглобова у амортизацији сила које настају при кретању и раду, тако да у случају узнатредовалог дегенеративног процеса дискуса долази и до додатног оптерећења фасетних зглобова. [7] Допринос пасивној стабилности кичменог стуба дају и спинални лигаменти, као и параспинална мускулатура, која се у функционалном смислу понаша супротно од скелетних мишића који омогућавају покрет. Изузетак чини *m.erector spinae*.

Према Хуковом закону, еластичност је апроксимација која указује да је релативна деформација еластичног тела, у одређеним границама, директно пропорционална сили која на њега делује. Роберт Хук закључује да код мањих деформација еластичних тела, постоји директна корелација промене дужине тела и делујуће силе. Сила која делује је директно пропорционална промени дужине, истезањем или сабијањем. Ниво максималне пролазне деформације представља границу еластичности. Уколико делујућа сила пређе границу еластичности, тело претрпи трајну деформацију. Патофизиолошки механизам настанка дискус херније, као и дегенеративни процес на фасетним зглобовима, у значајној мери може да се објасни Хуковим законом еластичности.

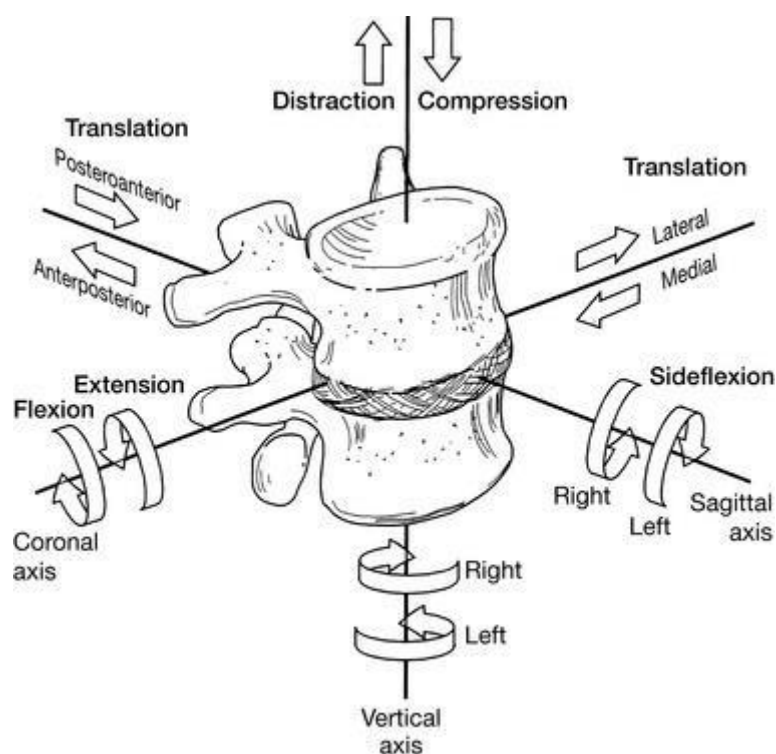
Нормалан обим свих покрета који су могући у кичменом стубу, подразумевају транслацију и ротацију око три осовине. То омогућава шест степени слободе и дванаест смерова кретања. Обим покрета кичменог стуба је одређен карактеристикама пршљенова, лигамената, оријентацијом зигапофизијалних зглобова, као и мишићима.

Покретљивост једног мобилног сегмента је у директној корелацији са квадратом висине интервертебралног дискуса. Такође, за интервертебрални дискус можемо да кажемо да има улогу полузглоба јер дозвољава одређени степен међусегментне покретљивости. Кичмени стуб чини многозглобни механички систем који током времена, због напредовања дегенеративног процеса, има тенденцију стварања нестабилности. Под нестабилношћу кичменог стуба подразумевамо немогућност ограничавања прекомерног покрета у било којој равни.

Основна функција интервертебралног дискуса је да омогућава покрет у региону два суседна пршљена, а да при томе амортизује оптерећење пршљенова. Постоје значајне разлике у опсегу оптерећења које на себе преузима интервертебрални дискус, у зависности

од положаја тела. Приликом стајања у неутралном положају притисак који трпи лумбални интервертебрални диск је око 80 kPa. У лежећем положају, на леђима, притисак оптерећења је око 60 kPa, док у седећем положају, са нагињањем пут напред и подизању терета, оптерећење интервертебралног диска износи и до 380 kPa [9].

Вертикално оптерећење се преноси преко интервертебралних дискуса, при чему се фиброзни прстен опире бочном притиску који трпи nucleus pulposus.



Слика 6: Биомеханички модел мобилног сегмента лумбалне кичме.

преузето из: Wong TK, Lee RY. *Effects of low back pain on the relationship between the movements of the lumbar spine and hip. Hum Mov Sci. 2004;23(1):21-34.*

Укоченост сегментног покрета се смањује у иницијалним фазама дегенерације диска, а потом се повећава са тешком дегенерацијом диска [10].

Током година долази до смањења процентног састава воде и протеогликана, што доводи до смањења укупног волумена диска, а то последично доводи до умањења ефекта лигамената и коначно до хипермобилности кичменог стуба.

1.2. Дискус хернија лумбосакралне регије

1.2.1. Епидемиологија лумбалне дискус херније

Лумбални болни синдром је други по учесталости разлог јављања лекару. Сматра се да петнаест процената свих одсуства са посла потиче од бола у леђима, а доминира као разлог боловања код популације млађе од четрдесет и пет година [1].

Поред, неспорно, огромног здравственог проблема, лумбална дискус хернија је и социјално-економски проблем који значајно оптерећује здравствени и социјални буџет држава, због издвајања за медицинске трошкове и исплату надокнада за боловања [11].

Инциденца дегенеративних обољења лумбалног сегмента кичменог стуба има стални растући тренд у двадесетом, који се одржава и у двадесет првом веку. [12]

Животна преваленца јављања лумбалног болног синдрома је од шездесет до деведесет процената, док је годишња инциденца око пет процената. [13]

Тек у једном до три процената разлог лумбалног болног синдрома чини лумбална дискус хернија.

Инциденца јављања лумбалне дискус херније је највећа између тридесете и педесете године. Наизглед парадоксална чињеница да у шестој, седмој деценији и касније долази до смањења инциденце јављања дискус херније, налази своје логично објашњење у анатомским карактеристикама нуклеус пулпозуса и анулус фибросуса. У прве три деценије живота велика запремина језгра диска је ограничена јаким фиброзним прстеном. У четвртој и петој деценији слаби снага фиброзног прстена, а разлог смањене инциденце настанка дискус херније у каснијој животној доби је процес старења који смањује, десикацијом, волумен нуклеус пулпозуса. Једна студија показала је да након осамдесете године долази до смањења инфламаторног одговора око притиснутог корена, што може довести до побољшања клиничких симптома оболелих од лумбалне дискус херније. [14]

Приближно 75% лумбалне флексије и екстензије се одиграва у лумбосакралном споју, 20% на нивоу Л4/Л5 и преосталих 5% на горњим лумбалним нивоима. Повећање предње силе смицања и обим покретљивости су разлози због којих су лумбалне дискус херније

локализоване у 90% случајева у доња два нивоа, с тиме да су оне на нивоу L5/S1 два пута чешће у односу на суседни горњи ниво.[15]

1.2.2. Етиологија и патофизиологија настанка дискус херније

Дискус хернија представља пролапс интервертебралног диска. Интервертебрални диск обезбеђује стабилност у миру и распоређује оптерећење кичменог стуба у покрету.

Промене које доводе до појаве пролапса диска су десикација, смањење садржаја протеогликана, мукоидна дегенерација и урастање фиброзног ткива.

Брзина дегенерације интервертебралног дискуса је највећа у сегменту L5 / S1 првенствено због велике јачине силе притиска на лумбосакрални прелаз. Предње силе смицања у сегменту кретања L5 / S1 повећавају се пропорционално с повећањем сакралног угла. Постурална оптерећења предњег и задњег дела диска, која су избалансирана на нивоу T8 – T9, показују највећу разлику код L5 / S1 нивоа. [16,17]

Предиспонирајући фактори настанка лумбалног бола су тешки физички послови са подизањем терета преко двадесет килограма, нарочито професионална употреба тешког алата. Дуготрајно седење уз вибрације, код професионалних возача, као и нагли прекомерни покрети су такође, додатни разлог настанка лумбалног болног синдрома. Гојазне особе и пушачи показују већу склоност настанку бола. Постоји повећана вероватноћа настанка дискус херније код пацијената са повећаним индексом телесне масе. [18,19]

Резултати претходних студија показали су да су гојазни пацијенти чешће оперативно лечени због протрузије интервертебралног диска, као и да су код њих чешће компликације у виду продуженог оперативног тога, повећаног губитка крви, као и продуженог постоперативног опоравка, у односу на групу пацијената који нису гојазни..

Понављана траума и падови, такође могу бити предиспонирајући фактор настанка лумбалне дискус херије.

Присутна је значајна неконзистентност у литератури, у терминологији и синонимима који се користе у опису дискус херније . [20]

Проминирање садржаја пулпног језгра у ламине фиброзног прстена, у сублигаментарни или епидурални простор, назива се дискус хернијом

Дискус хернију можемо да дефинишемо и као локализовани пролапс материјала диска ван граница простора интервертебралног диска. Хернијација може бити anteriорна, вертикална и задња. Сматра се фокалном уколико је мања од 25% циркумференције интервертебралног диска. Широким пролапсом сматрамо миграцију материјала дискуса од 25 до 50% циркумференције простора интервертебралног диска. Под протрузијом диска подразумевамо пролапс фрагмента диска чија ширина „врата“ није мања од било које друге димензије фрагмента, за разлику од екструзије. Под секвестрацијом подразумевамо присуство слободних фрагмената интервертебралног дискуса у кичменом каналу, док миграција подразумева да је екструдирани материјал удаљен од нивоа хернијације, било као секвестар или да је у континуитету. Око 65% миграција су асцендентне. Постоји могућност и трансдуралне миграције дискуса, чији механизам није познат.

Интравертебрална дискус хернија је продор интервертебралног диска у пршљенско тело кроз хрскавичаву плочу. Назива се и Шморлова хернија или чвор. Најчешће је случајан налаз, али може бити разлог лумбалног бола у трајању три до четири месеца. Лечи се конзервативно. [15]

1.2.3. Карактеристике клиничке слике

У физикалном налазу болесника са лумбалном дискус хернијом често инспекцијом уочавамо анталгичну сколиозу. Анталгична сколиоза је последица бола при латералном савијању кичме и има карактеристику да нестаје при стајању на ноzi која не боли и при лежању. Сколиоза је, најчешће, са конвекситетом према болној страни. Типична је честа промена положаја тела код пацијента, која се такође уочава инспекцијом.

Палпацијом и перкусијом у пројекцији ртних наставака, може се потенцирати бол, фокално.

Бол, који је иницијални и доминатни симптом болести, је најчешће комбинација паравертебралног и радикуларног бола. Паравертебрални бол настаје због надражаја ноцицептивних влакана инфламаторним медијаторима. Може бити последица истезања влакана фиброзног прстена и повећаног притиска на нервне елементе, као и рефлексног спазма паравертебралне мускулатуре. Паравертебрална компонента бола се обично

јавља иницијално и на њу се надовезује радикуларни бол, који је последица иритације спиналног нерва услед ширења инфламације из интервертебралног простора, као и непосредном компресијом пролабираним нуклеусним материјалом.

За разлику од раније заговараних хипотеза, сада је познато да је значајан узрок бола и аутоимуна реакција која настаје као одговор на распадне продукте дискуса који стварају киселу средину у којој настаје хронични инфламаторни одговор.[21]

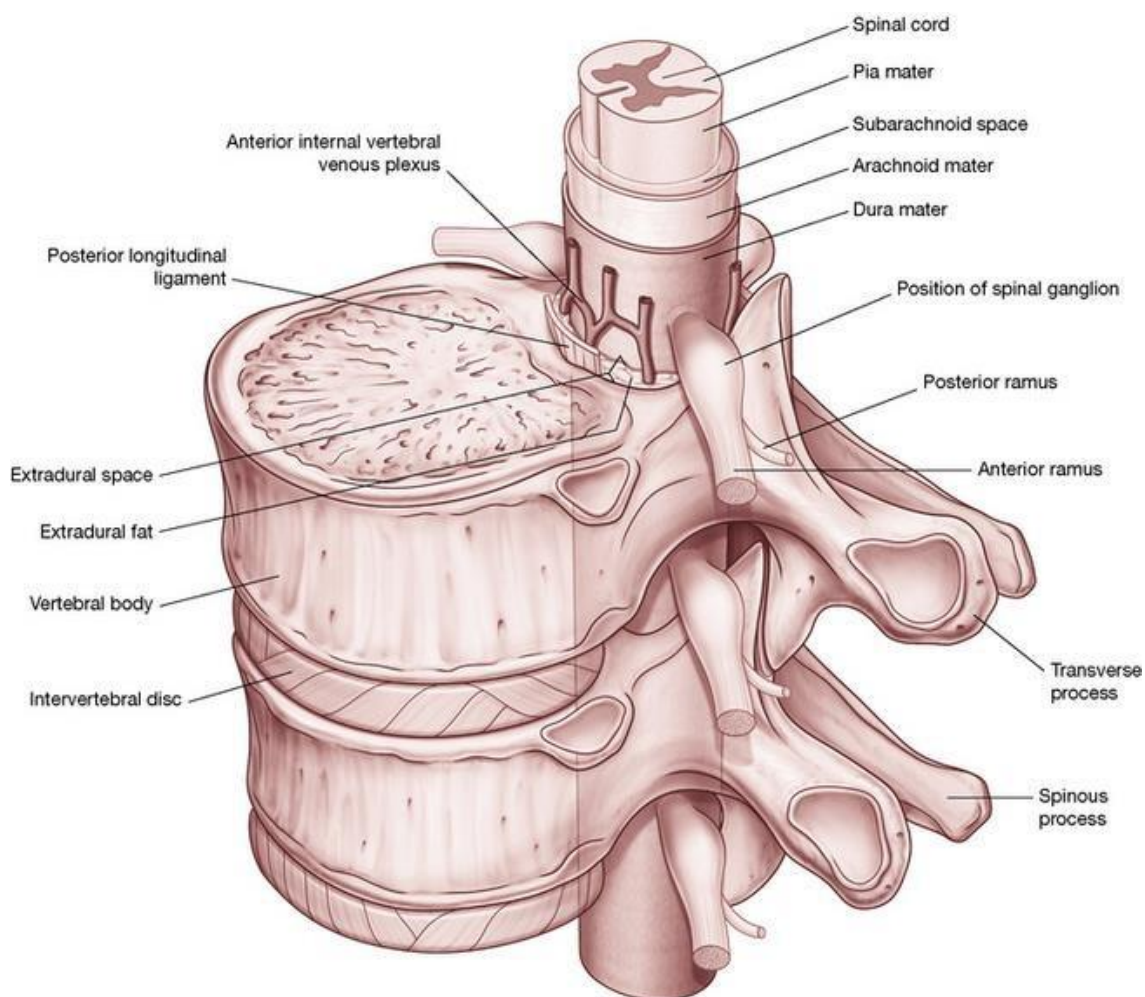
Појава А2 фосфолипазе у дегенерисаном дискусу доводи до ослобађања арахидонске киселине, са последичном продукцијом простагландина, који су одговорни за настанак инфламације и исхемије спиналних коренова, што се сматра другим патофизиолошким механизмом који доприноси интензивном болу.

Надражајни кашаљ, кијање или напрезање могу да појачавају интензитет бола. Механизам се објашњава утицајем повишеног интрапулмоналног на интракранијални и последично на притисак мождане течности у спиналном компартману. На тај начин се потенцира компресивни ефекат на корен већ присутним пролабираним нуклеусним материјалом.

У неуролошком статусу може бити присутна моторна слабост, испади сензибилитета као и хипорефлексија.

Неуролошки дефицит је у директној вези са анатомским односима пролабираниог дискалног материјала и нервних елемената, као и са типом лумбалне дискус херније.

Лумбална дискус хернија може бити са предњом или задњом миграцијом нуклеус пулпозуса. Задње лумбалне дискус херније могу бити дорзомедијалне које се јављају у 2% свих хернијација или, значајно чешће, дорзолатералне са настанком дискорадикуларног контакта, компресијом коренова и радикуларним болом. Дорзолатерални пролапс диска је чешћи због анатомских карактеристика задњег уздужног лигамента чија су влакна тања у бочним деловима. Због чињенице да нервни корен у лумбалној регији излази испод истоименог педикула и да је интервертебрални простор далеко испод педикула, пролабирани диск врши компресију на нервни корен који излази из интервертебралног форамена једног нивоа испод. [20]



Слика 7: схематски приказ изласка спиналног нерва кроз интервертебрални форамен.
преузето из: *Gray's anatomy for students, 2nd ed, 2010, Churchill Livingstone 7*

Најчешће добијамо податак о смањењу интензитета бола у лежећем, такозваном “феталном“ положају, са флексијом у зглобу кука и колена, што објашњавамо релативним скраћењем нерва и смањеним механичким, компресивним, ефектом на исти.

Код унилатералне дискус херније на нивоу Л4/Л5 компромитован је корен Л5 са карактеристичним испадом сензибилитета на предње латералној страни потколенице, горњој страни стопала, као и испад сензибилитета према палцу стопала. Моторна слабост захвата *m.tibialis anterior* и *m.extensor halucis* због чега болесник има слабост стајања на пети. Дискус херније на нивоу Л4/Л5 се јавља са учесталошћу од 30%. У клиничкој слици је снижен *medial hamstring* тест који подразумева одсуство рефлекса *m.semimembranosus*-а и *m.semitendinosus*-а.

Код унилатералне дискус херније на нивоу Л5/С1 компромитован је корен С1. Последично долази до сниженог Ахиловог мишићно-тетивног рефлекса са карактеристичним испадом сензибилитета на задњој страни потколенице, спољашњем делу пете, и испад сензибилитета према малом прсту стопала. Моторна слабост захвата перонеалну мускулатуру и *m.triceps surae*, због чега је ослабљено стајање на прстима. Прегледом литературе наилазимо на различите статистичке податке о учесталости лумбалне дискус херније према нивоу на коме се јавља. Према резултатима које нам даје Професор доктор Мирослав Самарцић, најчешћи ниво јављања лумбалне дискус херније је на нивоу Л5/С1 са учесталošћу од 60%. [15]

Посебан облик клиничке слике се среће код масивне медијалне дискус херније, најчешће на нивоу Л4/Л5, који називамо синдром *caudae equinae*. Одликује се моторном слабošћу више коренова која може прогредирати до параплегије. Присутан је испад сензибилитета у виду анестезије која захвата перинеалну регију која се уобичајено назива знаком јахаћих чакшира. Типични су испади функције сфинктера. Најчешћа је ретенција урина, а ређе инконтиненција урина, немогућност контролисања столице и смањење тонуса аналног сфинктера.

Код синдрома *caudae equinae* постоји опште прихваћени став да је опоравак моторног дефицита статистички значајно бољи уколико се операција уради у првих четрдесет осам сати, док опоравак присутне ретенције урина нема статистичку значајност уколико се операција уради у првих двадесет четири или седамдесет два сата. [22]

Друга стања и болести која диференцијално дијагностички долазе у обзир су спондилолистеза, спинална стеноза, остеоартритис, Такође тумори, повреде и инфекције кичменог стуба могу да дају тегобе које су сличне тегобама код дискус херније. Обољења која су ван кичменог стуба а, могу симулирати тегобе код дискус херније су тумори јајника, калкулоза, инфекција и тумори бубрега, неке болести гастроинтестиналног тракта, међу којима најчешће панкреатитис. Бол у лумбосакралном региону може да изазове и анеуризма абдоминалне аорте.

1.2.4. Коренски тестови истезања доњих екстремитета

Клинички знаци лумбалне радикулопатије су радикуларни бол, мишићна слабост, поремећај сензибилитета, снижени или угашени мишићно-тетивни рефлекси. Карактеристични су позитивни коренски тестови истезања нервних коренова.



Слика 8: Доктор Лаза К. Лазаревић

преузето из: *Stanojević V. Laza K. Lazarević's place in the history of Serbian Medicine. Srp Arh Celok Lek. 1951; 49(5):340-52*

Међу коренским тестовима истезања најчешће примењивани су:

- Лазаревићев знак */Lasegue sign/* који је позитиван уколико постоји радикуларни бол или парестезије дерматомалне дистрибуције. Тест мора да буде позитиван на мање од 60 степени. Болеснику се подиже исправљена нога у првом акту теста, чиме се добија исхијалгични бол. У другом акту, савијањем ноге у коленом зглобу, смањујемо интензитет бола и проглашавамо тест позитивним.



Слика 9: Лазаревићев знак. Преузето из личне архиве.

- *Fajersztajn*-ов тест се још назива и укрштени Лазаревићев тест, када се подизањем ноге која не боли провоцира бол у симптоматској ноzi, што може да указује на латералну позицију дискуса.
- *Cram*-ов тест се изводи док болесник лежи на леђима. Изводи се подизањем болног екстремитета са флектираним коленом, након чега се врши постепена екстензија у коленом зглобу чиме се интензивира бол.
- *Naffziger*-ов тест се изводи компресијом на југуларну вену током минут-два, док болесник стоји. Услед венске стазе долази до повећања притиска циркулишућег ликвора што доводи до иритације коренова већ притиснутих дискусом и појаве бола.
- *Bowstring sign*, или знак тетиве лука се изводи флексијом колена и спуштањем стопала ка подлози, у тренутку извођења Лазаревићевог теста. Тест се сматра позитивним уколико се одржава бол у куку, а нестаје исхијалгија.
- Седећи коренски тест истезања, *sitting knee extension test*, се изводи док болесник седи при чему се уради екстензија колена.

1.2.5. Скала мануелног испитивања моторне слабости

Мануелни мишићни тест (ММТ)

је описан 1912 године, за приказивање статуса болесника са полиомијелитисом. ММТ укључује употребу посматрања, палпације и примену силе од стране испитивача да би се утврдила снага мишићне контракције. У току тестирања мора се применити одговарајућа техника како би се обезбедили валидни резултати. Треба уклонити одећу да би се јасно уочила контракција мишића. Треба искључити активност агонистичких група мишића. Снагу мишића испитујемо, иницијално, искључивањем силе гравитације. [23]

У недостатку покрета, примењује се палпација циљане мишићне групе и процена присуства контракције. У присуству покрета, посматрање се користи за процену јачине покрета против силе земљине теже. У ситуацијама када је присутан пун обим покрета испитивач примењује силу како би проценио снагу мишића.

Постоји неколико прихваћених начина тумачења резултата мануелног мишићног теста. Најчешће се примењује скала установљена од стране Medical Research Council [24], Kendall и сарадници[25] и Daniels and Worthingham скала за градирање ММТ [26].

У савременим клиничким условима, снага мишића се најчешће процењује коришћењем ММТ скале коју је установио Савет за медицинска истраживања Краљевског колеџа лекара и хирурга.(енг. *Medical Research Council of the Royal College of Physicians and Surgeons*)

Мануелни мишићни тест такође представља основу сложенијих скала за градирање које се користе најчешће у дијагностичке и научно-истраживачке сврхе. Иако је, са статистичке тачке гледишта, додавање више ординалних вредности неприкладно, коришћење мануелног мишићног теста са више могућих оцена, доприноси поузданости теста. Са том намером су формиране скале као што су: *Motricity Index* код болесника са исхемијом мозга[27], *Motor Index Score* код болесника са повредама кичмене мождине[28], *ММТ 8*, код болесника са миозитсом[29] као и многи други. Сложени скоринг системи укључују мерење снаге контракције три до десет група мишића и развијени су у циљу дијагностике специфичних обољења.

Шеме оцењивања повезане са овим приступима су конзистентне у томе што сваки систем додељује минималну оцену 0 када није примећена контракција или активност и максималну оцену 5 када је јачина „нормална“. Међутим, приступ Кендал-а и других, за разлику од приступа Медицинског савета за истраживање и Данијела и Вортингама, користи плус и минус ознаке за прецизније оцењивање снаге мишића. Кендал и сарадници предлажу квалитативне резултате који се могу користити уместо бројчаних резултата. Конкретно, они указују да се резултати као што су: у трагу, минимално, делимично, добар и нормалан могу користити уместо оцена 1, 2, 3, 4 и 5. *Beasley* је давно показао да је снага истезања колена често оцењена као „нормална“ када је динамометрија показала да износи само око 50% од нормалне.[30]

Табела 1: стандардна нумеричка схема за градирање резултата мануелног мишићног теста.

оцена	опис
0	потпуно одсуство контракције.
1	минимална контракција мишића, која не изазива активни покрет.
2	долази до покрета, али исти не може да се изведе против силе гравитације.
3	болесник изводи покрет, али не може да савлада отпор испитивача.
4	болесник покретом савладава отпор који му пружа испитивач, до извесног степена
5	нормална мишићна снага.

Теоретска разматрања која потврђује и свакодневна клиничка пракса указују да постоји недовољно јасан опсег између градуса три и градуса пет, чинећи тиме да је одређивање мишићне снаге применом мануелног мишићног теста, субјективна метода. Из тог разлога се у литератури скала проширује од пет градуса до дванаест степени, са циљем побољшања прецизности исте, додавањем симбола + и -. [31,32]

У циљу добијања прецизнијих резултата мануелног мишићног теста испитивачи су проширили скалу и у њу додали оцене за пола нивоа више и ниже од бројне вредности. Ово је омогућило детекцију суптилнијих разлика између испитаника и у овом тренутку је можемо сматрати најпоузданијом. [33,34] Поред нумеричких вредности у табели су представљене и дескриптивне вредности које повећавају сензитивност теста.

Табела 2: Скала ММТ у коју су укључене оцене за пола поена више и ниже од бројних вредности.

дескриптивна оцена	оцена	опис
0	0	нема мишићне контракције
у трагу	1	постоји контракција која се детектује палпацијом или опсервацијом
	1+	постоји контракција,
минималан	2-	када се елиминише гравитација достиже више од 50% опсега покрета
	2	када се елиминише гравитација постиже пун опсег покрета
	2+	против силе гравитације покрет се опсервира у мање од 50% опсега покрета
делимичан	3-	против силе гравитације покрет се опсервира у више од 50% опсега покрета
	3	Против силе гравитације покрет се опсервира у пуном опсегу
	3+	Као 3 али може да издржи минимални отпор испитивача
добар	4-	Као 3 али може да издржи мање од умереног отпора испитивача
	4	Као 3 али може да издржи умерени отпор испитивача
	4+	као 3 али може да издржи скоро максимални отпор испитивача
нормалан	5	као 3 али може да издржи максимални отпор испитивача

Мануелни тест испитивања мишићне снаге код болесника је лак за извођење и не захтева никакву специјализовану опрему, што сматрамо његовом основном предношћу. Упркос овим предностима, он има и своја ограничења. Бодовање је субјективно и засновано на перцепцији испитивача. Постоји такође и значајна варијабилност између пацијената јер су неки испитаници јачи од других. Тест не узима у обзир мишићно-скелетна обољења која могу учинити тестирање болним, као што су тендинопатија или артритис. Тест

зависи од мотивисаности пацијента, која може бити недовољна код неких пацијената, због болова, неразумевања инструкција, психолошких разлога или секундарне добити.

У погледу тачности, озбиљни недостаци ММТ су истакнути у низу студија које су показале да испитивачи који користе ММТ нису били у стању да открију слабост мишића када је постојало чак и до 50% губитка апсолутне снаге. Процена у којој се снажнији екстремитет протумачи као слабији се дешава у 20% случајева. Показало се да до ове врсте грешке долази најчешће када је разлика у снази екстремитета била мања од 10% или у присуству слабости оба екстремитета, нарочито у случајевима када је разлика у снази контракције мања од 25% између симетричних група мишића. Као недостатак ММТ се показала и неадекватан опис мишићне снаге као „добар“, у случајевима када је укупна снага контракције била мања од 10% нормалне. Из наведених разлога ММТ на нумеричкој скали од 5 могућих оцена, не омогућава прецизну, објективну, градацију због чега се мале промене интервала мишићне контракције могу пропустити. [35] Значајан фактор у објективности процене је такође и искуство клиничара. *Escobar* и сарадници су у својим резултатима показали да је постојала значајна разлика у резултатима добијеним од стране искусних испитивача и испитивача са мање клиничког искуства.



Слика 10: Мануелни мишићни тест

преузето из личне архиве.

Ове чињенице нас мотивишу да је потребан систем за прецизније сагледавање моторне слабости која, између осталих фактора, настаје и као последица дискус херније на последња два нивоа лумбосакралне кичме. [36,37]

У циљу објективног мерења снаге одређене мишићне групе, у ситуацијама где је то могуће, примењивани су динамометри. Динамометрија обезбеђује прецизније мерење силе коју мишић може извршити и омогућава да разлике у јачини буду праћене током времена које испитивач не може приметити приликом коришћења субјективне скале. Динамометрија ручног стиска је популаран пример, у којем пацијент стисне ручицу која бележи примену силе. Ограничења динамометрије укључују потребу за скупом или специјализованом опремом, која није доступна свим клиничарима. Поред тога динамометрија је лимитирана на групе мишића које се, због анатомских карактеристика, могу тестирати.

Други приступ тестирању снаге мишића је тестирање функционалних кретњи уместо квантификовања снаге. Примери функционалних тестова су подизање из чучња или са столице. Функционалним тестовима добијамо податак о могућностима болесника за обављање свакодневних физичких активности.

Претраживањем литературе се не налази тест који даје егзактне, објективне, резултате степена слабости плантарне и дорзалне флексије стопала и степен слабости ослањања на болну ногу, што је основна инспирација развоја платформе расподеле површинског притиска

1.3. Радиолошке методе за дијагностику лумбалне дискус херније

1.3.1. Компјутеризована томографија

Компјутеризованом томографијом (КТ) могу се дијагностиковати бројна обољења лумбосакралне регије. Сензитивност КТ дијагностике за лумбалну дискус хернију је од 80-95%. Сензитивност прегледа је према неким ауторима и до 98,8% , уколико се у дијагностици примењује 128-слајсни КТ. Специфичност КТ дијагностике је 68-88%. [38]



Слика 11: Дискус хернија L5/S1 са десне стране, са дискорадикуларним контактом десно.

Преузето из личне архиве.

Пролабирани садржај дискуса има дензитет који је два пута већи од дензитета дуралне вреће.

Удружени радиолошки знаци лумбалне дискус херније су губитак епидуралног масног ткива и губитак нормалног конвекситета дуралне вреће, неприказивање радикуларних рецесуса.

Предности примене компјутеризоване томографије су изузетно приказивање коштаних детаља, адекватан ниво приказивања меких ткива, као и приказивање параспиналног меког ткива. Дијагностика је неинвазивна и може се примењивати код амбулантних болесника.

Предности у односу на нуклеарну магнетну резонанцу су брже и јефтиније снимање, као и значајно мањи број контраиндикација.

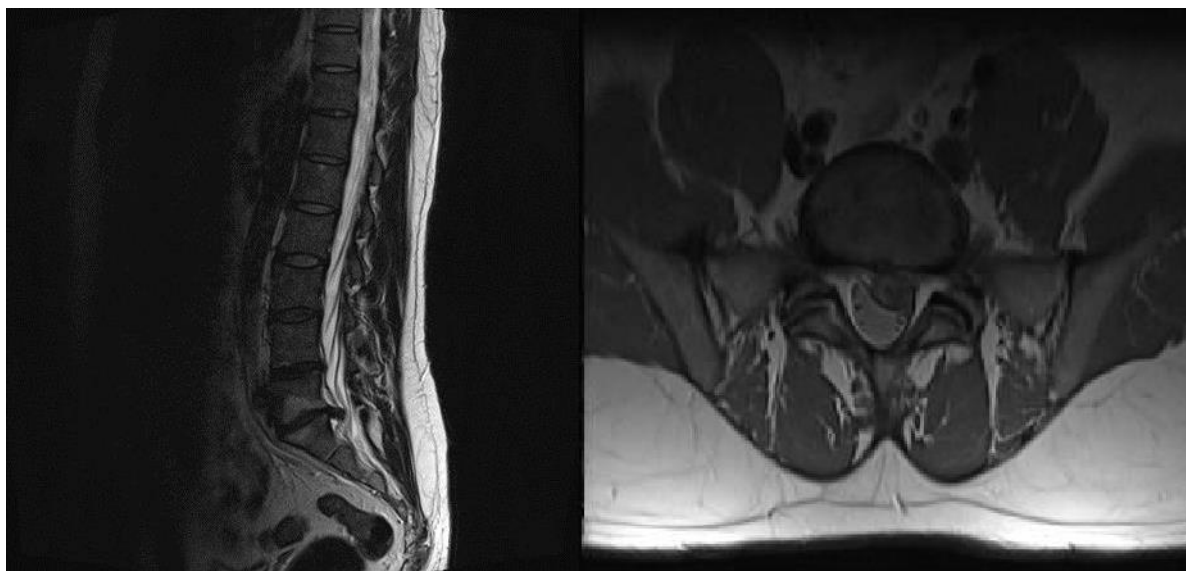
Мане су отежана евалуација сагиталне равни, значајно мања сензитивност од нуклеарне магнетне резонанце и евалуација циљаног нивоа. Сензитивност КТ прегледа се додатно

смањује код пацијената који су оперисани. Компјутеризована томографија не омогућава прецизно разликовање ожиљка у односу на рецидив дискус херније.

1.3.2. Нуклеарна магнетна резонанца

Нуклеарна магнетна резонанца (НМР) је, због своје велике специфичности и сензитивности, радиолошка метода избора у дијагностици лумбалне дискус херније. Ниво сензитивности је у рангу КТ мијелографије, али је већа у односу на мијелографију.

Предности нуклеарне магнетне резонанце су добијање информација о сагиталној равни лумбосакралне кичме. Одлично се приказују ткива ван спиналног канала. Омогућава прецизну диферцијалну дијагностику дискуса и других болести лумбосакралне кичме. Ова дијагностичка метода је неинвазивна и не укључује јонизујуће зрачење.



Слика 12: Нуклеарна магнетна резонанца. Дискус хернија Л5/С1 са леве стране.

Преузето из личне архиве.

Мана нуклеарне магнетне резонанце је дужина трајања прегледа која може да отежава сам преглед код болесника који трпе јаке болове и не могу дуго да мирују.

Мана је и сам метод прегледа који може изазвати напад клаустрофобије код болесника који од ње болују. Нуклеарна магнетна резонанца је још увек релативно скупа и код нас недовољно доступна дијагностичка метода. Отежана је интерпретација налаза код болесника са сколиозом.

Бројне су контраиндикације за примену нуклеарне магнетне резонанце:

- вештачки предводник срчаног ритма и неуростимулатор
- стари феромагнетски анеуризмални клипсеви
- стари модели вештачких срчаних залистака
- разни метални импланти који у себи садрже грожђе и кобалт
- метална страна тела задесно унешена у тело
- прва три месеца трудноће, а у случају примене контраста цела трудноћа.
- деца млађа од две године.

Релативне контраиндикације за примену НМР у дијагностичке сврхе су код болесника код којих је неопходна вентилациона потпора и мониторинг, као и гојазни болесници и програмабилна шант валвула.

1.3.3. Методе радиолошке дијагностике које се ређе користе

Рендген снимак лумбосакралне кичме се не препоручује за рутинско снимање болесника са лумбалним болним синдромом, као ни код болесника код којих сумњамо на лумбалну дискус хернију. Изузетак чине болесници код којих сумњамо на малигнитет, инфекцију, инфламаторни спондилодисцитис или прелом пршљенова, код којих рендген снимак има дијагностички значај.

Мијелографија

Са појавом НМР, мијелографија губи свој ранији статус златног стандарда. Мијелографија представља инвазивну дијагностику, иако употреба данашњих контрастних средстава даје много мање компликација у односу на раније примењивана.

Мијелографија је ипак врло корисна дијагностичка метода у пацијената који имају нејасан налаз приликом НМР прегледа или код пацијената код којих се не може урадити НМР преглед, због евентуалних контраиндикација. Ова метода је такође значајна у неким специфичним случајевима као што су: синдром латералног рецесуса, граничне хернијације диска, спиналне стенозе на више нивоа, различите форме спиналних цисти.

Мијелографија показује сензитивност од 62-100% и специфичност 83-94% у дијагностици лумбалне дискус херније, у поређењу са компјутеризованом томографијом. У комбинацији апликације хидросолубилног контраста и постмијелографског КТ-а /мијелоскен/ добија се пораст сензитивности и специфичности прегледа. Мане мијелографије су инвазивност, неопходност је хоспитализација болесника, примена контраста и могућност да се не уочи дискус који се налази у простору између дуралне вреће и задње ивице тела пршљена, што је најчешће на нивоу Л5/С1, због анатомске специфичности.

Дискографија представља дијагностичку методу када се хидросолубилни контраст убризгава директно у нуклеус пулпозус интервертебралног дискуса. Мана дискографије је инвазивност. Поред тога, тумачење резултата може бити двосмислено, а могуће су бројне компликације.

1.4. Опције лечења лумбалне дискус херније

1.4.1. Конзервативно лечење лумбалне дискус херније

Иницијално лечење верификоване дискус херније је конзервативно, изузев код болесника код којих постоји апсолутна индикација за оперативним неурохируршким лечењем, под којом подразумевамо присуство синдром *caudae equinae*, прогресивни неуролошки дефицит, изражен моторни дефицит. Релативним индикацијама за оперативним лечењем сматра се интензиван бол који не може да се купири конзервативно.

Бол у доњем делу леђа који траје дуже од три месеца сматра се хроничним болом. Јавља се код мање од 5% болесника са лумбалним болом. Приближно 5-10% болесника са упорним болом у доњем делу леђа захтева оперативно лечење.

Под конзервативном терапијом подразумевано нехируршко лечење болесника са лумбалном дискус хернијом. Посебан облик конзервативне терапије је физикална терапија.

Иницијални третман се започиње модификацијом активности, применом аналгетика, кортикостероидних препарата, миорелаксаната и применом епидуралних инјекција.

Модификација физичке активности подразумева мировање у кревету које редукује симптоме смањењем притиска на корен или интрадискални притисак, као и избегавање болних покрета. Мировање дуже од четири дана узрокује укоченост, слабост и доводи до зачараног круга бола и мировања. У прве две недеље треба спроводити шетњу, вожњу бицикла и пливање. У каснијој фази се раде вежбе за мишиће трупа. Дужину вежбања треба продужавати, али и редуковати у случају прогресије тегоба.

Спинална манипулација може бити од користи, нарочито у првом месецу од јављања тегоба.

Примена епидуралних стероидних препарата може да ублажи бол у прва три месеца од јављања тегоба. Након овог периода треба прекинути са епидуралним ињекцијама. [39] Конзервативна терапија у значајном проценту болесника са лумбалном дискус хернијом доводи до излечења, на шта указују резултати дужег праћења болесника. Процент ефикасности конзервативног третмана се креће и до 85% доброг или одличног резултата

у групи болесника код којих се спроводи медикаментно лечење[40]. Иако хируршко лечење доводи до бржег опоравка болесника и нестанка бола, у дугорочном праћењу болесника се не уочава значајна предност у односу на конзервативни третман, на шта нам указују поједине светске студије[41, 42]. Код болесника код којих не постоји моторни неуролошки дефицит, конзервативни третман показује исте резултате као и оперативно лечење, што указује да често одлуку о оперативном лечењу доносимо пре него што су исцрпљене све могућности конзервативног лечења[43,44].

1.4.2. Хируршко лечење лумбалне дискус херније

У историји развоја спиналне хирургије остаће забележено да је неурогену природу исхијалгије први сугерисао *Domenico Cotugno* давне 1764 године. Допринос у опису патологије интервертебралног дискуса су дали својим радовима немачки патолози *Schmorl* и *Andrae*. у периоду 1927. до 1929. године. Хирургија дискус херније започињу *Hermann Oppenheim* и *Fedor Krause* 1909. године, док *Mixter J. William* и *Joseph S. Barr* 1933. год. раде прву ламинектомију и трансдурални приступ пролабираном дискусу. Са применом интерламинарног, екстрадуралног приступа се почиње 1938. године од стране истих хирурга.



Слика 13: Hermann Oppenheim (1858-1919) преузето из: *van Gijn J. Hermann Oppenheim (1858-1919). J Neurol. 251, 8, 1028-9. 2004*



Слика 14: Fedor Krause (1857-1937) преузето из: *Schijns, O.E.M.G., Hoogland, G., Kubben, P.L. et al. The start and development of epilepsy surgery in Europe: a historical review. (2015) Neurosurg Rev 38, 447-461*

Прва употреба микроскопа у оперативном лечењу се везује за 1953.годину и то од стране специјалиста за ОРЛ.

Средином шездесетих година двадесетог века почиње се са употребом оперативног микроскопа у цереброваскуларној хирургији, да би средином седамдесетих година почела рутинска употреба микроскопа у спиналној хирургији. Концепт микрохирушког приступа започињу *Caspar* и *Yasargil*. [45,46]

Апсолутне индикације за оперативно неурохирушко лечење лумбалне дискус херније су , поред синдрома *Caudae equinae*, бол који траје дуже од три месеца упркос примене медикаментне терапије , моторни неуролошки дефицит који се не повлачи на примењену медикаментну терапију. У стручној јавности су присутне дилеме у вези термина када је неопходно приступити оперативном лечењу. Преовлађујући став је да само време не би требало да буде основа за препоручивање операције и да вишеструке друге варијабле треба размотрити у заједничком процесу одлучивања у коме учествују хирург и пацијент[47].

Опције савременог хирушког лечења су трансканаликуларни приступи и интрадискалне процедуре.

У трансканаликуларне приступе сврставамо стандардну интеламинектомију, хемиламинектомију и ламинектомију са дискектомијом, као и сада најчешће примењивану микродискектомију.



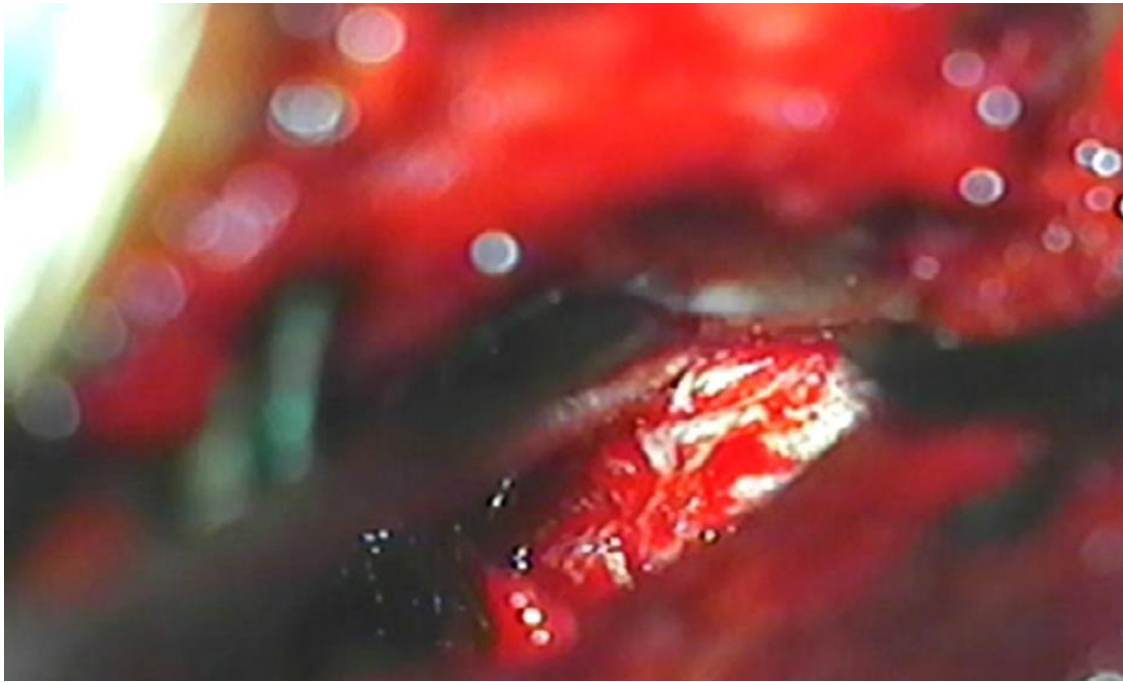
Слика 15: Операциона сала



Слика 16: Микроскоп ZEISS OPMI Vario/NC

Слике преузете из личне архиве.

Побољшана илуминација и могућност увећачања показују предност у односу на, до тада, примењиване методе и микродискектомија постаје златни стандард оперативног лечења лумбалне дискус херније. [48,49]



Слика 17: Интраоперативни налаз екстирпације диска у екструзији

Преузето из личне архиве оператора

Од 10% до 15% болесника, код којих је индиковано оперативно лечење лумбалне дискус херније, су погодни за примену интрадискалних, минимално инвазивних метода. Предуслови који морају бити испуњени за примену минимално инвазивних процедура се очуван континуитет *anulus fibrosus*-а и хернијација дискуса изнад нивоа L5/S1, због неповољног приступног угла овом нивоу.

У групу минимално инвазивних, интрадискалних приступа се сврставају перкутана ендоскопска дискектомија, аутоматизована перкутана лумбална дискектомија, перкутана ласерска дискектомија, примена интрадискалне радиофреквентне термокоагулације, апликација химопапаина у циљу хемонуклеолизе[50] и интрадискална и интрафораминална апликација кисеоника озона.[51]

Није утврђена статистички значајна разлика између група болесника који су оперисани минимално инвазивним методама и микродискектомијом, у смислу времена трајања операције, дужине боравка у болници, неуролошком исходу, као и регресији бола [52] Према подацима које добијамо из других студија потреба за лековима и дужина боравка у болници је статистички била значајно мања код примењених минимално инвазивних метода, док је исход лечења, губитак крви, појава компликација као и дужина операције иста као и код микродискектомије. [53]

У Клиничком центру Крагујевац се не примењују минимално инвазивне процедуре у терапији лумбалне дискус херније.

Компликације оперативног лечења лумбалне дискус херније.

Могуће компликације оперативног лечења лумбалне дискус херније су прогресија преоперативно присутног неуролошког дефицита или развој новог неуролошког дефицита, као последица повреде корена спиналног нерва. Потенцијалне компликације са оперативном раном су појава ликвореје на терену дуротомије, развој хематома и постоперативна инфекција оперативне ране [54]. До лезије тврде мозданице долази у око 7,6% болесника оперисаних од лумбалне дискус херније, док се у случају ревизионих операција овај проценат повећава на 15,9%. Интраоперативна компликација која мора бити одмах препозната је повреда ретроперитонеалних васкуларних елемената, јер у супротном може бити фатална[55]. Под оперативном компликацијом подразумевамо и појаву рецидива дискуса на истом нивоу. Рецидивантна дискус хернија се дефинише као поновно јављање бола у истом нивоу, након шестомесечног асимптоматског периода. Реоперација је због ове компликације неопходна у око 5% случајева[56,57].

Према подацима из литературе, једна од најчешћих компликација операције је приступ неодговарајућем нивоу. Фактори ризика за ову компликацију су појава дискуса изнад L5/S1 нивоа и старосна доб изнад педесет пет година. Учесталост приступа погрешном нивоу се процењује на 4,5 случајева на 10 000 оперисаних болесника.

Факторима који смањују вероватноћу грешке се сматра детаљна преоперативна припрема и интраоперативна примена радиографије.[58,59]

Инфекција је ретка али озбиљна хируршка компликација. Погоршање бола у леђима са појавом спазма паравертебралне мускулатуре, могу да буду клинички знаци инфекције у региону операције лумбалне дискус херније. Стопа седиментације и ниво Ц-реактивног протеина су повишени, док фебрилност и леукоцитоза могу бити одсутни. Третман укључује дуготрајну примену антибиотика. Код упорних инфекција некада је неопходна ревизија оперативног поља. Профилактичка, преоперативна примена цефазолина смањује појаву постоперативних инфекција оперативног поља. Апликација, локално, гентамицина у интервертебрални простор, такође смањује инциденцу појаве локалне инфекције.

Обезбољавање болесника се, оперативним лечењем лумбалне дискус херније, постиже код око 90% болесника и брже него конзервативним опцијама лечења. Дугорочно анализирано, резултати оперативног и конзервативног лечења су слични. [60]

Резултати оперативног лечења су, генерално, лошији код старијих болесника у односу на млађе пацијенте. Као разлог лошијих постоперативних резултата и одржавања бола се сматра да код болесника старијих од седамдесет година 80% дискуса који доводи до хернијације чини фиброзно ткиво анулуса, док је код млађих пролабирани део дискуса желатинозни nucleus pulposus, чијим уклањањем се одстрањује компресивни ефекат. Други разлог веће успешности оперативног лечења код млађих је недвосмислено потврђена чешћа појава лумбалне дискус хеније на нижим нивоима лумбосакралне кичме, док се код старијих болесника ЛДХ чешће јавља у кранијалнијим сегментима. [61] Упркос могућим компликацијама оперативно лечење лумбалне дискус херније знатно брже доводи до повлачења тегоба код пацијената у односу на конзервативне методе лечења. [62]

1.4.3. Физикална терапија

Постоперативно је пацијенту дозвољено окретање у постељи. Болесник устаје након 24 сата од операције. Трећег постоперативног дана се интензивира активност. Лакше вежбе за јачање леђа се започињу након десет дана. У прве четири недеље треба избегавати дуже седење, док у прва три постоперативна месеца треба избегавати дуже вожње. Физикална терапија се спроводи после 6-8 недеља, у стационарним, бањским условима. Постоперативна физикална терапија је кључна за 30%-70% пацијената који имају искуство резидуалног бола [63].

Само 70% болесника се враћа на посао у пуној форми након дванаест месеци од операције [64].

Препоруке које болесници добијају од неурохирурга након операције су јако различите. Пример је савет у вези са седењем, где период „без седења“ варира од два до четрдесет два дана након операције. На физикалну терапију је болеснике ,рутински, упућивало 55% хирурга[65].

Физикална терапија обухвата обуку, савет, вежбе мобилности, вежбе стабилности, прогресивни приступ вежбању и подстицање раног повратка на посао. Физикална терапија почиње четврте недеље након операције и најчешће траје осам недеља.

2. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

Циљеви истраживања су:

1. Дефинисати објективни тест за прецизније испитивање степена радикулопатије код болесника са радиолошки верификованом лумбалном дискус хернијом.
2. Применом платформе са сензорима, преоперативно, утврдити површинску расподелу притиска стопала након плантарне и дорзалне флексије стопала.
3. Утврдити у којој мери оперативно лечење лумбалне дискус херније утиче на постизање правилне површинске расподеле стопала у раном постоперативном току и након завршене физикалне терапије.
4. Показати утицај интраоперативних фактора на постоперативне резултате површинске расподеле.
5. Утврдити побољшање процене моторне слабости применом платформе за мерење површинске расподеле притиска стопала, у односу на процену која се ради стандардним клиничким тестом моторне слабости.

3. МЕТОДЕ

3.1. Тип студије, место и период истраживања, селекција испитаника

3.1.1. Тип студије

Истраживање је спроведено као ретроспективна кохортна студија, заснована на утврђивању површинске расподеле стопала пре и после хируршке интервенције, као и након спроведене физикалне терапије, код болесника са лумбалном дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 и Л5/С1.

3.1.2. Место и период истраживања

Болесници који су обухваћени студијом су оперисани у Клиничком центру Крагујевац, у Центру за неурохирургију, у периоду од децембра 2014. до фебруара 2018. године.

3.1.3 Селекција испитаника

У студију су учествовали сви болесници старији од осамнаест година који болују од лумбалне дискус херније, на нивоу Л4/Л5 и Л5/С1, доказане нуклеарном магнетном резонанцом, код којих је постављена апсолутна индикација за оперативним неурохируршким лечењем, а на основу присуства моторног дефицита.

Критеријуми за искључивање из студије су некомплетни подаци у историји болести и осталој медицинској документацији, као и постојање удружених повреда или обољења које могу утицати на резултате теста.

Подаци за студију су добијени из историја болести: подаци о годинама старости, полу, главним тегобама, клиничком статусу, неуролошком дефициту, као и подаци о резултатима снимања лумбосакралног региона нуклеарном магнетном резонанцом. Код сваког пацијента је уписан тип оперативног приступа. За сваког болесника су регистровани добијени резултати мануелним мишићним тестом, који су радила два лекара на пријему у Центар за неурохирургију и резултати добијен применом платформе за расподелу притиска.

Сви испитаници у студији су упознати са циљем тестирања, врстом и начином извођења теста и добровољно пристали на испитивање.

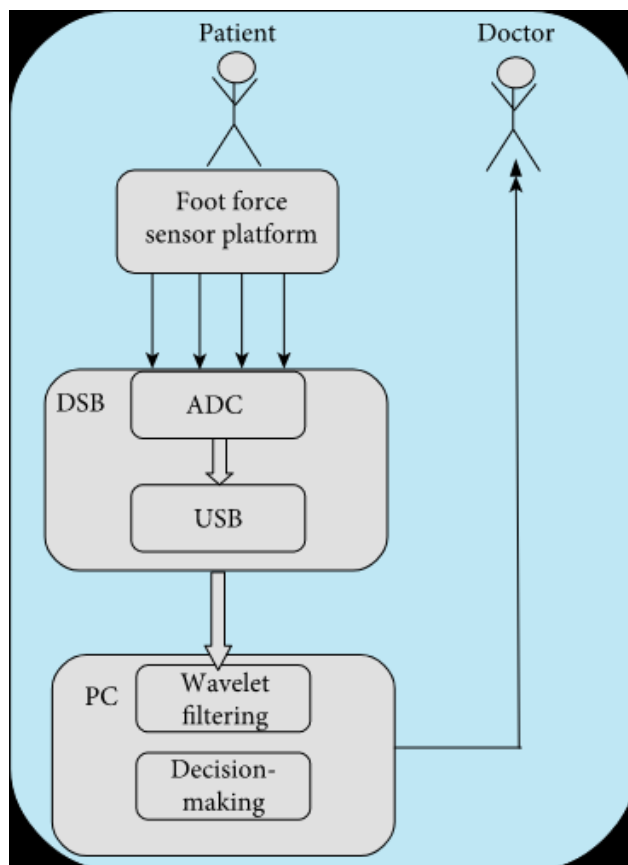
3.1.4. Праћење испитаника и инструменти мерења

Праћење болесника је спроведено од пријема у болницу до завршетка физикалног лечења у стационарним бањским условима. Период праћења сваког болесника је био од четири месеца до годину дана.

Иницијално мерење је спроведено пре оперативног лечења дискус херније. Наредно мерење је обављено након седам дана од операције. Треће мерење је урађено након завршене физикалне терапије у стационарним бањским условима.

За сва мерења је примењена оригинална платформа за мерење расподеле притиска стопала. Мерење се започиње тако болесник стане на мерну платформу са оба стопала. Бележе се вредности површинске расподеле стајањем на прстима и потом на петама. Мерна платформа се састоји из осам сензора, две мерне плоче, развојног система са микроконтролером и апликације на рачунару. Систем је опремљен сензорима за мерење силе притиска, који могу мерити силу о опсегу од 0 до 445N. Сензори су распоређени према специфичном распореду који одговарају људском стопалу, по четири сензора на свакој мерној плочи. Због различите величине стопала, а због прецизности мерења, напред су конструисана три сензора који детектује ослањања у пројекцији главица метатарзалних костију. Као улазне вредности за обраду се користи просечна вредност ослањања на исте. Ослањање на петну кост */calcaneus/* мерено је једним *Flexi Force* сензором, на свакој плочи.

3.2. Мерно-аквизициони систем

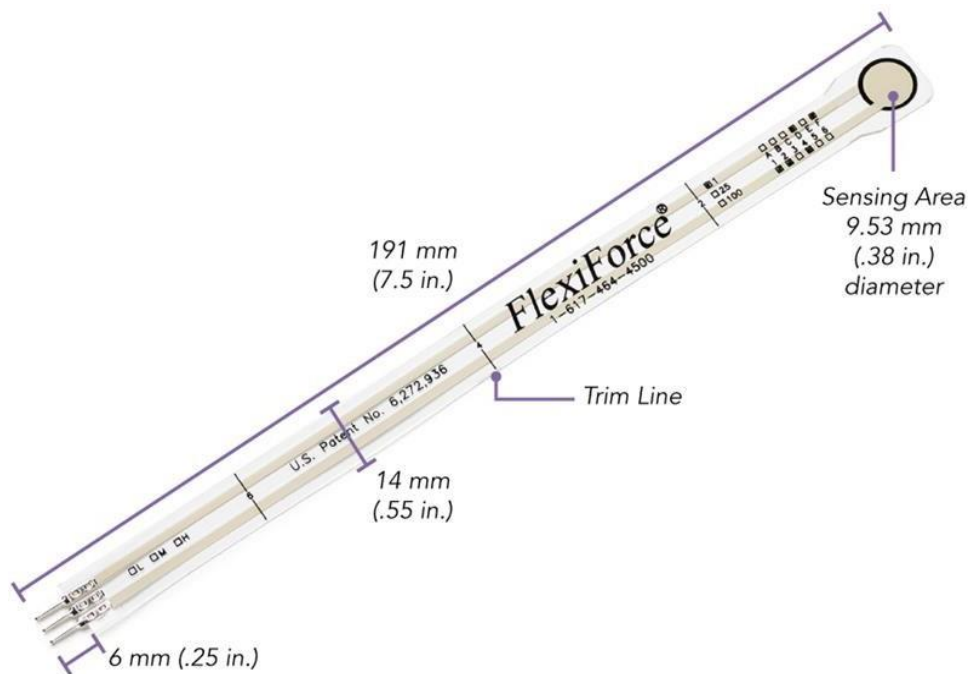


Слика 18: Схематски приказ мерно-аквизиционог система

Преузето из: Peulić M, Joković M, Šušteršič T, Peulić A. A Noninvasive Assistant System in Diagnosis of Lumbar Disc Herniation. *Comput Math Methods Med.* 2020;2020:6320126.

3.2.1 Flexi force сензор

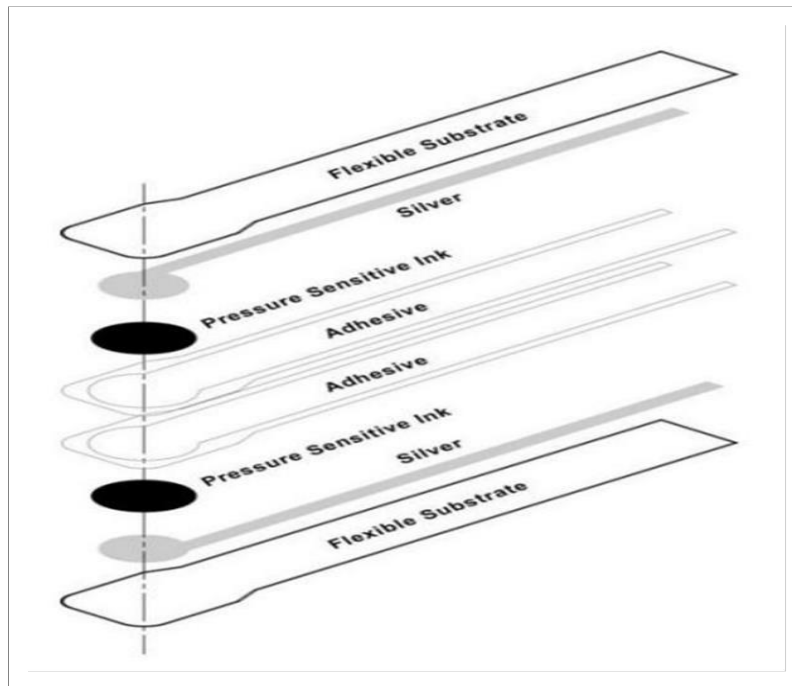
По дефиницији сензор је уређај који служи да се њиме мери физичка величине и да конвертује очитану вредност у сигнал који може да очита посматрач или други инструмент. Под идеалним сензором бисмо подразумевали уређај на који никакав утицај немају објекти из окружења, нити он сам има утицај на мерени објекат. Идеална карактеристика сензора је и линеарно мерење у целом опсегу мерених вредности. Нажалост, овакве карактеристике су у пракси неоствариве. Из тих разлога дефинишемо осетљивост сензора као однос између измерене и стварне величине. Значајна карактеристика сензора је и његова резолуција, а под њом подразумевамо најмању промену коју сензор може да детектује на мерној величини. Отуда осетљивост и резолуција одређују прецизност мерног уређаја, сензора. Прецизност је одређена и параметром који називамо репродуктивност, а која представља грешку излазног сигнала, као последице немогућности сензора да при истом побудном сигналу даје исту излазну вредност. Flexi force сензори A201, фирме *Tekscan* представљају сензоре за мерење притиска између две површине. Карактеристике овог сензора су га наметнуле као наш избор за примену. Flexi force сензор је издржљив, направљен од полиестера. Примењени сензор је флексибилан и ултра танак, дебљине око 0,2мм. Одликује га линеарност у мерном опсегу, велика тачност и најмања температурна осетљивости у радном опсегу, у односу на остале сензоре сличне конструкције. Температурни опсег рада овог сензора је од -40°C до 60°C. Једна од карактеристика сензора која га је фаворизовала је и његова цена.



Слика 19: Flexi force сензор модел 201А

Преузето из: *Tekscan, Pressure mapping, force measurement and tactile sensors*. Доступно на: <http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors/>

Сензор је конструисан у два слоја и подлоге која је сачињена од полиамида или полиестера, зависно од радног температурног опсега у којем је предвиђен поуздан рад сензора. На сваком слоју је постављен проводан материјал, сребро, са слојем мастила које је осетљиво на додир. Лепљива материја се користи да стањи и слепи два слоја подлоге заједно. Сребрни круг на врху сензора, на коме се налази мастило осетљиво на додир, представља активно подручје. Сребрни слој простире се од врха сензора па све до конектора за повезивање који се налазе на другом крају сензора.

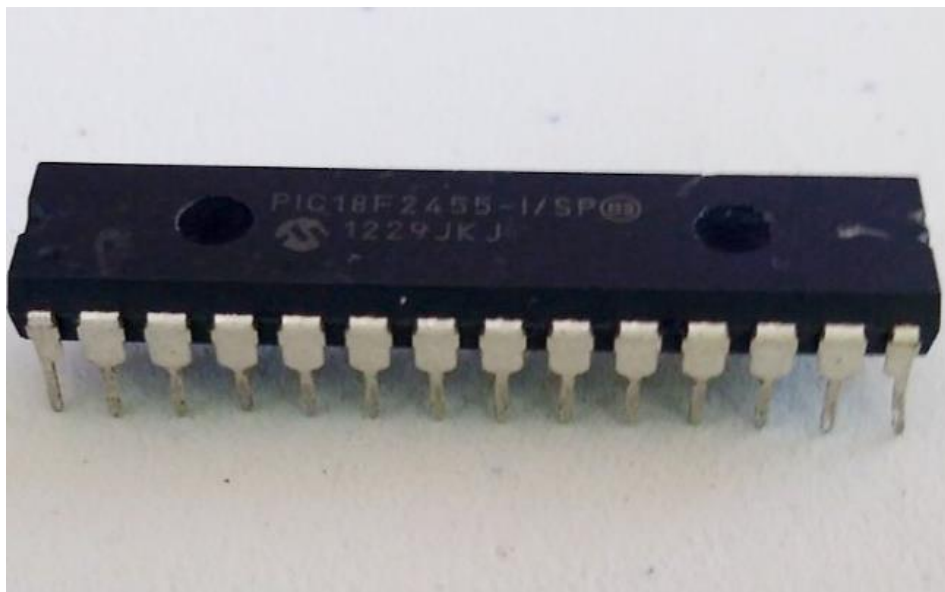


Слика 20: Попречни пресек примењеног сензора

Преузето из: *Tekscan, Pressure mapping, force measurement and tactile sensors*. Доступно на: <http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors/>

3.2.2. Микроконтролер

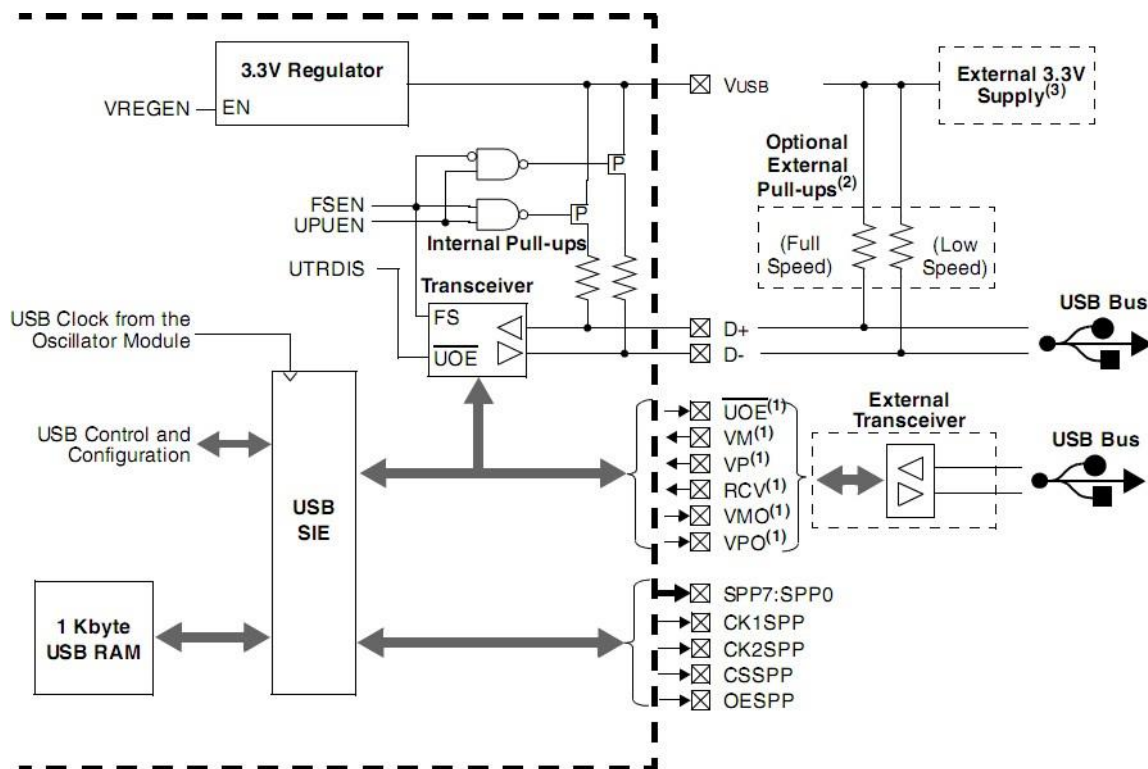
Микроконтролер је дигитални склоп намењен за дигитално процесирање сигнала, који се у општем случају састоји из интегрисаних модула који су међусобно повезани и чине архитектуру микроконтролера.



Слика 21: Микроконтролер

преузето из личне архиве истраживача инжењера

Основни модул је централна процесорска јединица која извршава програм смештен у програмској меморији. За комуникацију са спољним светом користе се улазно-излазни портови. За конверзију и мерење аналогних сигнала интегрисан је аналогно-дигитални конвертор са дефинисаним бројем канала у зависности од фамилије микроконтролера. Поред наведених модула, сваки микроконтролер има тајмере, дигитално-аналогни конвертор, меморију за податке, модуле за комуникацију са РС рачунаром и другим дигиталним уређајима.



Слика 22: Архитектура микроконтролера
 преузето из личне архиве истраживача инжењера

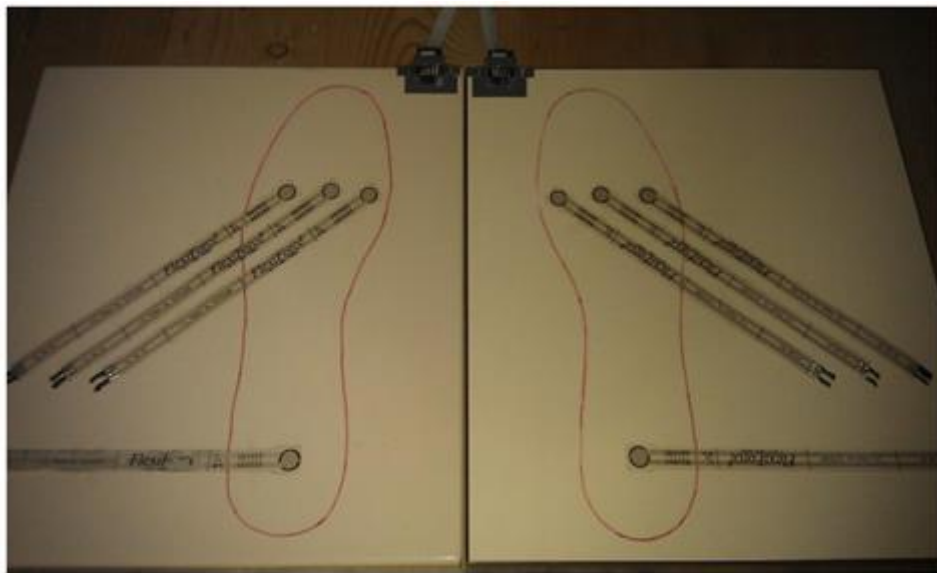
3.3. Платформа система за мерење

Преносиви електронски системи постају део рутинске клиничке праксе, а синергизам медицине и електронике је увелико присутан у дијагностици и терапији болесника. [66,67]

Системи за површинску расподелу притиска стопала нашли су своју примену код болесника који болују од шећерне болести и реуматоидног артритиса, у анализи хода након оперативног лечења колена, али и у развоју спортске опреме и превенцији повреда. [68-72]

У конструкцијском смислу, платформу за мерење расподеле притиска стопала смо реализовали као две идентичне плоче, чије су странице димензија тридесетдва и тридесет центиметара, са идејом да задовоље својом површином сваку величину стопала.

Незаобилазна компонента развојног система је микроконтролер који се користи за аквизицију података. За мерење и приказивање резултата мерења на рачунару развијена је апликација у програмском пакету Visual Studio C#. Тачност мерења дефинисана је калибрацијом коју гарантује произвођач сензора, а тачност система калибрацијом коришћењем еталона тежине.

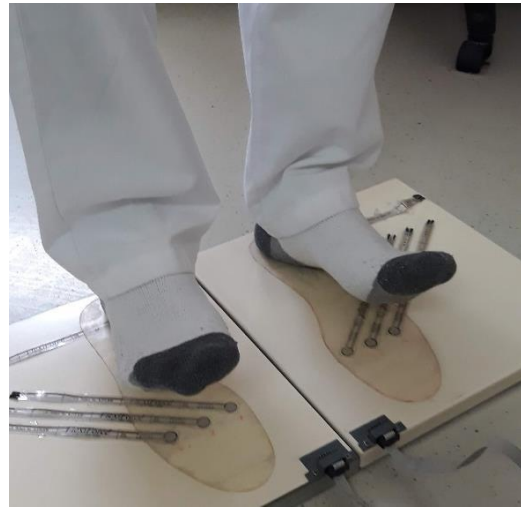


Слика 23: Оригинална платформа за одређивање површинске расподеле притиска стопала

Преузето из личне архиве



Слика 24. Плантарна флексија стопала



Слика 25. Дорзална флексија стопала

Примена платформе у испитивању површинске расподеле притиска при плантарној и дорзалној флексији, преузето из личне архиве.

Плоче су направљене од тврдо пресованог дрвета преко којег је пресвучен милиметарски слој кант траке. Како би подлога била што равнија и углачана, плоче су премазане лаком, чиме је могућност постојања неравнина сведена на минимум. На обе плоче симетрично су распоређена по четири Flexi force сензора који могу мерити силу до 445 N[73]. Како би систем сензора био заштићен од физичких оштећења, газна површина је пресвучена слојем гуме, дебљине 1mm. Конектори за повезивање сензора су проводницима повезани на крајеве плоча на којима се налазе конектори који служе за повезивање платформе система за мерење са картицом за аквизицију преко тракастог лицнастог (flet) кабла.

Зависно од тренутне вредности притиска, сензор као излазну информацију генерише одговарајућу аналогну вредност напона у опсегу од 0V до 5V. Генерисану вредност напона мери микроконтролер помоћу интегрисаног аналогно-дигиталног конвертора. Резолуција аналогно-дигиталног конвертора је 10 бита што значи да може мерити напоне у опсегу од 0V до 5V са прецизношћу од 2mV.

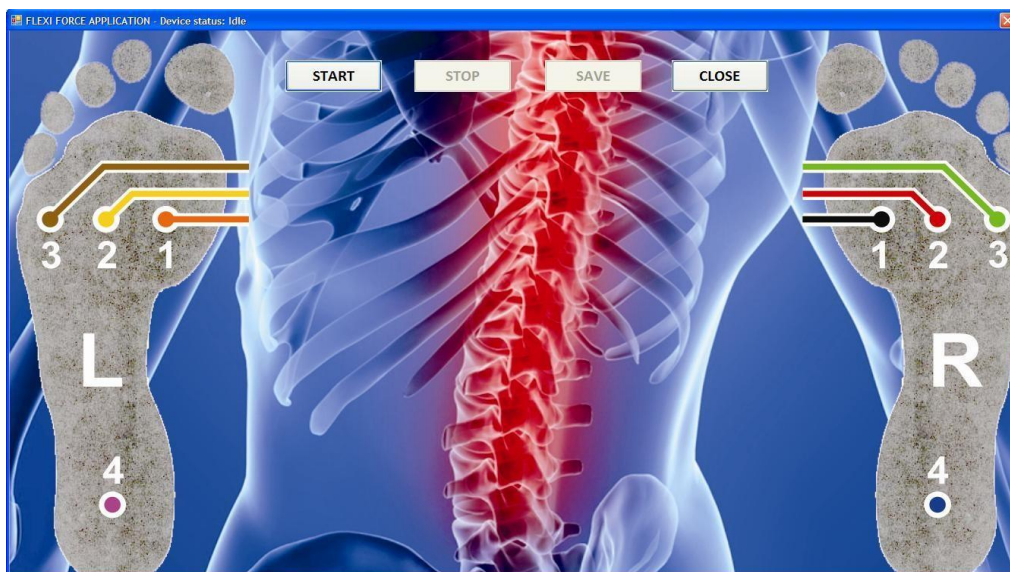
Пакет са мереним подацима који микроконтролер шаље рачунарској апликацији састоји се од осам бајтова. Сваки пакет почиње са старт бајтом који увек има познату вредност 0xAA. Након старт бајта следе адреса пошиљаоца (микроконтролера) и адреса примаоца (адреса рачунарске апликације). Четврти бајт је резервисан за тип пакета. Пети и шести бајт представљају мерену десетобитну вредност напона аналогно-дигиталног конвертора за први канал, седми и осми бајт за други канал, девети и десети за трећи канал,

једанаести и дванаести за четврти канал, тринаести и четрнаести за пети канал, петнаести и шестнаести за шести канал, седамнаести и осамнаести за седми канал и деветнаести и двадесети бајт за осми канал. Прво се шаље бајт ниже вредности па бајт више. Двадесет први бајт је чек сума пакета. Представља логичку операцију над свим претходним бајтовима и служи за проверу валидности пакета.

3.4. PC апликација

Рачуарска апликација прихвата пакете које шаље микроконтролер, проверава валидност примљених података, издваја део пакета са информацијом од сензора, приказује је графички у реалном времену, прорачунава и приказује средње вредности и средње квадратне вредности за предња три сензора обе ноге и чува табелу мерених вредности у .txt документу.

Чување података са сензора у документу омогућава кориснику да након истека одређеног времена прикупљања информација са сензора, прикупљене вредности учита у програмски пакет MATLAB или развојно окружење сличне намене за даљу обраду података. Графички приказ мерених вредности у реалном времену може се у сваком моменту снимити као слика, одштампати или увећати одређени део графика ради боље прегледности мерених вредности. Главни прозор корисничке апликације приказан је на слици 24.

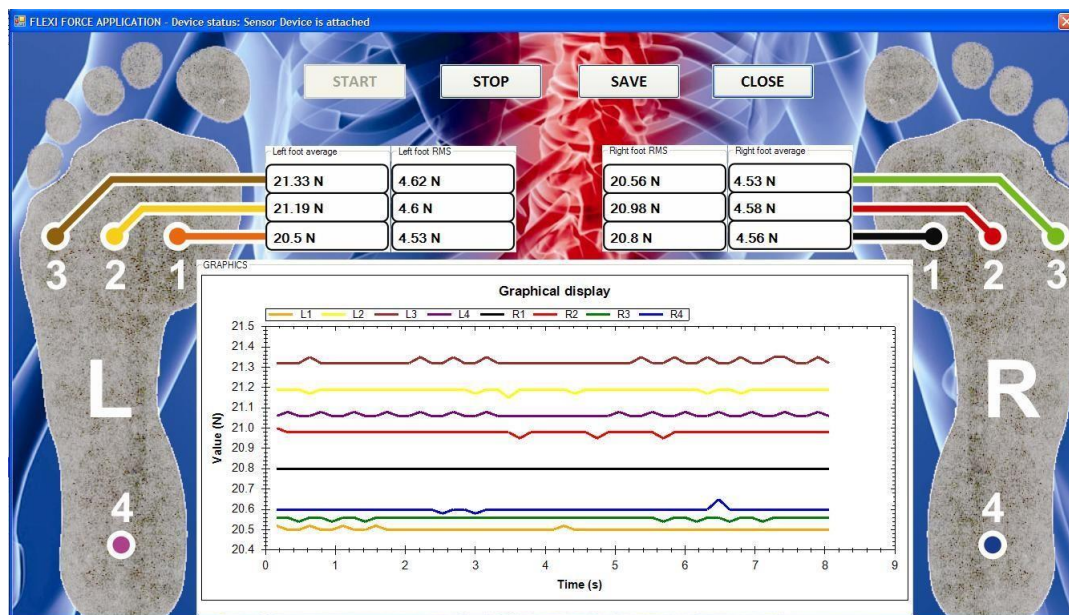


Слика 26. Главни прозор корисничке апликације

Преузето из личне архиве

Главни прозор корисничке апликације садржи четири дугмета за интеракцију са корисником, лекаром. По покретању апликације кориснику су доступна само опције тј. дугме START и дугме CLOSE. Мерење започиње притиском на дугме START, пре чега је неопходно повезати картицу за аквизицију са рачунаром преко USB кабла. Након успешног повезивања апликације са микроконтролером, мерене вредности са сензора, односно платформе система за мерење, постају доступне кориснику у виду графичког приказа њихове промене током времена. Добија се увид у средњу вредност резултата мерења са предња три сензора и вредности мерења са задњег сензора леве и десне ноге.

Техника мерења се састоји у томе да болесник стане са оба стопала на платформу за мерење површинске расподеле притиска стопала, при чему петама стане на задњи сензор, док се главама метатарзалних костију ослони на предња три сензора. Мерење се започиње стајањем на прстима чиме се активирају предњи сензори. Затим се поново врати у почетни положај ослањања читавим стопалом, да би у наставку мерења пацијент стао на пете, чиме се активира, четврти, задњи сензор. На апликацији рачунара се, у реалном времену, графички, приказују промене силе притиска на сензоре. Просечно, мерење траје око 5 минута. Лекару је доступна опција меморисања нумеричких вредности и графикана.



Слика 27: Главни прозор корисничке апликације током времена мерења

Преузето из личне архиве

Мерење је у сваком тренутку могуће зауставити притиском на дугме STOP. Тиме се даља комуникација апликације са картицом за аквизицију прекида, а корисник може притиском на дугме SAVE снимити мерене податке у текстуални документ, као и сачувати слику са графика.



Слика 28: Приказ комплетног мерно-аквизиционог система

преузето из личне архиве



Слика 29: Приказ примене мерно-аквизиционог система

преузето из личне архиве

3.5. Статистичка обрада података

Континуалне варијабле су сумиране као средње вредности и стандардне девијације, односно као медијана и интерквартилни рангови (IQR 25-75 percentiles), у зависности од резултата испитивања нормалне расподеле помоћу Shapiro-Wilk теста ($p < 0,05$ - подаци не прате нормалну расподелу). Категоријална обележја су приказана као апсолутне и релативне фреквенције (број/пропорције/процент заступљености одређене категорије). У зависности од нормалности расподеле значајност разлике између континуалних обележја је испитана АНОВА тестом, односно непараметарском алтернативом, Фридман-овим тестом (три мерења, исти испитаници). Повезаност независних варијабли и континуалног исхода, је испитана мултиплом линераном регресијом, при чему је јачина везе изражена помоћу вредности коригованог коефицијента корелације са припадајућим 95% интервалом поверења (95% Confidence Interval), уз истовремено одређивање коефицијента детерминације. Испитали смо и тачност платформе за површинску расподелу притиска у процени опоравка болесника након операције и бањске физикалне терапије, тако што смо израчунатли сензитивност и специфичност ове методе у односу на условно речено, „златни стандард“ (клинички тест моторне слабости) и одредили граничне вредности нумеричке варијабле добијене новом методом на ROC кривој које одговарају вредностима на скали резултата добијених клиничким прегледом моторне слабости.

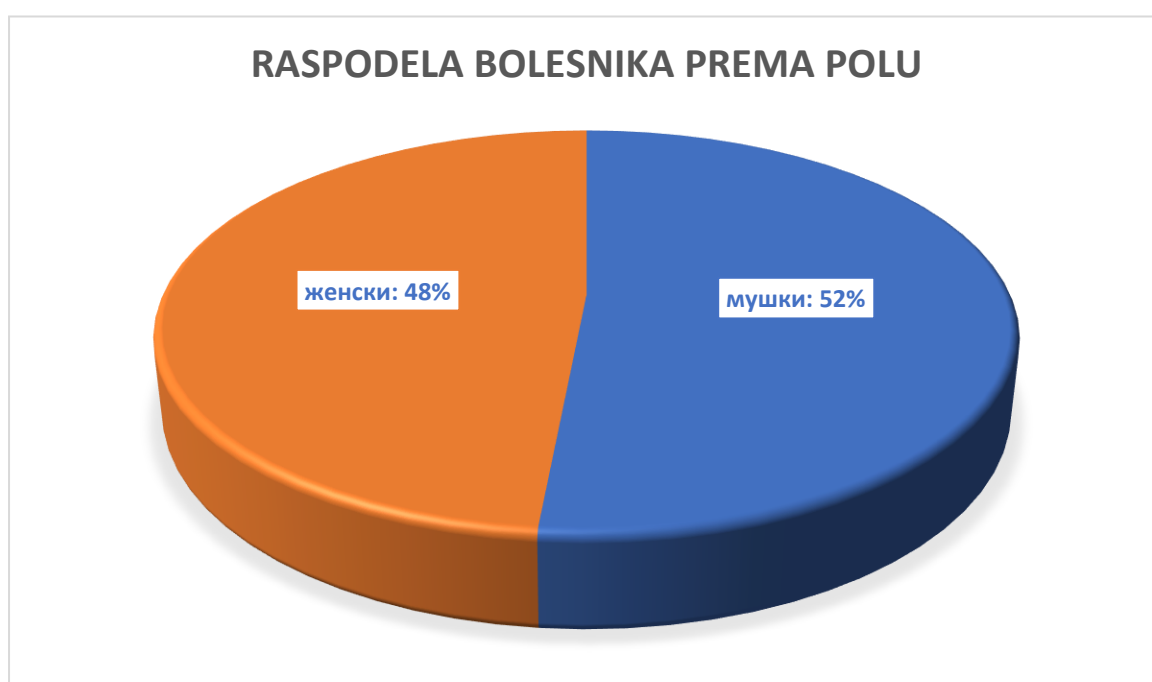
Ниво статистичке значајности у свим анализама је подешен на 0,05. Сви прорачуни су урађени у комерцијалном програму SPSS, верзија 20.

4. РЕЗУЛТАТИ

4.1 Демографске карактеристике испитаника.

У студију је укључено тридесет три испитаника. Седамнаест болесника(51,5%) је било мушког пола и шеснаест(48,5%) женског пола. Није постојала статистички значајна разлика међу половима ($p=0,862$).

График 1: Расподела болесника према полу.



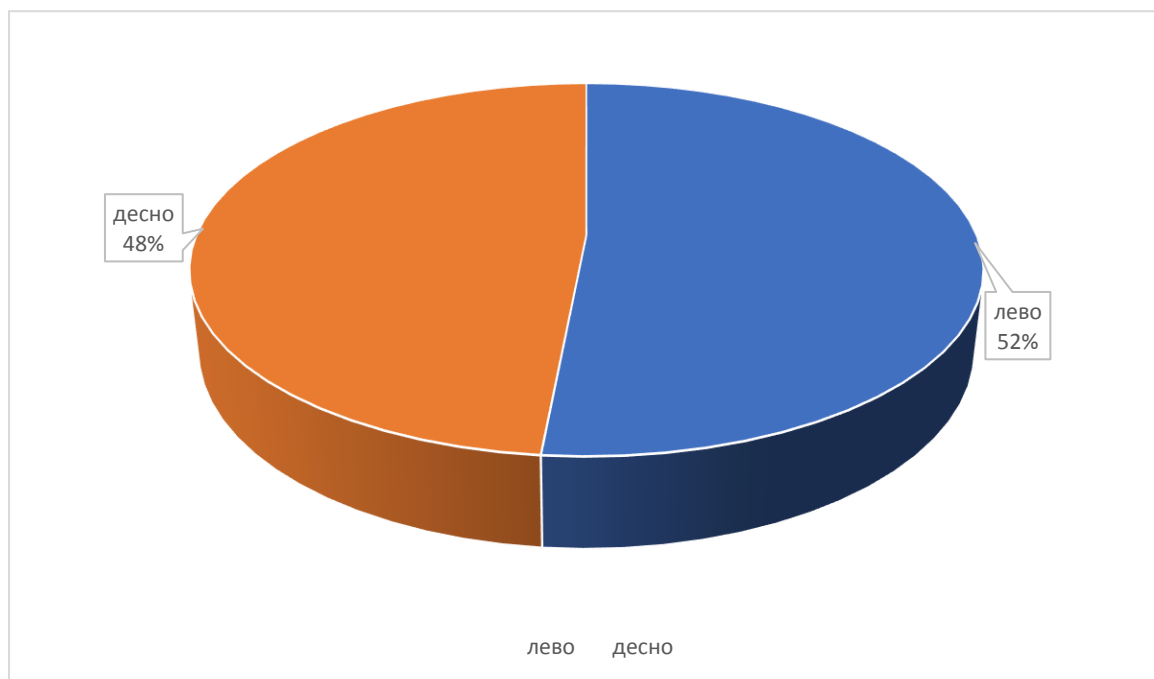
Просечна старост испитаника била је 42 године. Најмлађи испитаник је имао 20, а најстарији 68 година. Остале карактеристике испитаника као што су Индекс телесне масе, године и висина приказане су у **табели 3**.

Табела 3: Основне социодемографске карактеристике болесника.

Испитивана варијабла	Број испитаника		статистичка значајност(п вредност)
Пол	мушки	17(51,5%)	p=0.862
	женски	16(48,5%)	
Индекс телесне масе(ИТМ); Body mass index(ВМІ)	<18	0	
	18-25	15(45,5)	
	25-30	13(39,4)	
	30-40	3(9,1)	
	>40	0	
	минимум	максимум	стандардна девијација
године	20	68	12,852
телесна висина(cm)	154	193	9,358
телесна тежина(kg)	50	115	16,684

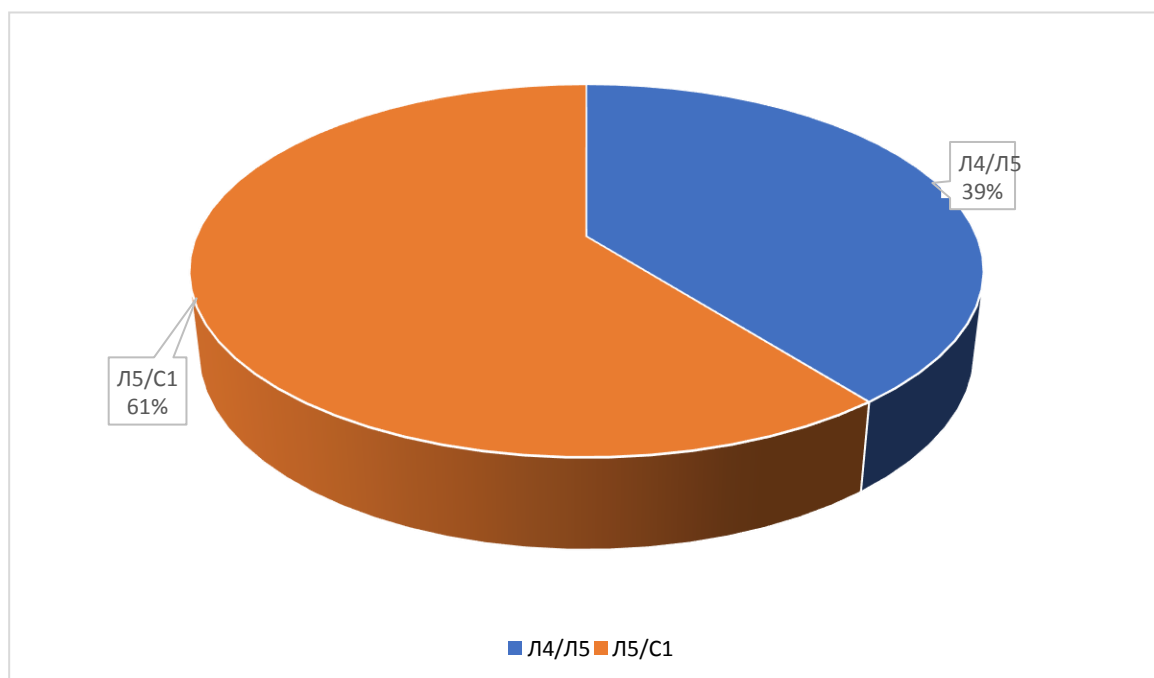
Код 17(51,5%) испитаника дискорадикуларни конфликт је био са леве стране, док је са десне стране био присутан код 16(48,5%) испитаника. Није постојала статистички значајна разлика у дистрибуцији стране на којој се дискус хернија налази између испитаника $\chi^2(1) = 0,030$ $p=0,862$).

График 2: Дистрибуција страна на којима се налази дискус хернија.



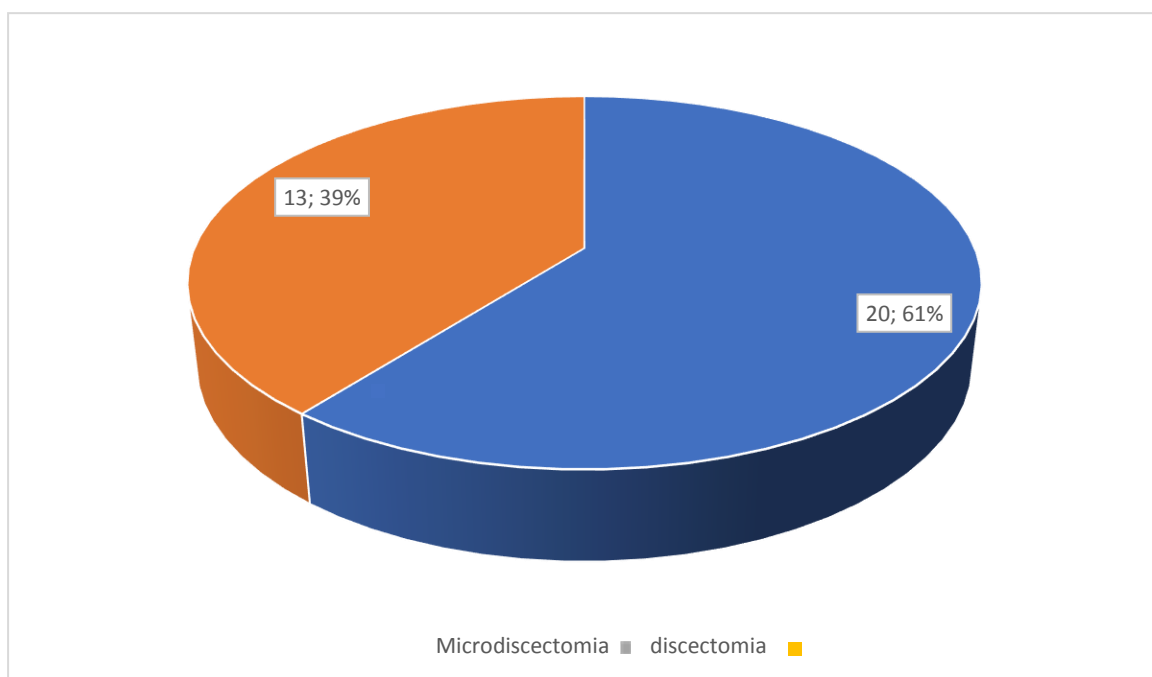
Код 13(39,39%) испитаника дискус хернија је дијагностикована на нивоу Л4/Л5, док је на нивоу Л5/С1 била присутна код 20(60,61%) испитаника. Није постојала статистички значајна разлика у дистрибуцији нивоа на којем се дискус хернија налази између испитаника($\chi^2(1)= 1,485$ $p=0,223$).

График 3: Дистрибуција нивоа на којем се налази дискус хернија.



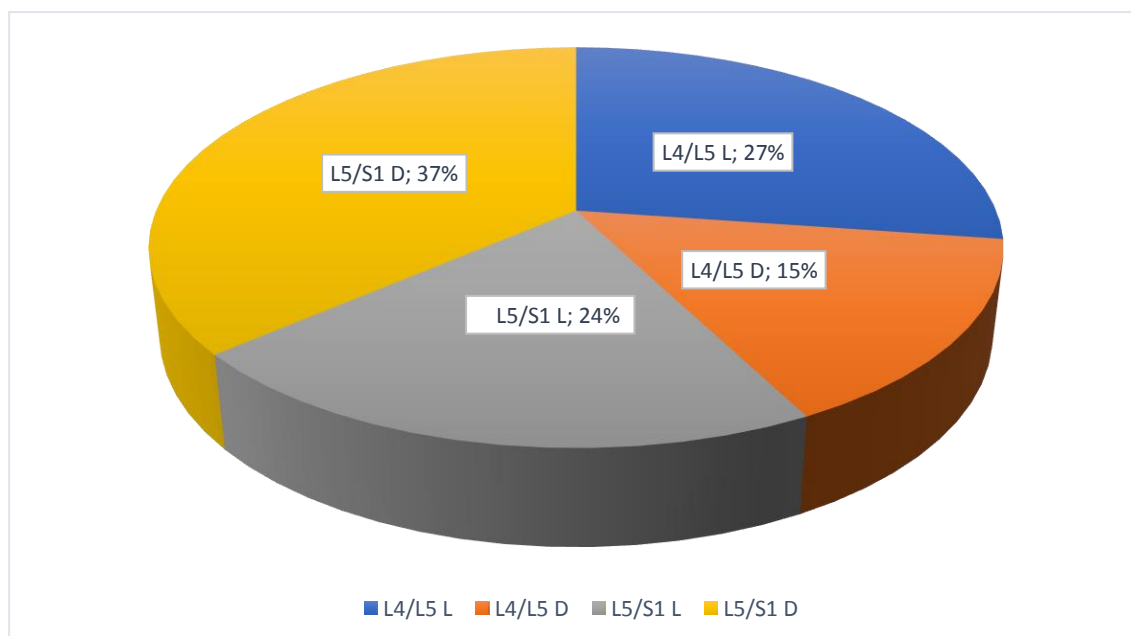
Код 20(60,6%) испитаника урађена је микродиссектомија, а код 13(39,04) диссектомија. Није постојала статистички значајна разлика у броју и дистрибуцији испитаника са различитим типовима операција ($\chi^2(1) = 1,48$ $p=0,223$).

График 4: Дистрибуција испитаника у односу на тип операције.



Статистичка анализа дистрибуције нивоа дискус херније у комбинацији са страном на којој се налази дискус хернија није показала значајну разлику међу испитаницима $\chi^2(3) = 3,970$ $p=0,256$

График 5: Расподела болесника у односу на ниво лумбалне дискус херније.



Табела 4: Ниво, страна и тип операције код испитаника.

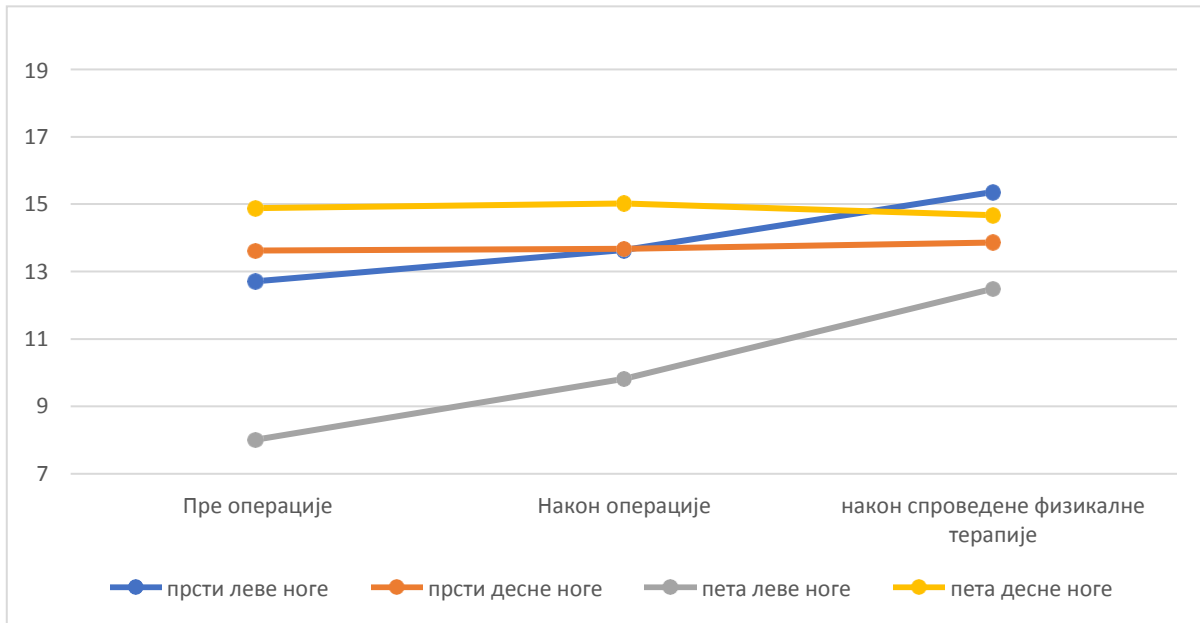
Испитивана варијабла	Број испитаника	Статистичка значајност
Ниво лумбалне дискус херније	Л4/Л5 десно	4(12,1%)
	Л5/С1 десно	12(36,4%)
	Л4/Л5 лево	9(27,3%)
	Л5/С1 лево	8(24,2%)
Страна захваћена дискус хернијом	лева	17(51,5%)
	десна	16(48,5%)
Тип операције	Дискектомија	13(39,4)
	Микродискектомија	20(60,6)

4.2 Резултати мерења добијени платформом за површинску расподелу притиска стопала и оцена ММТ код испитаника са лумбалном дискус хернијом.

Табела 5: Резултати мерења сензорима, добијених код болесника са ДХ на ниво Л4/Л5 са леве стране.

Део тела		преоперативни резултати	постоперативни резултати	резултати по спроведеној физ. терапији
прсти леве ноге	минимум	7,900	6,53	6,04
	максимум	15,37	18,47	19,53
	средња вредност	12,71	13,64	15,36
	стандардна девијација	2,54	3,76	3,94
пета леве ноге	минимум	0,00	3,11	5,77
	максимум	15,06	16,98	20,93
	средња вредност	8,01	9,82	12,49
	стандардна девијација	4,56	4,61	4,79
прсти десне ноге	минимум	9,00	8,13	7,59
	максимум	17,03	17,40	17,55
	средња вредност	13,62	13,67	13,86
	стандардна девијација	2,54	3,47	3,43
пета десне ноге	минимум	5,00	5,22	6,23
	максимум	18,35	18,87	18,87
	средња вредност	14,88	15,02	14,67
	стандардна девијација	4,27	4,33	4,31

График 6: Резултати мерења у различитим временским периодима код болесника са дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 са леве стране.



У табели су приказани резултати мерења добијени код испитаника са дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 са леве стране.

Преоперативно је средња вредности притиска на сензор прстима леве ноге била 12,71 уз стандардну девијацију 2,54. Најмања вредност била је 7,90. Највећа вредност била је 15,37. Постоперативно средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 13,64, уз стандардну девијацију 3,76. Максимална вредност била је 18,47, док је минимална вредност била 6,53. По спроведеној физикалној терапији средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 15,36, уз стандардну девијацију од 3,95. Највећа вредност била је 19,53. Минимална вредност била је 6,04.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор петом била је 8,01 уз стандардну девијацију 4,85. Најмања вредност притиска на сензор била је 0,00 док је максимална вредност у преоперативном периоду била 15,06. Постоперативно средња вредност притиска на сензор била је 9,82, уз стандардну девијацију од 4,61. Минимална вредност била је 3,11, док је максимум био 16,98. Након спроведене физикалне терапије средња вредност била је 12,49 уз стандардну девијацију од 4,79. Најмања измерена вредност износила је 5,77 док је максимална измерена вредност била 20,77.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 17,03 уз стандардну девијацију од 2,54. Најмања вредност била је 9,00 док је највећа вредност била 17,03. Постоперативно средња вредност била је 17,40 уз стандардну девијацију од

3,47. Најмања вредност била је 8,13 док је највећа вредност била 17,40. Након спроведене физикалне терапије средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 13,86 уз стандардну девијацију 3,43. Најмања вредност била је 7,59 док је највећа вредност била 17,55.

При посматрању притиска на сензор петом десне ноге код испитаника са дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 са леве стране средња вредност била је 14,88, уз стандардну девијацију 4,27. најмања вредност била је 5,00 док је највећа измерена вредност била 18,35. Постоперативно средња вредност износила је 15,02 уз стандардну девијацију од 4,33. Најмања вредност била је 5,22 док је највећа вредност била 18,87. Након спроведене физикалне терапије средња вредност износила је 14,67 уз стандардну девијацију од 4,31. Најмања вредност била је 6,23 док је највећа вредност била 18,87.

На основу дијаграма можемо да закључимо да при оперативном лечењу дискус херније на нивоу Л4/Л5 са леве стране, у постоперативном току, као и након физикалне терапије долази до значајног повећања притиска на сензор петом леве ноге.

Табела 6: Резултати мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране

Оцена на ММТ	преоперативно број испитаника(н,%)	Постоперативно број испитаника(н,%)	након спроведене физикалне терапије број испитаника(н,%)
1	0	0	0
2	2(22,2%)	0	0
3	5(55,6%)	2(22,2%)	0
4	2(22,2%)	5(55,6%)	6(66,7%)
5	0	2(22,2%)	3(33,3%)

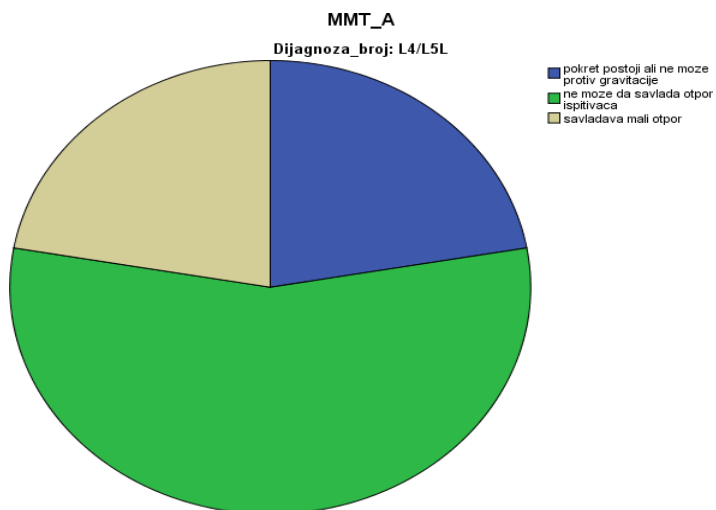


График 7: преоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране.

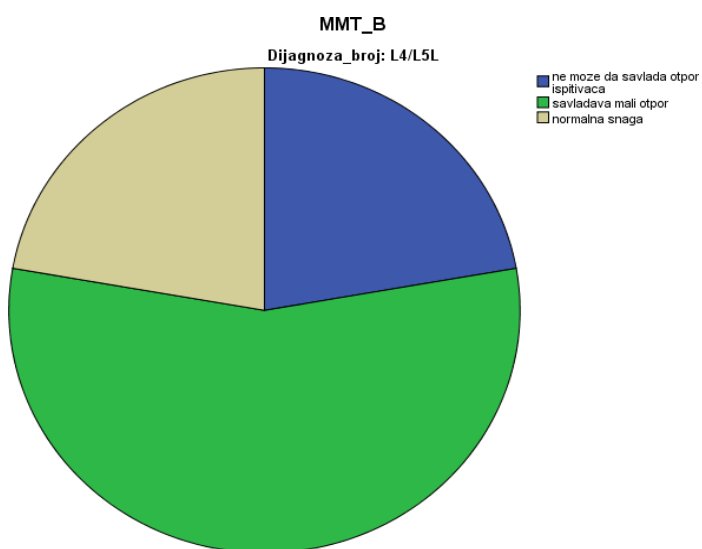


График 8: постоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране.

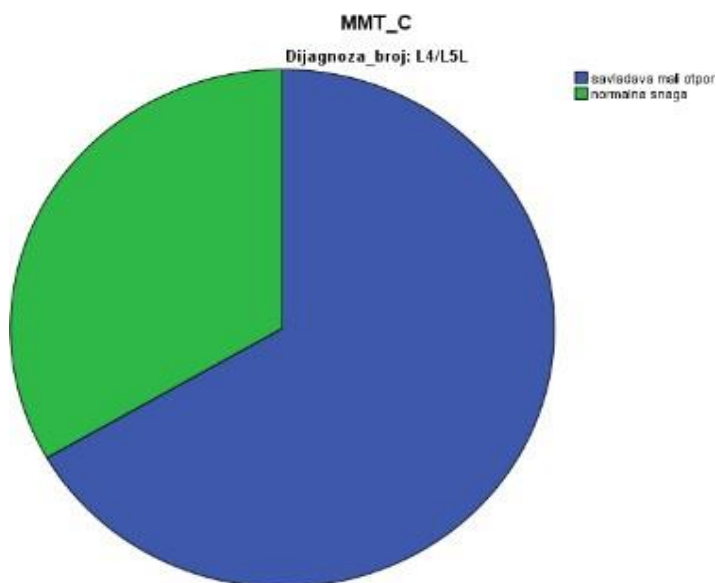


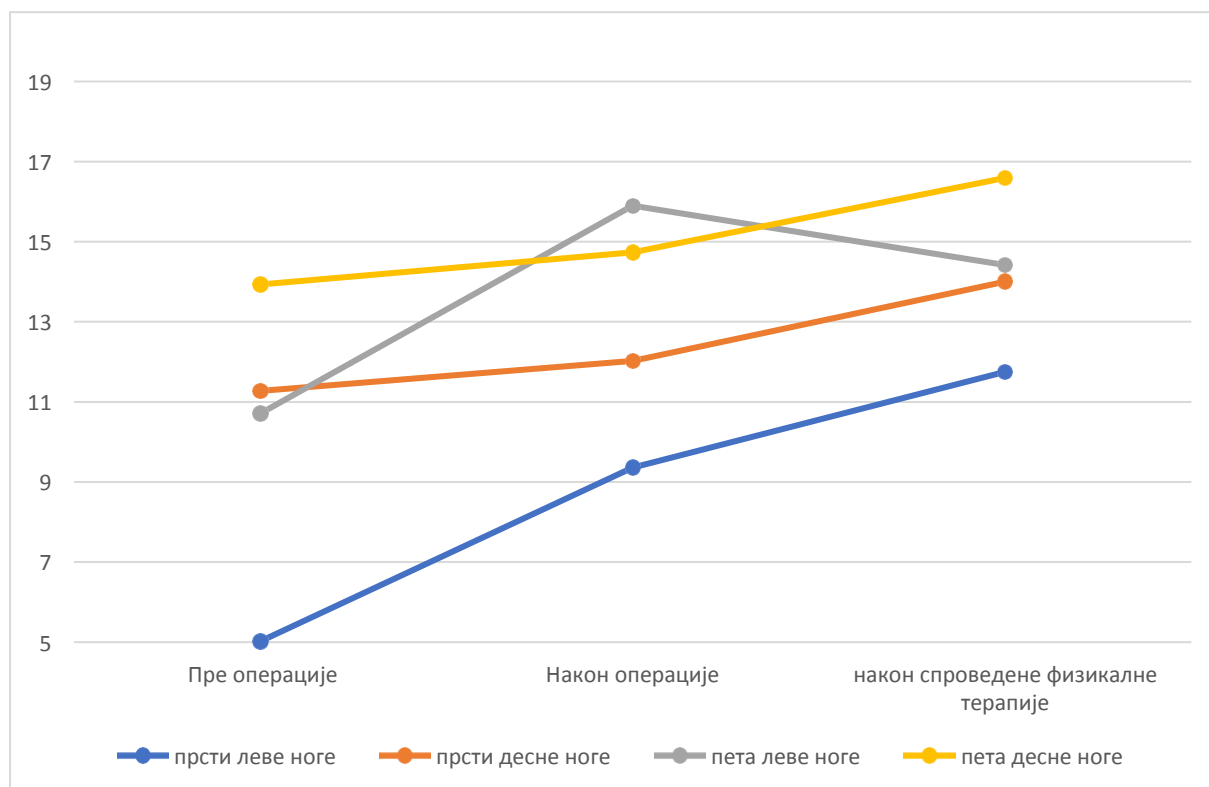
График 9: Оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране након физикалне терапије

Резултати мануелног мишићног теста спроведени преоперативно показују да оцену на мануелном мишићном тесту 2 има два испитаника, оцену 3 петоро испитаника и оцену 4 двоје испитаника. Након оперативног лечења оцену 2 није имао ни један болесник, оцену 3 имало је двоје болесника, оцену 4 имало је петоро болесника и оцену 5 имало је двоје болесника. По спроведеној физикалној терапији оцене од 1 до 3 није имао ни један болесник. Оцену 4 имало је шесторо болесника, а оцену 5 имало је троје болесника.

Табела 7: Резултати мерења добијених сензорима код болесника са ДХ на ниво Л5/С1 са леве стране.

Део тела		преоперативни резултати	постоперативни резултати	резултати по спроведеној физикалној терапији
прсти леве ноге	минимум	2,00	12,28	0,46
	максимум	11,00	21,71	18,68
	средња вредност	5,02	9,36	11,75
	стандардна девијација	3,12	2,65	5,66
пета леве ноге	минимум	0,00	12,28	11,28
	максимум	16,00	21,76	22,16
	средња вредност	10,71	15,90	14,42
	стандардна девијација	5,96	3,36	6,13
прсти десне ноге	минимум	9,00	6,82	1,61
	максимум	14,00	14,19	20,09
	средња вредност	11,27	12,02	14,00
	стандардна девијација	2,05	2,65	5,66
пета десне ноге	минимум	0,00	0,040	13,80
	максимум	20,00	19,609	20,92
	средња вредност	13,93	14,73	16,59
	стандардна девијација	7,23	6,27	2,53

График 10: Резултати мерења у различитим временским периодима код болесника са дискус хернијом на нивоу L5/C1 са леве стране.



У табели су приказани резултати мерења добијени код испитаника са дискус хернијом на нивоу L5/C1 са леве стране.

Преоперативно средња вредности притиска на сензор прстима леве ноге била је 5,02 уз стандардну девијацију 3,12. Најмања вредност била је 2,00, а највећа 11,00. Постоперативно средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 9,36, уз стандардну девијацију 2,65. Максимална вредност била је 21,71 минимална вредност била је 12,28. По спроведеној физикалној терапији средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 11,75, уз стандардну девијацију од 5,66. Највећа вредност била је 18,68, а минимална 0,46.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор петом била је 10,71 уз стандардну девијацију 5,96. Најмања вредност притиска на сензор била је 0,00 док је максимална вредност у преоперативном периоду била 16,00. Постоперативно средња вредност притиска на сензор била је 15,90, уз стандардну девијацију од 3,36. Минимална вредност била је 12,28, док је максимум био 21,76. Након спроведене физикалне терапије средња вредност била је 14,42 уз стандардну девијацију од 6,13. Најмања измерена вредност износила је 11,28 док је максимална измерена вредност била 22,16.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 11,27 уз стандардну девијацију од 2,05. Најмања вредност била је 9,00 док је највећа вредност била 14,00. Постоперативно средња вредност била је 12,02 уз стандардну девијацију од 2,65. Најмања вредност била је 6,82 док је највећа вредност била 14,19. Након спроведене физикалне терапије средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 14,00 уз стандардну девијацију 5,66. Најмања регитрована вредност је била 6,82 док је највећа вредност била 14,19.

При посматрању притиска на сензор петом десне ноге код испитаника са дискус хернијом на нивоу Л5/С1 са леве стране средња вредност била је 13,93, уз стандардну девијацију 7,23. Најмања вредност била је 0,00 док је највећа измерена вредност била 20,00. Постоперативно средња вредност износила је 14,73 уз стандардну девијацију од 6,27. Најмања вредност била је 0,040 док је највећа вредност била 19,609. Након спроведене физикалне терапије средња вредност износила је 16,59 уз стандардну девијацију од 2,53. Најмања вредност била је 13,80 док је највећа вредност била 20,92.

На основу дијаграма можемо да закључимо да при оперативном лечењу дискус херније на нивоу Л5/С1 са леве стране, у постоперативном току, као и након физикалне терапије долази до значајног повећања притиска на сензоре прстима леве ноге, али се повећава и вредност притиска на сензор прстима десне ноге.

Табела 8: Резултати мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране

Оцена на ММТ	преоперативно број испитаника(н,%)	постоперативно број испитаника(н,%)	након спроведене физикалне терапије број испитаника(н,%)
1	0	0	0
2	3(37,5%)	1(12,5%)	0
3	2(25,0%)	3(37,5%)	2(25,0%)
4	3(37,5%)	2(25,0%)	1(12,5%)
5	0	2(25,0%)	8(62,5%)

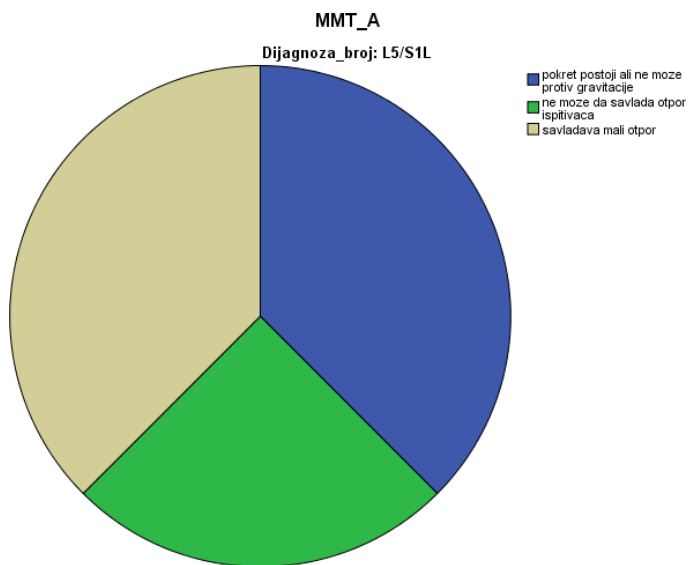


График 11: преоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране.

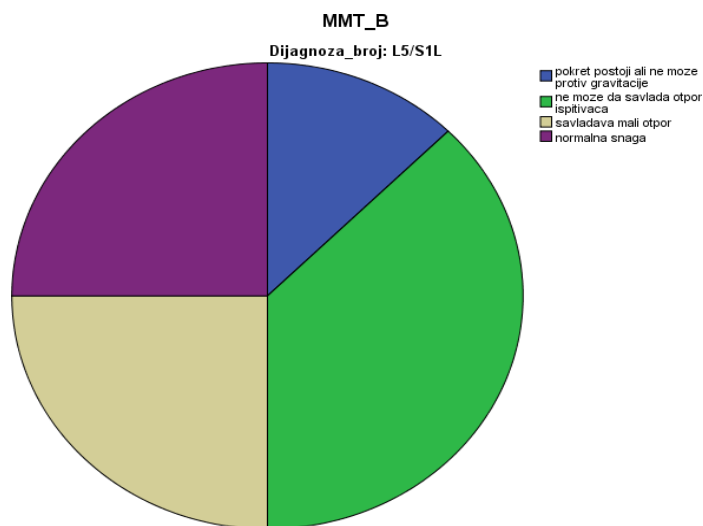


График 12: постоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране.

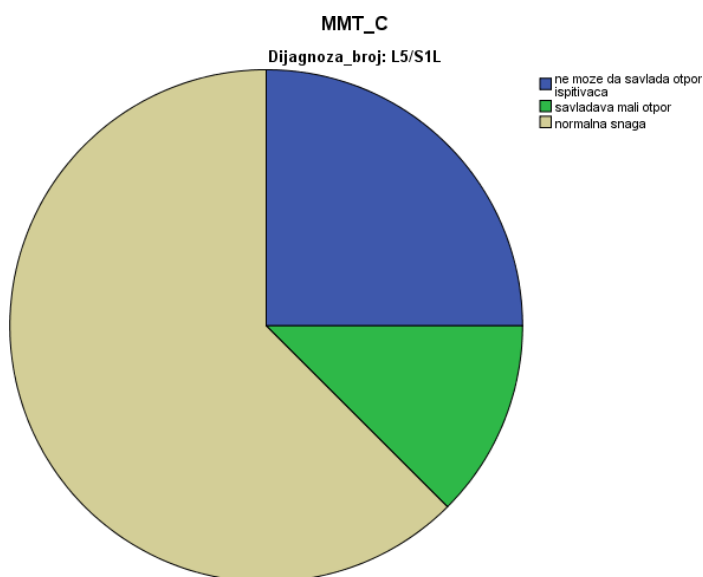


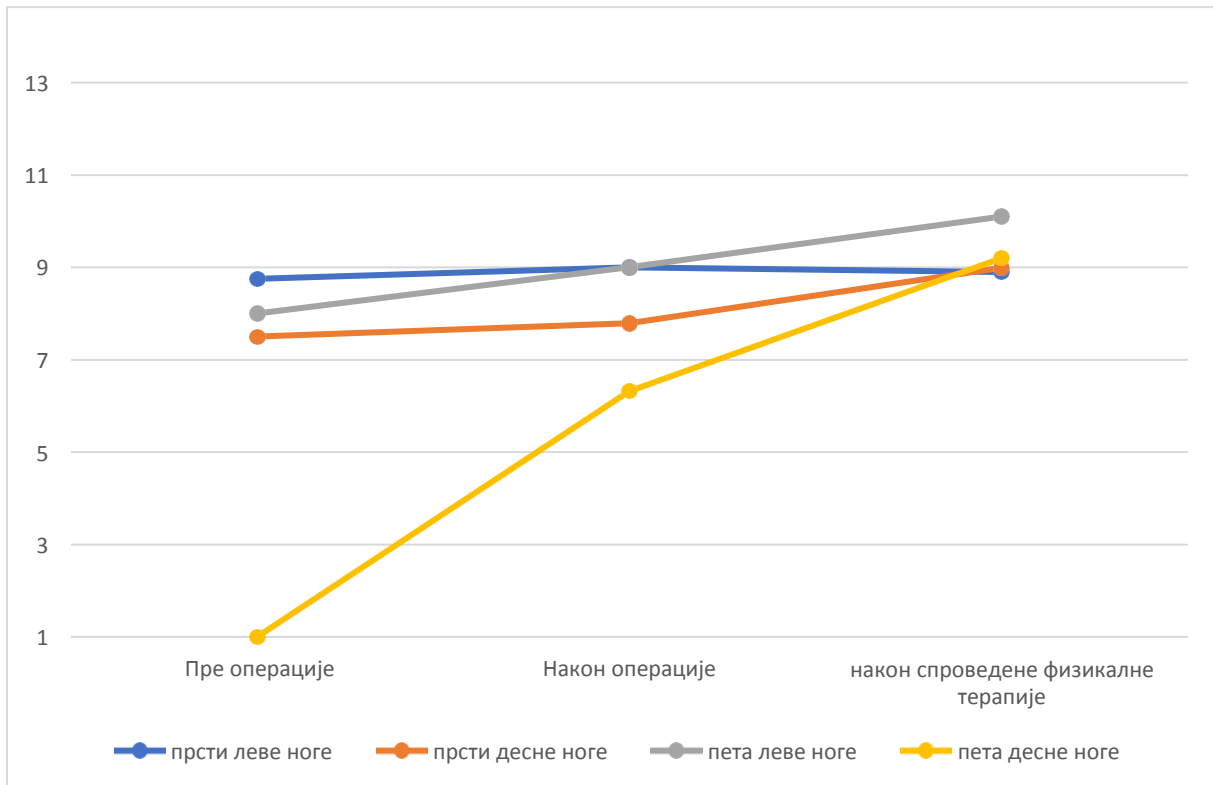
График 13: Оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране након спроведене физикалне терапије.

Резултати мануелног мишићног теста спроведеног пре операције болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране показују да је оцену 2 имало три (37,5%) испитаника, оцену 3 имало је два (25%) испитаника и оцену 4 имало је три (37,5%) испитаника. Ниједан испитаник није имао нормалну снагу мишићне контракције односно оцену 5, у преоперативном периоду. Постоперативно оцену 2 имао је један испитаник, оцену 3 имало је три испитаника. Оцену 4 су добила два испитаника и оцену 5, нормалну мишићну снагу, имала су два испитаника.. Након спроведене физикалне терапије оцене на мануелном мишићном тесту су се мењале у смислу да оцену 2 није имао ниједан болесник, оцену 3 имала су два испитаника, оцену 4 имао је један испитаник и оцену 5, нормалну мишићну снагу, имало је осам испитаника.

Табела 9: Резултати мерења сензорима код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране.

Део тела		преоперативни резултати	постоперативни резултати	резултати по спроведеној физикалној терапији
прсти леве ноге	минимум	6,00	6,39	6,54
	максимум	10,00	9,85	11,00
	средња вредност	8,75	8,77	8,92
	стандардна девијација	1,89	1,64	1,82
пета леве ноге	минимум	1,00	0,12	7,25
	максимум	15,00	13,00	13,00
	средња вредност	8,00	9,00	10,16
	стандардна девијација	8,04	5,96	2,34
прсти десне ноге	минимум	6,00	0,25	6,65
	максимум	8,00	6,54	10,00
	средња вредност	7,50	9,02	8,99
	стандардна девијација	1,00	4,16	1,59
пета десне ноге	минимум	1,00	6,26	5,78
	максимум	1,00	9,00	11,00
	средња вредност	1,00	7,79	9,20
	стандардна девијација	/	1,13	2,32

График 14: Резултати мерења у различитим временским периодима код болесника са дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 са десне стране



Преоперативно, средња вредности притиска на сензор прстима леве ноге била је 8,75 уз стандардну девијацију 1,89. Најмања вредност била је 6,00. Највећа вредност била је 10,00. Постоперативно, средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 8,77, уз стандардну девијацију 1,64. Максимална вредност била је 9,85 док је минимална вредност била 6,39. По спроведеној физикалној терапији средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 8,92, уз стандардну девијацију од 1,82. Највећа вредност била је 11,00, а минимална вредност 6,54.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор петом лево била је 8,00 уз стандардну девијацију 8,04. Најмања вредност притиска на сензор била је 1,00, док је максимална вредност у преоперативном периоду била 15,00. Постоперативно средња вредност притиска на сензор била је 9,00, уз стандардну девијацију од 5,96. Минимална вредност била је 0,12, док је максимум био 13,00. Након спроведене физикалне терапије средња вредност била је 10,16 уз стандардну девијацију од 2,34. Најмања измерена вредност износила је 7,25 док је максимална измерена вредност била 13,00.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 7,50 уз стандардну девијацију од 1,00. Најмања вредност била је 6,00 док је највећа вредност била 8,00. Постоперативно, средња вредност била је 9,02 уз стандардну девијацију од 4,16. Најмања вредност била је 0,25 док је највећа вредност била 6,54. Након спроведене физикалне терапије средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 8,99 уз стандардну девијацију 1,59. Најмања добијена вредност била је 6,65 док је највећа била 10,00.

При посматрању притиска на сензор петом десне ноге код испитаника са дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 са десне стране средња вредност била је 1,00, уз стандардну девијацију 0. Најмања вредност била је 1,00 док је највећа измерена вредност ткђ. била 1,00. Постоперативно, средња вредност је износила 7,29 уз стандардну девијацију од 1,13. Најмања вредност била је 6,26 док је највећа вредност била 9,00. Након спроведене физикалне терапије средња вредност износила је 9,20 уз стандардну девијацију од 2,32. Најмања вредност била је 6,87 док је највећа вредност била 11,00.

На основу дијаграма можемо да закључимо да при оперативном лечењу дискус херније на нивоу Л4/Л5 са десне стране, у постоперативном току, као и након физикалне терапије долази до значајног повећања притиска на сензоре прстима десне ноге, али се повећава и вредност притиска на сензор прстима десне ноге

Табела 10: Резултати мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране

Оцена на ММТ	преоперативно број испитаника(н;%)	постоперативно број испитаника(н,%)	након спроведене физикалне терапије број испитаника(н,%)
1	1(25%)	0	0
2	2(50%)	1(25%)	0
3	1(25%)	0	0
4	0	3(75%)	4(100%)
5	0		0

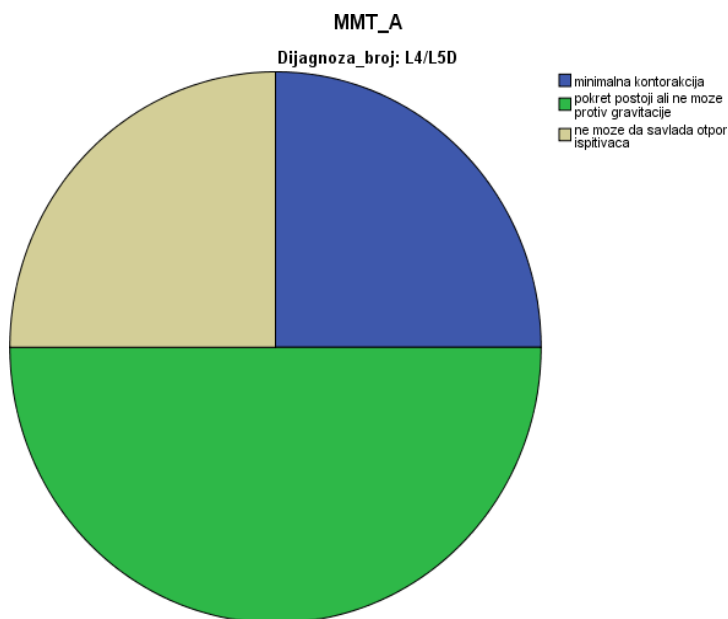


График 15: Преоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране.

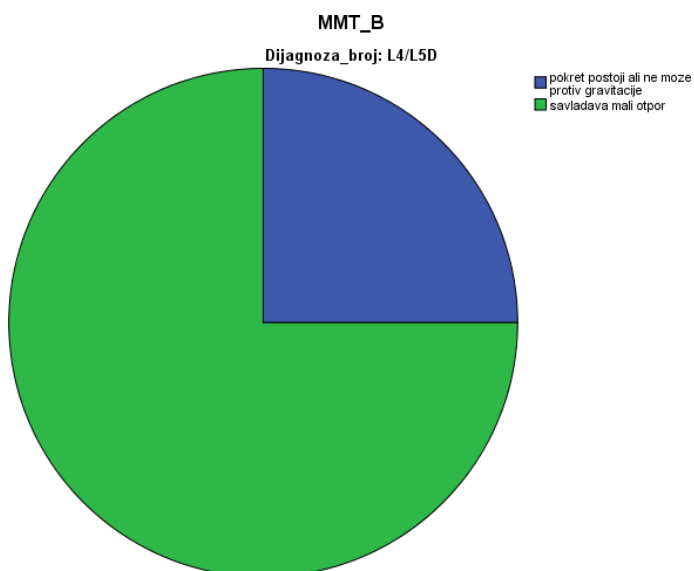


График 16: Постоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране.

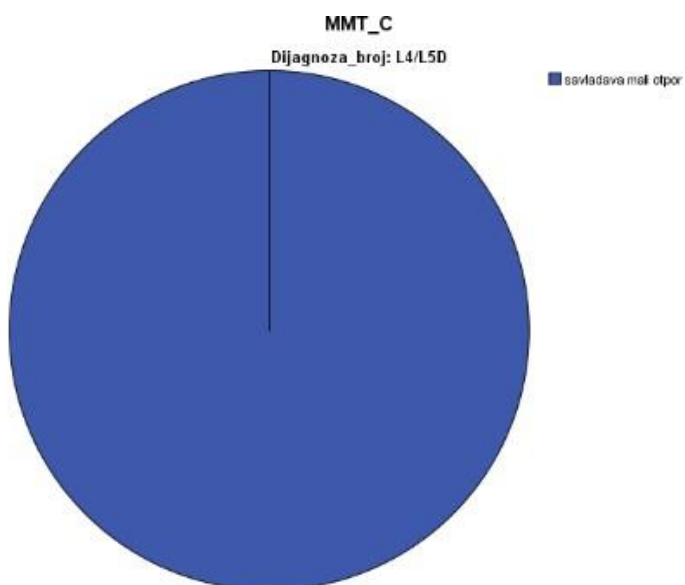


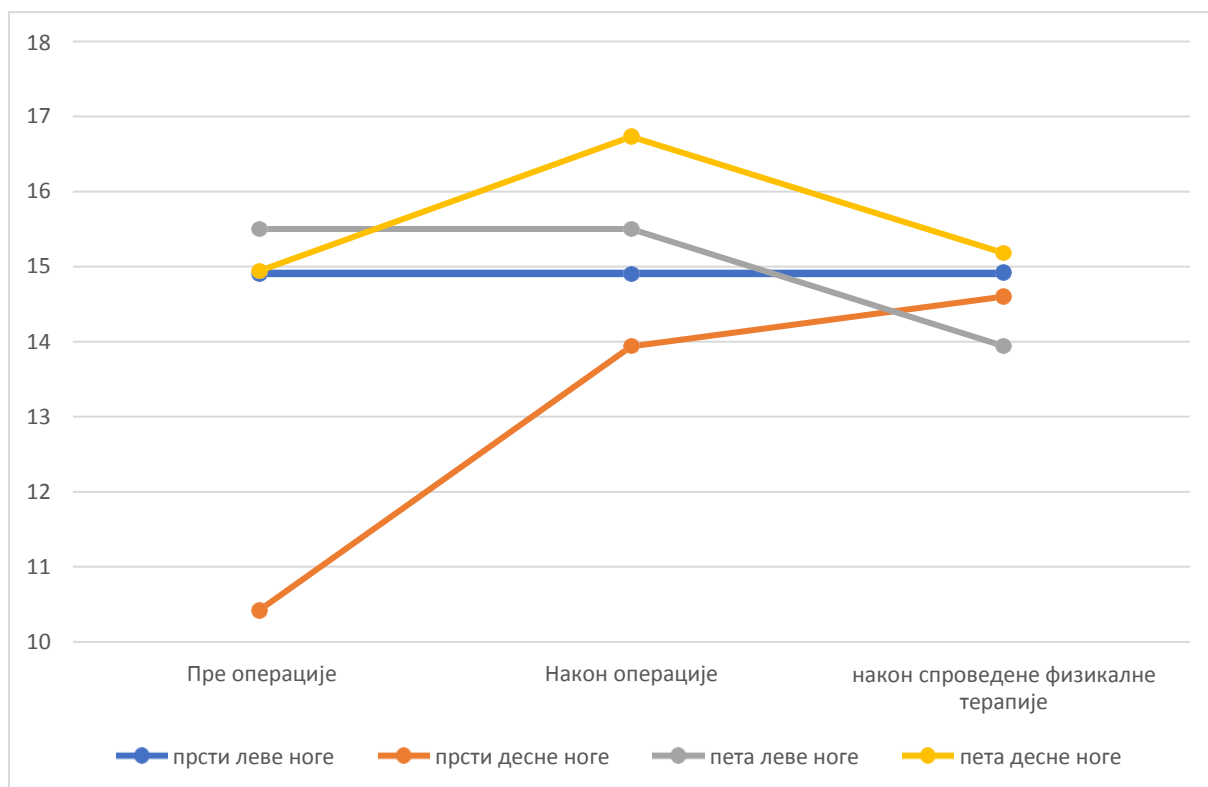
График 17: Оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране након спроведене физикалне терапије.

Резултати мерења мануелног мишићног теста преоперативно показују да је код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране оцену 1 имао један болесник, оцену 2 имало је двоје болесника и оцену 3 имао један болесник. Постоперативно долази до побољшања резултата ММТ те је оцену 3 имао један болесник, а оцену 4 имало је три болесника. Након спроведене физикалне терапије сви болесници су имали оцену 4, те се може закључити да према резултатима ММТ, иако постоји пораст оцене, ни један болесник није постигао потпуни опоравак мишићне снаге.

Табела 11: Резултати добијени мерењем сензорима код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са десне стране.

Део тела		преоперативни резултати	постоперативни резултати	резултати по спроведеној физикалној терапији
прсти леве ноге	минимум	11,00	10,27	10,27
	максимум	18,00	16,40	16,55
	средња вредност	14,97	14,35	14,92
	стандардна девијација	1,79	1,97	1,63
пета леве ноге	минимум	11,52	11,79	5,88
	максимум	19,00	18,18	18,09
	средња вредност	15,50	15,50	13,94
	стандардна девијација	2,28	1,81	4,02
прсти десне ноге	минимум	3,90	11,61	11,55
	максимум	17,00	17,01	16,41
	средња вредност	10,42	13,94	14,60
	стандардна девијација	4,11	1,68	1,45
пета десне ноге	минимум	11,27	11,14	11,14
	максимум	20,00	20,58	19,50
	средња вредност	14,94	16,73	15,28
	стандардна девијација	3,16	3,21	2,75

График 18: Резултати мерења у различитим временским периодима код болесника са дискус хернијом на нивоу L5/S1 са десне стране



Преоперативно средња вредности притиска на сензор прстима леве ноге била је 14,97 уз стандардну девијацију 1,79. Најмања вредност била је 11,00. Највећа вредност била је 18,00. Постоперативно, средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 14,35, уз стандардну девијацију 1,97. Максимална вредност била је 16,40, а минимална вредност била је 10,27. По спроведеној физикалној терапији средња вредност притиска на сензор прстима леве ноге била је 14,92, уз стандардну девијацију од 1,63. Највећа вредност била је 16,55, а минимална добијена вредност је била 10,27.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор петом лево била је 15,50 уз стандардну девијацију 2,28. Најмања вредност притиска на сензор била је 11,52 док је максимална вредност у преоперативном периоду била 19,00. Постоперативно средња вредност притиска на сензор била је 15,50, уз стандардну девијацију од 1,81. Минимална вредност била је 11,79, док је максимум био 18,18. Након спроведене физикалне терапије средња вредност била је 14,92 уз стандардну девијацију од 1,63. Најмања измерена вредност износила је 10,27 док је максимална измерена вредност била 16,55.

Преоперативно средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 10,42 уз стандардну девијацију од 4,11. Најмања вредност била је 3,90 док је највећа вредност

била 17,00. Постоперативно средња вредност била је 13,94 уз стандардну девијацију од 1,68. Најмања вредност била је 11,61 док је највећа вредност била 17,01. Након спроведене физикалне терапије средња вредност притиска на сензор прстима десне ноге била је 14,60 уз стандардну девијацију 1,45, најмања вредност била је 11,55, а највећа вредност 16,41.

При посматрању притиска на сензор петом десне ноге код испитаника са дискус хернијом на нивоу Л5/С1 са десне стране средња вредност била је 14,94, уз стандардну девијацију 3,16. Најмања вредност била је 11,27. Највећа измерена вредност била 20,00. Постоперативно средња вредност износила је 16,73 уз стандардну девијацију од 3,21. Најмања вредност била је 11,14 док је највећа вредност била 20,58. Након спроведене физикалне терапије средња вредност износила је 19,50 уз стандардну девијацију од 2,75. Најмања вредност била је 11,14 док је највећа вредност била 19,50.

На основу дијаграма можемо да закључимо да при оперативном лечењу дискус херније на нивоу Л5/С1 са десне стране, у постоперативном току, као и након физикалне терапије долази до значајног повећања притиска на сензоре прстима десне ноге. Наизглед парадоксално, сензори показују смањење притиска прстима и петом леве ноге. Ово објашњавамо прерасподелом притиска стопала, на страну која се опоравља након операције и физикалне терапије.

Табела 12: Резултати мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са десне стране

Оцена на ММТ	преоперативно број испитаника(н,%)	постоперативно број испитаника(н,%)	након спроведене физикалне терапије број испитаника(н,%)
1	0	0	0
2	1(8,3%)	0	0
3	7(58,3%)	0	1(8,3%)
4	4(33,3)	9(75%)	6(50%)
5	0	3(25%)	5(41,7%)

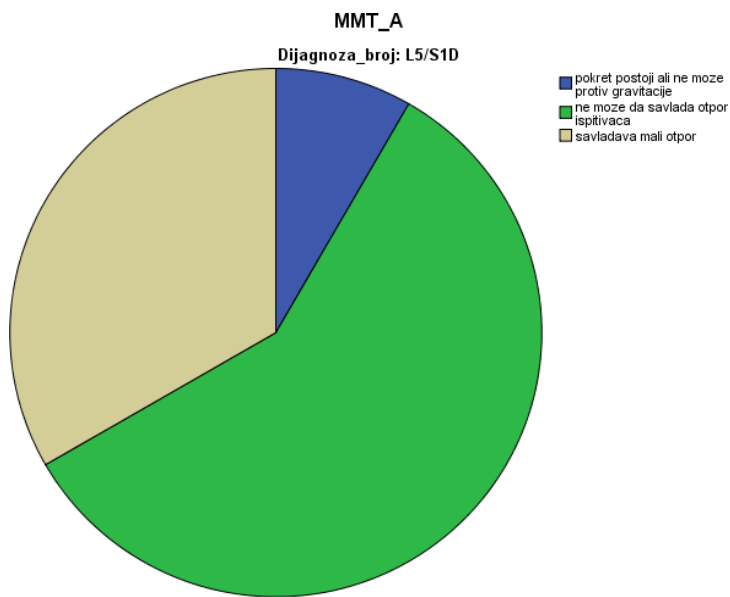


График 19: преоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са десне стране.

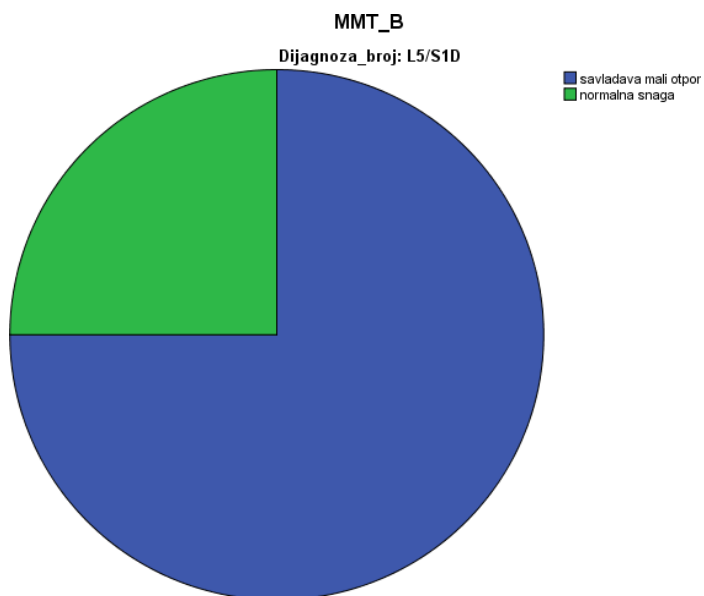


График 20: постоперативно оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са десне стране.

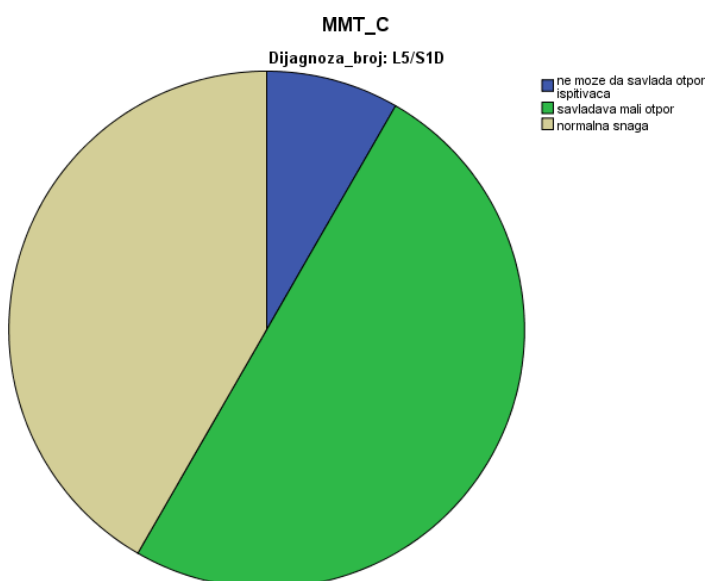


График 21: оцењивање мануелног мишићног теста код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са десне стране након спроведене физикалне терапије.

Преоперативни резултати ММТ код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са десне стране указују да је један болесник имао оцену 2, седморо болесника оцену 3 и четворо болесника оцену 4. Постоперативно оцену 4 имало је девет болесника, а оцену 5 три болесника. Након спроведене физикалне терапије оцену 3 имао је један болесник, оцену 4 шесторо болесника и оцену 5 петоро пацијената.

Табела 13: Разлика у сили притиска на сензор прстима и петом у зависности од нивоа дискус херније.

Вредности које се пореде	разлика између средњих вредности	интервал поверења 95%	статистичка значајност	величина утицаја
преоперативно				
притисак на сензор прстима	1,50	-0,51-3,52	0,14	d=0,52
притисак на сензор петом	4,14	-7,12 до 1,16	0,005	d=0,48
постоперативно				
Притисак на сензор прстима	0,32	-2,02-1,37	0,702	d=0,23
Притисак на сензор петом	4,20	-6,49-1,92	<0,0001	d=0,76
након спроведене физикалне терапије				
притисак на сензор прстима	0,51	-2,47-1,44	0,43	d=0,28
притисак на сензор петом	2,02	-4,09-2,81	0,700	d=0,37

Т-тестом независних узорака упоређене су средње вредности силе притиска на сензор прстима и петом обе ноге у зависности од нивоа дискус херније. Поређене су вредности из три периода(пре операције, након операције и након спроведене физикалне терапије).

Поређењем вредности притиска прстима на сензор добијених **преоперативно** код испитаника са ДХ на нивоу Л4/Л5 ($M=10,40$ $SD=5,06$) и код испитаника са ДХ на нивоу Л5/С1 ($M=11,96$ $SD=5,17$) није добијена статистички значајна разлика $p=0,14$.

Поређењем вредности притиска петом на сензор добијених **преоперативно** код испитаника са ДХ на нивоу Л4/Л5 ($M=12,03$ $SD=3,59$) и код испитаника са ДХ на нивоу Л5/С1 ($M=13,96$ $SD=4,88$) добијена је статистички значајна разлика $p=0,005$, разлика у средњим вредностима била је 4,14 што значи да је средња вредност јачине притиска на сензор петом мања код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5.

Поређењем вредности притиска прстима на сензор добијених **постоперативно** код испитаника са ДХ на нивоу Л4/Л5 ($M=12,25$ $SD=3,93$) и код испитаника са ДХ на нивоу Л5/С1 ($M=12,58$ $SD=2,92$) није добијена статистички значајна разлика $p=0,70$.

Поређењем вредности притиска петом на сензор добијених **постоперативно** код испитаника са ДХ на нивоу Л4/Л5 ($M=11,47$ $SD=5,57$) и код испитаника са ДХ на нивоу Л5/С1 ($M=15,68$ $SD=3,71$) добијена је статистички значајна разлика $p<0,001$. Разлика у средњим вредностима била је 4,20 што значи да је постоперативно средња вредност јачине притиска на сензор петом мања код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5.

Поређењем вредности притиска прстима на сензор добијених **након физикалне терапије** код испитаника са ДХ на нивоу Л4/Л5 ($M=13,11$ $SD=4,06$) и код испитаника са ДХ на нивоу Л5/С1 ($M=13,88$ $SD=3,84$) није добијена статистички значајна разлика $p=0,43$.

Поређењем вредности притиска петом на сензор добијених **након физикалне терапије** код испитаника са ДХ на нивоу Л4/Л5 ($M=12,82$ $SD=4,49$) и код испитаника са ДХ на нивоу Л5/С1 ($M=14,75$ $SD=3,95$) није добијена статистички значајна разлика $p=0,700$.

Табела 14: Разлика у сили притиска на сензор левом и десном ногом.

Вредности које се пореде	разлика између средњих вредности	интервал поверења 95%	статистичка значајност	величина утицаја
преоперативно				
притисак на сензор прстима	0,339	-2,42-1,74	0,746	d=0,25
притисак на сензор петом	2,78	-5,54 до -0,20	0,048	d=0,43
постоперативно				
Притисак на сензор прстима	0,32	-2,02-1,37	0,306	d=0,61
Притисак на сензор петом	4,20	-6,49 до -1,92	<0,0001	d=0,64
након спроведене физикалне терапије				
притисак на сензор прстима	0,77	-2,73-1,18	0,435	d=0,44
притисак на сензор петом	1,92	-4,00 -0,16	0,070	d=0,56

Т-тестом је потврђена статистички значајна разлика у притисцима прстима и петом левом и десном ногом, независно од нивоа дискус херније. У мерењима пре операције и након операције утврђена је статистички значајна разлика у притисцима на сензор петом између пете десне и леве ноге. ($p=0,048$; $p<0,0001$) Након операције разлика у притиску на сензор петом се губи. При тестирању притиска на сензор прстима леве и десне стране, независно од нова дискус херније, није уочена статистички значајна разлика ($p>0,05$) у сва три мерења.

Табела 15: Разлика у сили притиска на сензор левом и десном ногом код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5

Вредности које се пореде	разлика између средњих вредности	интервал поверења 95%	статистичка значајност	величина утицаја
преоперативно				
притисак на сензор прстима	0,16	-3,04-2,71	0,907	d=0,82
притисак на сензор петом	1,32	-6,60-3,95	0,611	d=0,36
постоперативно				
Притисак на сензор прстима	1,52	-2,29-3,98	0,583	d=0,43
Притисак на сензор петом	2,04	-6,15-2,25	0,350	d=0,47
након спроведене физикалне терапије				
притисак на сензор прстима	1,34	-2,47-1,44	0,602	d=0,31
притисак на сензор петом	0,61	-4,03 – 2,81	0,716	d=0,28

Табела 16: Разлика у сили притиска на сензор левом и десном ногом код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1

Вредности које се пореде	разлика између средњих вредности	интервал поверења 95%	статистичка значајност	величина утицаја
преоперативно				
притисак на сензор прстима	0,10	2,85-3,06	0,942	d=0,62
притисак на сензор петом	1,36	4,58-1,86	0,398	d=0,57
постоперативно				
Притисак на сензор прстима	1,13	-3,08-0,80	0,244	d=0,56
Притисак на сензор петом	0,28	-2,79-2,23	0,821	d=0,43
након спроведене физикалне терапије				
притисак на сензор прстима	0,96	-3,51-1,59	0,450	d=0,66
притисак на сензор петом	1,84	-4,46– 0,76	0,160	d=0,51

4.3 Поређење добијених вредности притисака на сензор и оцене ММТ код болесника са лумбалном дискус хернијом, преоперативно, постоперативно и након физикалне терапије

Табела 17: Поређење притиска на сензоре прстима леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 лево у различитим временским периодима

Временски периоди који се пореде	Разлика у средњим вредностима	стандардна девијација	T(32)	статистичка значајност p(sig)
пре операције- након операције	1,08	2,96	2,10	0,043*
пре операције- након спроведене физикалне терапије	2,35	4,67	2,89	0,007*
након операције- након спроведене физикалне терапије	1,26	3,05	2,38	0,023*

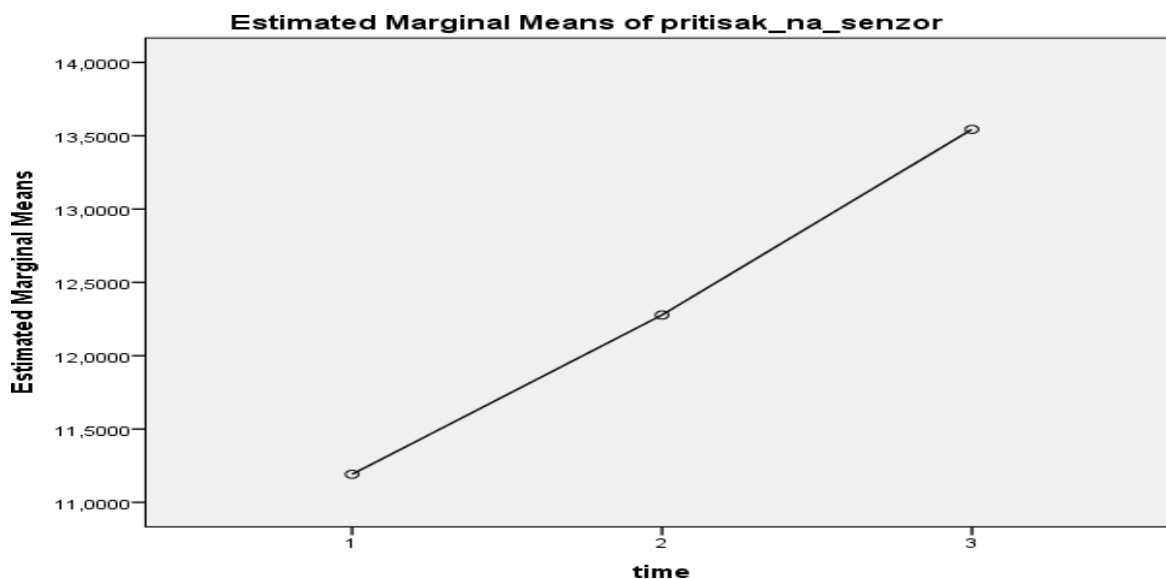
T тестом упарених узорака процењен је утицај интервенције, као и физикалне терапије на резултате испитивања снаге притиска прстима леве ноге на сензор. Утврђена је статистички значајна разлика између сва три мерења. Од преоперативног мерења до мерења након операције, просечно повећање јачине притиска на сензор било је 1,08, док се интервал поверења кретао од 0,34 до 2,13 при чему је $t(32)=2,12$ $p=0,043$. Величина утицаја износила је 0,64. Просечно повећање јачине притиска на сензор од преоперативног мерења до мерења након спроведене физикалне терапије износило је 2,35 док се интервал поверења кретао од 0,69 до 4,67, при $t(32)= 2,89$ $p=0,007$. Величина утицаја износила је 1,06. Повећање јачине притиска на сензор након операције и након спроведене физикалне терапије износило је 1,26, а интервал поверења 0,18 до 2,34. $t(32)=2,38$ $p=0,023$ величина утицаја била је 0,29.

Једнофакторском анализом варијансе поновљених мерења упоређене су вредности резултата мерења добијених у времену 1(пре операције), времену 2(након операције) и времену 3(након спроведене физикалне терапије). Утврђен је значајан утицај спроведених процедура на силу притиска на сензор.(Вилкоксов $\lambda= 0,027$) Greenhouse-Geisser корекцијом утврђено је да се средња вредност јачине притиска на сензор статистички значајно разликовала између временских тачака ($(F(1,418, 45,3925) = 6,8737, P < 0,005)$). Пост-хок тестови помоћу Бонферронијеве корекције открили су да се сила притиска на сензор прстима леве ноге повећава након операције у односу на преоперативни период ($11,19 \pm 4,63$ према $12,27 \pm 3,64$), што је било статистички значајно ($p= 0,043$). Такође је утврђена значајна разлика у вредностима јачине притиска на сензор након операције и након физикалне терапије($12,27 \pm 3,64$ према $13,54 \pm 4,15$ $p= 0,023$). Највећа разлика уочена је у вредностима пре операције и након спроведене физикалне терапије($11,19 \pm 4,63$ према $13,54 \pm 4,15$ $p= 0,007$). Из статистичке анализе можемо закључити да и операција и спровођење физикалне терапије након оперативног третмана доводе до повећања силе притиска на сензор прстима леве ноге. Величина утицаја потврђена мултиваријационим парцијалним ета квадратом износила је 0,208.

Табела 18: Резултати једнофакторске анализе варијансе поновљених мерења код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране.

	средња вредност	вилкоксов ламбда	Greenhouse-Geisser – корекција	парцијални ета квадрат	пост-хок снага теста
пре операције	11,19 ± 4,63	0,027	< 0,005	0,208.	0,280
након операције	12,27 ± 3,64				
након спроведене физикалне терапије	13,54 ± 4,15				

График 22: Промене средњих вредности притиска на сензор прстима леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране.



Табела 19: Поређење вредности оцене ММТ код болесника оперисаних од дискус херније на нивоу Л5/С1 са леве стране у сва три временска периода.

Периоди који се пореде	Z	P	r
пре операције-након операције	Z=2,236	P=0,025	0,78
пре операције-након спроведене физикалне терапије	Z=2,460	P=0,014	0,86
Након операције-након физикалне терапије	Z=1,604	p=0,109	0,56

Вилкоксонев тест ранга открио је статистички значајно повећање вредности ММТ пре и након операције $Z=2,236$ $P=0,025$, уз средњу разлику између та два мерења $r=0,78$. Такође откривена је статистички значајна разлика у резултатима пре операције и након физикалне терапије ($Z=2,460$ $P=0,014$) уз велику разлику $r=0,86$, док у вредностима мереним након операције и након спроведене физикалне терапије мануелни мишићни тест није показао статистички значајну разлику ($Z=1,604$ $p=0,109$).

Табела 20: Поређење притиска на сензор петом леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 лево у различитим временским периодима

Временски периоди који се пореде	средња вредност	стандардна девијација	T(32)	статистичка значајност
пре операције-након операције	1,85	5,63	1,88	0,06
пре операције-након спроведене физикалне терапије	1,79	5,11	2,01	0,05*
након операције-након спроведене физикалне терапије	0,05	5,33	0,06	0,95

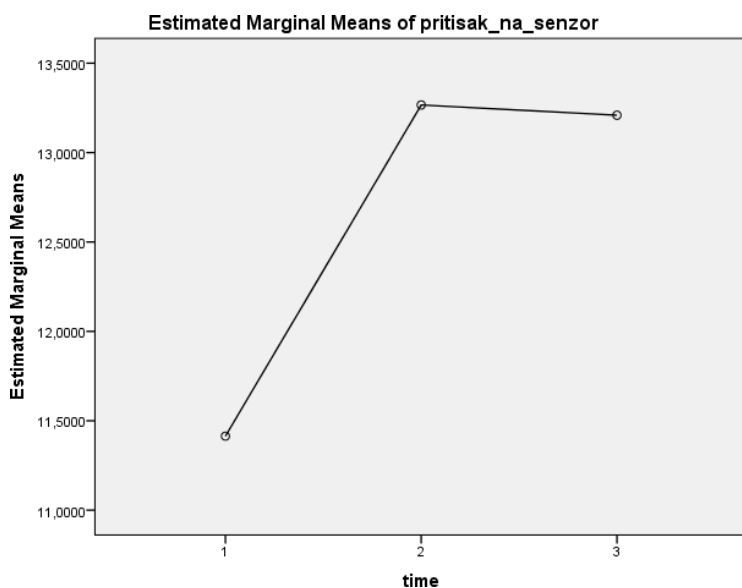
T тестом упарених узорака процењен је утицај интервенције, као и физикалне терапије на резултате испитивања снаге притиска петом леве ноге на сензор. Статистички значајна разлика утврђена је између мерења преоперативне јачине притиска и јачине притиска након спроведене физикалне терапије, поређење осталих мерења није дало статистички значајне резултате. Од преоперативног мерења до мерења након операције, просечно повећање јачине притиска на сензор било је 1,85, док се интервал поверења кретао од 0,14 до 3,85 при чему је $t(32)=1,88$ $p=0,06$. Величина утицаја износила је 0,35. Просечно повећање јачине притиска на сензор од преоперативног мерења до мерења након спроведене физикалне терапије износило је 1,79 док се интервал поверења кретао од 0,02 до 3,69, при $t(32)= 2,01$ $p=0,05$. Величина утицаја износила је 0,34. Повећање јачине притиска на сензор након операције и након спроведене физикалне терапије износило је 0,05, а интервал поверења 1,83 до 1,95. $t(32)= 0,06$ $p=0,95$. Величина утицаја била је 0,01.

Једнофакторском анализом варијансе поновљених мерења упоређене су вредности резултата мерења добијених у време 1(пре операције), време 2(након операције) и време 3 (након спроведене физикалне терапије). Није утврђен статистички значајан утицај спроведених процедура на јачину притиска на сензор. Вилкоков ламбда= 0,103. Greenhouse-Geisser корекцијом утврђено је да се средња вредност јачине притиска на сензор није статистички значајно разликовала између временских тачака ((F(1,975, 63,198) = 2,538, P < 0,088)). Пост-хок тестови помоћу Бонферронијеве корекције открили суда се јачина притиска на сензор петом леве ноге повећава након операције у односу на преоперативни период (11,41 ± 5,64 према 13,26 ± 4,63), што није било статистички значајно (p= 0,068). Није утврђена значајна разлика у вредностима јачине притиска на сензор након операције и након физикалне терапије, штавише вредности притиска на сензор показују нижу вредност након физикалне терапије(13,26 ± 4,63 према 13,20 ± 4,68 p= 0,95). Највећа разлика, која такође није показала статистичку значајност, уочена је у вредностима пре операције и након спроведене физикалне терапије(11,41 ± 5,64 према 13,20 ± 4,68 p= 0,52). Стога можемо закључити да и операција и спровођење физикалне терапије након оперативног третмана доводе до повећања јачине притиска на сензор петом леве ноге, али ове вредности иако забележене не приказују статистички значајну разлику. Величина утицаја потврђена мултиваријационим парцијалним ета квадратом износила је 0,136.

Табела 21: Резултати једнофакторске анализе варијансе поновљених мерења код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране

	средња вредност	вилков ламбда	Greenhouse-Geisser - корекција	парцијални ета квадрат	пост-хок снага теста
пре операције	11,41 ± 5,64	0,103.	P < 0,088	0,136	0,455
након операције	13,26 ± 4,63				
након спроведене физикалне терапије	13,20 ± 4,68				

График 23: Промене средњих вредности притиска на сензор петом леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране.



Табела 22: Поређење вредности оцене ММТ код болесника са оперисаних од дискус херније на нивоу Л4/Л5 са леве стране у сва три временска периода.

Периоди који се пореде	Z	P	r
пре операције- након операције	Z=2,251	P=0,024	0,75
пре операције- након спроведене физикалне терапије	Z=2,585	P=0,010	0,86
Након операције- након физикалне терапије	Z=1,342	p=0,180	0,44

Вилкоксонев тест ранга открио је статистички значајно повећање вредности ММТ пре и након операције $Z=2,261$ $P=0,024$, уз средњу разлику између та два мерења $r=0,75$. Такође откривена је статистички значајна разлика у резултатима пре операције и након физикалне терапије ($Z=2,585$ $P=0,010$) уз велику разлику $r=0,86$, док у вредностима мереним након операције и након спроведене физикалне терапије мануелни мишићни тест није показао статистички значајну разлику ($Z=1,342$ $p=0,180$).

Табела 23. Поређење притиска на сензор прстима десне ноге код болесника са ДХ на нивоу J5/C1 десно у различитим временским периодима

Временски периоди који се пореде	средња вредност	стандардна девијација	T(32)	статистичка значајност
пре операције-након операције	1,44	3,15	2,58	0,01
пре операције-након спроведене физикалне терапије	2,42	3,70	3,76	0,001
након операције-након спроведене физикалне терапије	1,03	3,92	1,48	0,14

T тестом упарених узорака процењен је утицај интервенције, као и физикалне терапије на резултате испитивања снаге притиска прстима десне ноге на сензор. Утврђена је статистички значајна разлика између два мерења, и то од преоперативног мерења до мерења након операције, просечно повећање јачине притиска на сензор било је 1,44, док се интервал поверења кретао од 0,308 до 2,56 при чему је $t(32)=2,58$ $p=0,043$. Величина утицаја износила је 0,68.

Просечно повећање јачине притиска на сензор од преоперативног мерења до мерења након спроведене физикалне терапије износило је 2,42 док се интервал поверења кретао од 01,11 до 3,74, при $t(32)=3,76$ $p=0,007$. Величина утицаја износила је 1,15.

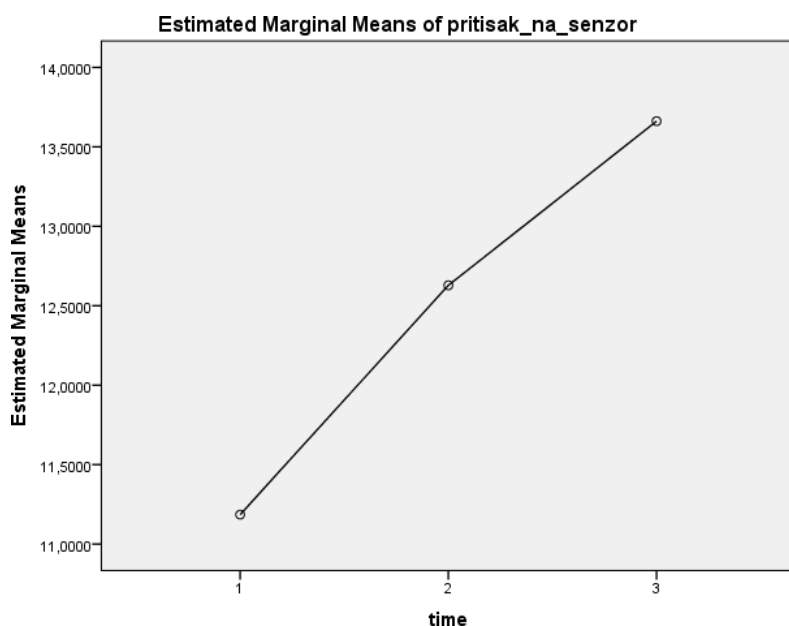
Повећање јачине притиска на сензор након операције и након спроведене физикалне терапије није било статистички значајно и износило је 1,03, а интервал поверења 0,38 до 2,44. $t(32)=1,48$ $p=0,14$ величина утицаја била је 0,29.

Једнофакторском анализом варијансе поновљених мерења упоређене су вредности резултата мерења добијених у време 1(пре операције), време 2(након операције) и време 3 (након спроведене физикалне терапије). Утврђен је значајан утицај спроведених процедура на јачину притиска на сензор вилкоков $\lambda = 0,0002$. Greenhouse-Geisser корекцијом утврђено је да се средња вредност јачине притиска на сензор статистички значајно разликовала између временских тачака (($F(1,883, 58,375) = 7,526, P < 0,002$)). Пост-хок тестови помоћу Бонферронијеве корекције открили су да се јачина притиска на сензор прстима десне ноге повећава након операције у односу на преоперативни период ($11,20 \pm 3,61$ према $12,62 \pm 3,08$), што је било статистички значајно ($p = 0,015$). разлика у вредностима јачине притиска на сензор након операције и након физикалне терапије ($12,62 \pm 3,08$ vs $13,66 \pm 3,77$ $p = 0,147$) није се показала као статистички значајна. Највећа разлика уочена је у вредностима пре операције и након спроведене физикалне терапије ($11,20 \pm 3,61$ према $13,66 \pm 3,77$ $p = 0,001$). Стога можемо закључити да постоји статистички значајна разлика у вредностима пре операције и након операције као и пре операције и након спроведене физикалне терапије, док са друге стране статистички значајна разлика у вредностима притиска на сензор након операције и након спроведене физикалне терапије иако постоји није статистички значајна. Величина утицаја потврђена мултиваријационим парцијалним ета квадратом износила је 0,336.

Табела 24: Резултати једнофакторске анализе варијансе поновљених мерења код болесника са ДХ на нивоу L5/S1 са десне стране.

	средња вредност	вилков ламбда	Greenhouse-Geisser - корекција	парцијални ета квадрат	пост-хок снага теста
пре операције	$11,20 \pm 3,61$	0,0002	$P < 0,002$	0,336	0,922
након операције	$12,62 \pm 3,08$				
након спроведене физикалне терапије	$13,66 \pm 3,77$				

График 24: Промене средњих вредности притиска на сензор петом леве ноге код болесника са ДХ на нивоу L5/C1 са десне стране.



Табела 25: Поређење вредности оцене ММТ код болесника оперисаних од дискус херније на нивоу L5/C1 са десне стране у сва три временска периода.

Периоди који се пореде	Z	P	r
пре операције- након операције	Z=2,807	P=0,005	0,81
пре операције- након спроведене физикалне терапије	Z=2,754	P=0,006	0,79
Након операције- након физикалне терапије	Z=0,577	p=0,563	0,16

Вилкоксонов тест ранга открио је статистички значајно повећање вредности ММТ пре и након операције $Z=2,807$ $P=0,005$, уз средњу разлику између та два мерења $r=0,81$. Такође откривена је статистички значајна разлика у резултатима пре операције и након физикалне терапије ($Z=2,754$ $P=0,006$) уз велику разлику $r=0,70$, док у вредностима мереним након операције и након спроведене физикалне терапије мануелни мишићни тест није показао статистички значајну разлику ($Z=0,577$ $p=0,563$).

Табела 26: Поређење притиска на сензор петом десне ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 десно у различитим временским периодима

Временски периоди који се пореде	средња вредност	стандардна девијација	T(32)	статистичка значајност
пре операције-након операције	1,52	5,50	1,74	0,09
пре операције-након спроведене физикалне терапије	1,66	3,41	2,56	0,01
након операције-након спроведене физикалне терапије	0,13	4,4	0,18	0,85

T тестом упарених узорака процењен је утицај интервенције, као и физикалне терапије на резултате испитивања снаге притиска петом десне ноге на сензор. Утврђена је статистички значајна разлика између у два мерења, и то од преоперативног мерења до мерења након операције, просечно повећање јачине притиска на сензор било је 1,52, док се интервал поверења кретао од 0,31 до 2,74 при чему је $t(32)=2,56$ $p=0,09$. Величина утицаја износила је 0,71. Просечно повећање јачине притиска на сензор од преоперативног мерења до мерења након спроведене физикалне терапије износило је 1,66 док се интервал поверења кретао од 0,28 до 3,67, при $t(32)= 2,56$ $p=0,01$. Величина утицаја износила је 1,22. Повећање јачине притиска на сензор након операције и након спроведене физикалне терапије износило је 0,13, а интервал поверења 1,42 до 1,70. $t(32)=0,18$ $p=0,85$. Величина утицаја била је 0,79.

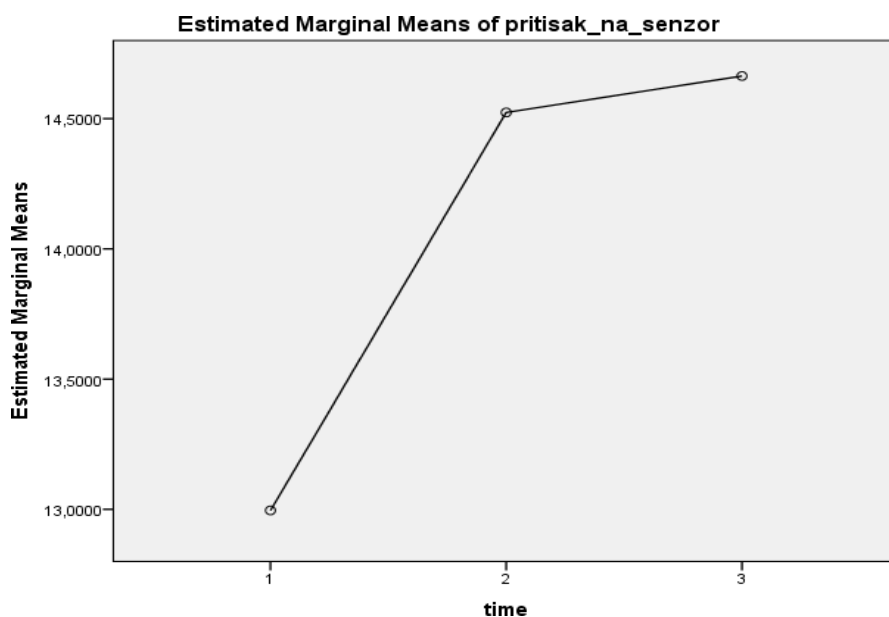
Једнофакторском анализом варијансе поновљених мерења упоређене су вредности резултата мерења добијених у време 1(пре операције), време 2(након операције) и време 3 (након спроведене физикалне терапије). Утврђен је значајан утицај спроведених процедура на јачину притиска на сензор вилкоксов $\lambda= 0,05$. Greenhouse-Geisser корекцијом утврђено је да се средња вредност силе притиска на сензор статистички значајно разликовала између временских тачака ($(F(1,568, 50,179) = 2,754$, $P = 0,085)$).

Пост-хок тестови помоћу Бонферронијеве корекције открили су да се јачина притиска на сензор прстима десне ноге повећава након операције у односу на преоперативни период ($12,99 \pm 6,33$ према $14,52 \pm 5,36$), што је било статистички значајно ($p = 0,01$). Разлика у вредностима силе притиска на сензор након операције и након физикалне терапије ($12,62 \pm 3,08$ vs $14,66 \pm 3,73$ $p = 0,857$) није се показала као статистички значајна. Највећа разлика уочена је у вредностима пре операције и након спроведене физикалне терапије ($12,99 \pm 6,33$ vs $14,66 \pm 3,73$ $p = 0,091$). Стога можемо закључити да постоји статистички значајна разлика у вредностима пре операције и након операције. Са друге стране статистички значајна разлика у вредностима притиска на сензор након операције и након спроведене физикалне терапије као и пре операције и након спроведене физикалне терапије иако постоји није статистички значајна. Величина утицаја потврђена мултиваријационим парцијалним ета квадратом износила је 0,172

Табела 27: Резултати једнофакторске анализе варијансе поновљених мерења код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране.

	средња вредност	вилковсв ламбда	Greenhouse- Geisser - корекција	парцијални ета квадрат	пост-хок снага теста
пре операције	$12,99 \pm 6,33$	0,05	P = 0,085	0,172	0,573
након операције	$14,52 \pm 5,36$				
након спроведене физикалне терапије	$14,66 \pm 3,73$				

График 25: Промене средњих вредности притиска на сензор петом леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране.



Табела 28: Поређење вредности оцене ММТ код болесника са оперисаних од дискус херније на нивоу Л4/Л5 са десне стране у сва три временска периода.

Периоди који се пореде	Z	P	r
пре операције-након операције	Z=1,473	P=0,141	0,73
пре операције-након спроведене физикалне терапије	Z=1,831	P=0,066	0,90
Након операције-након физикалне терапије	Z=-1,000	P=0,317	0,50

Вилкоксоним тестом ранга није утврђена статистички значајна разлика у резултатима ММТ пре операције и након операције као ни пре операције и након спроведене физикалне терапије. Разлика није утврђена у мерењима након операције и након спроведене физикалне терапије.

4.4 Поређење добијених средњих вредности притисака прстима и петом, у зависности од нивоа, стране и типа операције

Табела 29: Поређење средњих вредности притиска прстима и петом, у зависности од стране и типа операције у сва три временска периода.

		преоперативни налаз	налаз након операције	налаз након спроведене физикалне терапије	статистичка значајност
тип операције					
микродиссектомија	прсти лево	11,33	12,61	13,77	P>0,05
диссектомија	прсти лево	10,97	11,75	13,77	
микродиссектомија	пета лево	11,55	12,75	13,36	P>0,05
диссектомија	пета лево	12,82	14,24	14,32	
микродиссектомија	прсти десно	10,85	12,60	13,36	P>0,05
диссектомија	прсти десно	11,57	12,65	13,36	
микродиссектомија	пета десно	12,82	14,70	14,89	P>0,05
диссектомија	пета десно	13,26	14,25	14,32	

Т тестом упарених узорака поређени су резултати пре операције, након операције и након физикалне терапије у групама испитаника оперисаних микродиссектомијом и диссектомијом. Ниједан од анализираних модела није показао статистички значајне резултате приликом поређења. $p>0,05$.

Kruskal-Wallis H тестом тестирана је разлика вредности мануелног мишићног теста пре операције, након операције и након спроведене физикалне терапије у зависности од тога да ли је болесник оперисан микродиссектомијом или диссектомијом.

Преоперативно није доказана статистички значајна разлика у вредностима мануелног мишићног теста код болесника који ће бити оперисани микродисектомијом и дисектомијом. $X^2(1)=0,973$ $p=0,324$, са средњом вредношћу ранка за мануелни мишићни тест у групи оперисаних микродисектомијом 15,75 и 18,92 за болеснике оперисане дисектомијом.

Постоперативно није доказана статистички значајна разлика у вредностима мануелног мишићног теста код болесника који су били оперисани микродисектомијом и дисектомијом. $X^2(1)=0,383$ $p=0,536$, са средњом вредношћу ранка за мануелни мишићни тест у групи оперисаних микродисектомијом 16,26 и 18,15 за болеснике оперисане дисектомијом.

Након спроведене физикалне терапије није доказана статистички значајна разлика у вредностима мануелног мишићног теста код болесника који су били оперисани микродисектомијом и дисектомијом. $X^2(1)=0,042$ $p=0,837$, са средњом вредношћу ранка за мануелни мишићни тест у групи оперисаних микродисектомијом 16,75 и 17,38 за болеснике оперисане дисектомијом.

Табела 30: Поређењем вредности притисака на сензор у зависности од нивоа дискус херније и стране на којој се налази, у сва три временска периода, добијени су следећи резултати:

Ниво лумбалне дискус херније		пре и након операције	пре операције и након физикалне терапије	након операције након физикалне терапије
Л4/Л5 лево	прсти	M=0,93	M=2,65	M=1,71
		p=0,31	p=0,02*	p=0,11
		d=0.62	d=0.53	d=0.33
	пета	M=1,71	M=4,39	M=2,66
		p=0,007*	p=0,000**	p=0,03*
		d=0.69	d=0.63	d=81
Л5/С1 лево	прсти	M=4,33	M=6,72	M=2,38
		p=0,007*	p=0,03*	p=0,23
		d=0,54	d=0,47	d=0,81
	пета	M=5,71	M=3,70	M=1,48
		p=0,73	p=0,08	p=0,63
		d=0,23	d=0,37	d=0,17
Л4/Л5 десно	прсти	M=0,29	M=1,49	M=0,66
		p=0,32	p=0,01*	p=0,03*
		d=0,43	d=0,31	d=0,36
	пета	M=5,32	M=8,20	M=2,87
		p=0,08	p=0,006*	p=0,08
		d=0,42	d=0,51	d=0,37
Л5/С1 десно	прсти	M=3,58	M=4,18	M=0,065
		p=0,002*	p=0,001**	p=0,06
		d=0,22	d=0,39	d=034
	пета	M=1,79	M=0,23	M=1,55
		p=0,07	p=0,86	p=0,09
		d=0,31	d=0,81	d=0,56

Поређењем вредности у зависности од нивоа дискус херније и стране на којој се налази у сва три временска периода т-тестом упарених узорака добијени су следећи резултати: у случају постојања дискус херније на нивоу Л4/Л5 са леве стране, постоји статистички значајна разлика у притиску на сензор пете леве ноге пре операције и након операције($p=0,07$), као и пре операције и након физикалне терапије($p=0,000$) и након операције и након спроведене физикалне терапије($p=0,03$). Није постојала статистички значајна разлика у сили притиска прстима леве ноге уколико је дискус хернија на нивоу Л4/Л5, при поређењу добијених резултата у сва три временска периода.

У случају постојања дискус херније на нивоу Л5/С1 са леве стране, при поређењу резултата пре операције и након операције уочена је статистички значајна разлика у јачини притиска на сензор прстима леве ноге($p=0,007$), као и у периоду пре операције и након спроведене физикалне терапије($p=0,03$). Јачина притиска петом леве ноге није показала статистички значајну разлику између сва три посматрана мерења.

у случају постојања дискус херније на нивоу Л4/Л5 са десне стране, постоји статистички значајна разлика у притиску на сензор пете леве ноге пре операције и након спроведене физикалне терапије($p=0,006$). Такође, утврђена је значајна разлика у притиску прстима леве ноге пре операције и након физикалне терапије($p=0,01$), као и након операције и након физикалне терапије ($p=0,03$). Поређењем осталих резултата није утврђена статистички значајна разлика.

У случају постојања дискус херније на нивоу Л5/С1 са десне стране, при поређењу резултата пре операције и након операције уочена је статистички значајна разлика у јачини притиска на сензор прстима леве ноге($p=0,002$), као и у периоду пре операције и након спроведене физикалне терапије($p=0,001$). Јачина притиска петом леве ноге није показала статистички значајну разлику између сва три посматрана мерења.

Једнофакторском анализом варијансе утврђен је утицај нивоа дискус херније и стране на којој се налази на резултате притиска на сензор прстима и петом са леве и десне стране, као и мануелног мишићног теста у сва три временска периода.

Преоперативно поређењем вредности притиска на сензор прстима леве ноге, у четири групе(дискус хернија Л4/Л5 лево и десно, и дискус хернија Л5/С1 лево и десно) утврђена

је статистички значајна разлика на нивоу $P < 0,05$, $F(3,29) = 30,226$. Накнадним поређењем помоћу тукијевог ХСД теста указују да се средње вредности групе ДХ на нивоу Л4/Л5 лево ($M = 12,71$, $SD = 2,54$) статистички значајно разликују ($p < 0,05$) у односу на вредности групе Л4/Л5 десно ($M = 8,75$, $SD = 1,89$), као и статистички значајну разлику у вредностима ове групе и групе са ДХ на нивоу Л5/С1 лево ($M = 5,02$, $SD = 3,12$) $p < 0,05$. Статистички значајна разлика није утврђена упоређивањем притиска на сензор прстима леве ноге између испитаника из групе ДХ Л4/Л5 лево и ДХ Л5/С1 десно ($M = 14,97$, $SD = 1,79$, $p = 0,16$). Поређењем вредности притиска на сензор прстима леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране и Л5/С1 са десне стране утврђена је статистички значајна разлика $p = 0,001$.

Поређењем вредности притиска на сензор петом леве ноге, у четири групе (дискус хернија Л4/Л5 лево и десно, и Дискус хернија Л5/С1 лево и десно) утврђена је статистички значајна разлика на нивоу $P < 0,005$, $F(3,29) = 5,056$. Накнадним поређењем помоћу тукијевог ХСД теста указују да се средње вредности групе ЛДХ на нивоу Л4/Л5 лево ($M = 8,10$, $SD = 4,56$) статистички значајно не разликују ($p = 1,00$) у односу на вредности групе Л4/Л5 десно ($M = 8,00$, $SD = 8,01$), као и непостојање статистички значајне разлике у односу вредностима ове групе и групе са ДХ на нивоу Л5/С1 лево ($M = 13,93$, $SD = 7,23$) $p = 0,681$. Статистички значајна разлика је утврђена упоређивањем притиска на сензор прстима леве ноге између испитаника из групе ДХ Л4/Л5 лево и ДХ Л5/С1 десно ($M = 15,50$, $SD = 2,89$, $p = 0,008$). Поређењем вредности притиска на сензор петом леве ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране и Л5/С1 са десне стране утврђена је статистички значајна разлика $p = 0,05$.

Поређењем вредности притиска на сензор прстима десне ноге у све четири групе утврђена је статистички значајна разлика $p < 0,05$ $F(3,29) = 3,821$. Накнадним поређењем помоћу тукијевог ХСД теста указују да се средње вредности групе ЛДХ на нивоу Л4/Л5 лево ($M = 13,62$, $SD = 2,98$) статистички значајно разликују ($p = 0,016$) у односу на вредности групе Л4/Л5 десно ($M = 7,50$, $SD = 1,00$), као непостојање статистички значајне разлике у односу вредности ове групе и групе са ДХ на нивоу Л5/С1 лево ($M = 11,27$ $SD = 2,50$) $p = 0,436$. Статистички значајна разлика није утврђена упоређивањем притиска на сензор прстима леве ноге између испитаника из групе ДХ Л4/Л5 лево и ДХ Л5/С1 десно ($M = 10,32$, $SD = 4,11$, $p = 0,436$). Поређењем вредности притиска на сензор петом

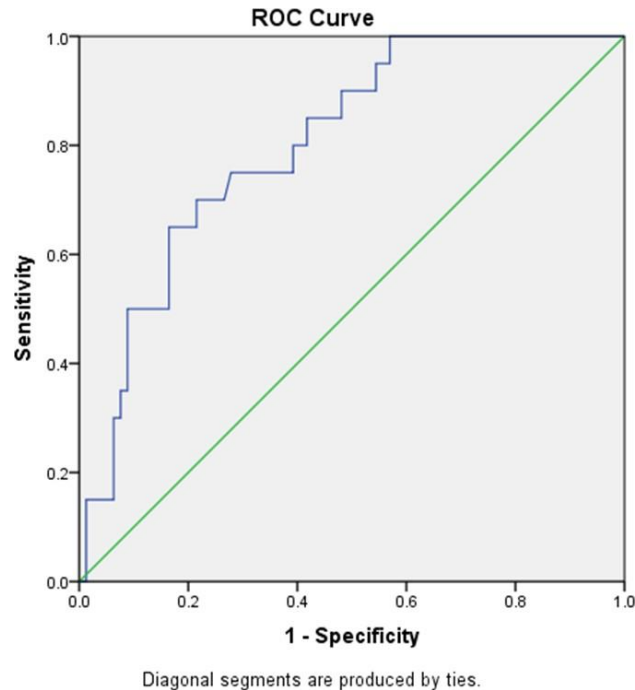
десне ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране и Л5/С1 са десне стране није утврђена статистички значајна разлика $p=0,395$.

Поређењем вредности притиска на сензор петом десне ноге утврђена је статистички значајна разлика у притиску на сензор петом десне ноге $p<0,001$ $F(3,29)=10,257$. Накнадним поређењем помоћу тукијевог ХСД теста указују да се средње вредности групе ДХ на нивоу Л4/Л5 лево ($M=14,88$, $SD=4,27$) статистички значајно разликују ($p=0,001$) у односу на вредности групе Л4/Л5 десно ($M=1,05$, $SD=2,15$), као и да не постоје статистички значајне разлике у односу вредностима ове групе и групе са ДХ на нивоу Л5/С1 лево ($M=13,93$ $SD=7,23$) $p=0,934$. Статистички значајна разлика је утврђена упоређивањем притиска на сензор прстима леве ноге између испитаника из групе ДХ Л4/Л5 лево и ДХ Л5/С1 десно ($M=14,94$, $SD=3,16$, $p<0,001$). Поређењем вредности притиска на сензор петом десне ноге код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са десне стране и Л5/С1 са десне стране није утврђена статистички значајна разлика $p<0,001$.

Са друге стране поређењем преоперативних резултата ММТ у све четири испитиване групе нису добијени статистички значајни резултати $p=0,057$, $F(3,29)=2,808$.

4.5 Испитивање сензитивности и специфичности мерења на платформи за површинску расподелу притиска стопала

График 26: ROC крива која показује сензитивност и специфичност мерења сензорима.



ROC крива

AUC=0.802, $p < 0.01$ што указује да тестирање сензорима има веома добру дескриптивну моћ. Можемо закључити да вредност измерена сензорима која је једнаке или већа од 12,7125 може указивати на нормалну моторну функцију, што би одговарало ММТ градираном са 5 поена, уз сензитивност 0,750 и специфичност 0.722 .

Спирманова корелација ранга

коэффициент корелације је $r = 0.606$, $p < 0.01$. Постоји значајна корелација између вредности сензора, умерене јачине и r је позитивно што значи да ако расте вредност сензора рашће и ММТ.

Регресија

Логистичка регресија је била спроведена како би се оценила повезаност вредности које су измерене сензорима и вредности ММТ. Цео модел је статистички значајан $C^2 = 19.773$, $p < 0.01$. Вредност сензора се показала као значајан предиктор опоравка мереног ММТ ($p < 0.01$) са количником вероватноће EXP (B) 1.345 што значи да са сваком скоком

јединичне вредности сензора испитаници 1.34 пута чешће испољавају уредну моторну снагу мерену ММТ тестом.

5. ДИСКУСИЈА

У овом истраживању проучена је ефикасност примене платформе са сензорима притиска помоћу које је детектована расподела притиска стопала на сензор, као објективне дијагностичке методе у дијагностици моторног испада као последице лумбалне дискус херније, као и показатељ степена успешности оперативног лечења у раном постоперативном току и након спроведене физикалне терапије. Проучена је успешност мерења моторног дефицита као и опоравка у односу на клинички тест квантификације моторне слабости који у овом тренутку представља “златни стандард“. Применом модела платформе са сензорима притиска, као и мануелног мишићног теста истражено је како демографски фактори, ниво хернијације интервертебралног диска и страна на којој се хернијација налази, утичу на исход лечења. Такође, тестирали смо утицај изабраног метода трансканаликуларног оперативног лечења на исход.

Ово истраживање представља прво истраживање овог типа, обзиром да у доступној литератури нису пронађени ранији радови који су за хипотезу истраживања имали исту тему и методологију.

У студију је укључено тридесет три испитаника лечених оперативно у Клиничком центру у Крагујевцу, који су задовољили улазне критеријуме, од укупно 203 болесника који су оперисани због ЛДХ, у периоду од децембра 2015. до фебруара 2018.

Величина узорка неопходна да би резултати били валидни израчуната је непосредно пре започињања истраживања, помоћу G*power софтвера. Спроведена је априори анализа снаге студије са средњом величином утицаја ($d=0,5$) и алфа вероватноћом од 0.05. Резултати су показали да је величина узорка потребна да би се постигла снага студије од 0.80, 29 испитаника. [74]

Утицај демографских карактеристика испитаника на резултате мерења који су добијени платформом за површинску расподелу притиска стопала.

У студију је укључено 17(51,5%) испитаника мушког и 16(48,5) испитаника женског пола. Није утврђена значајна разлика у броју испитаника зависно од пола. Резултати нашег истраживања одговарају резултатима других студија које су за циљ имале проучавање начина дијагностике лумбалне дискус херније и у којима је дистрибуција полова била једнака.[75] Резултати других аутора у погледу полова варирају. Недавна студија спроведена у Ираку показује предоминантност мушког пола [76], док у истраживањима других аутора преовладава женски пол (84%) и (57%) [77,78]. Ове варијације могу бити резултат генетских, социјалних и фактора околине, као што је чињеница да жене обављају физички тешке послове, посебно у руралним подручјима. Мерењем резултата притиска на сензор као и мануелног мишићног теста није утврђена статистички значајна разлика у вредностима како пре операције тако и након операције и након спроведене физикалне терапије, иако се у доступним студијама женски пол сматра прогностичким фактором лошијег одговора на оперативно лечење и физикалну терапију. У литератури је женски пол означен као негативан предиктор према Веаџон скору (мерење бола, неуролошког дефицита, лекова и квалитета живота као збирни резултат). Katz и сарадници дошли су до закључка да се жене оперишу у тежем стадијуму болести у односу на мушкарце, али се опорављају подједнако добро. [79] Jansson и сарадници дошли су до закључка да је релативни ризик за поновну хернијацију након операције лумбалне дискус херније вишеструко већи код мушког пола у односу на женски(80) . Остале студије везане за пол и хернијацију лумбалног интервертебралног диска показале су статистички значајне полне разлике у смислу исхода, у присуству поремећаја коштаног мишићног система. Коморбидитет локомоторног апарата је један од главних предиктора лошијег исхода код женског пола. [81,82,83]. Наша студија није показала разлику између полова ни у једном мерењу притиска на сензор, без обзира на период који се пратио, што се може видети у резултатима.

Проценом индекса телесне масе(ИТМ), број гојазних болесника у нашем раду био је три, док је у опсег нормалног индекса телесне масе спадало тридесет болесника. Ови резултати показали су дискрепанцу у односу на резултате које су добили Arzreuta и Samartzis [84,85] показујући да постоји повећана вероватноћа настанка дискус херније код пацијената са повећаним ИТМ.

Резултати претходних студија показали су да су гојазни пацијент чешће оперативно лечени због пролапса интервертебралног диска, као и да су код њих чешће компликације у виду продуженог оперативног тога, повећаног губитка крви, као и продуженог постоперативног опоравка у односу на групу пацијената који нису гојазни.

Године живота представљају значајан ризик за настанак дискус херније што је утврђено у литератури. [86] Екстремније активности, као што су понављано савијање, увртање и подизање, могу значајно повећати притисак на језгро диска и довести до оштећења фиброзног прстена, што последично доводи до хернијације. Лоше држање и лоше навике могу довести до повећаног физичког оптерећења кичменог стуба. Са старењем се дискови постепено исушују, губе снагу и отпорност, због чега лако долази до појаве хернијације. Једна студија показала је да након осамдесете године долази до смањења инфламаторног одговора око притиснутог корена, што може довести до побољшања клиничких симптома оболелих од ЛДХ. [87] Обзиром да је један од циљева ове студије испитати сензитивност и специфичност сензора за притисак у детекцији дискус херније и честу појаву коморбидитета код старији болесника, у ову студију су укључени болесници до седамдесет година старости. Најмлађи испитаник имао је двадесет година. Из литературе се може закључити да је најчешћи узрок (30-60%) симптоматских дискус хернија код млађих болесника, траума. [88,89]. Супротно овим сазнањима, код одраслих, траума представља фактор који учествује у егзацербацији већ постојећег стања као што су дегенеративне и запаљенске промене кичменог стуба. [90] У студији спроведеној 2002. године у којој су прикупљани подаци од 1400 болесника закључено је да се, са годинама, дискус херније локализују више кранијално. [91] У нашој студији испитивани су болесници са дискус хернијама на нивоу Л4/Л5 и Л5/С1 са обе стране, уз просечну старост испитаника од 42 године. Није постојала статистички значајна разлика у дистрибуцији нивоа на којем се дискус хернија налази између испитаника ($\chi^2(1) = 1,485$ $p=0,223$).

Брзина дегенерације интервертебралног диска (ИВД) највећа је у сегменту Л5 / С1 првенствено због значајне силе притиска којој је изложен лумбосакрални прелаз. Предње силе смицања у сегменту Л5 / С1 повећавају се пропорционално с повећањем сакралног угла. Постурална оптерећења предњег и задњег дела диска, која су избалансирана на ниву Т8 – Т9, показују највећу разлику код Л5 / С1 нивоа. [92,93]

Надаље, показано је да је пролиферација ћелија ИВД, као и стварање празнина и микрорасцепа и дегенерација мукоидних и грануларних компоненти матрикса, статистички повезана са старењем и / или дегенерацијом ИВ диска[94]. Постоји директна веза између експресије матриксне металопретиназе (ММП) и старосне доби. Присутна је позитивне корелације брзине старења и броја ћелија које имају улогу у производњи ММП [3]. Повећана концентрација ММП доводи до значајнијег разграђивања молекула колагеног матрикса[95]. Повећан компресивни ефекат као и оптерећење које се види на нивоу Л5 / С1 може покренути снажнију продукцију ММП-а што доводи до повећане брзине деградације ИВД-а. Извештавајући о обједињеним подацима из три студије помоћу Nachemson-ове скале, Ashton-Miller и сарадници су дошли до закључка да нема разлике у степену дегенерације између нивоа Л3/Л4, Л4/Л5 и Л5/С1 [96]. Аутори су такође закључили да диск Л5/С1 не испољава дегенеративни процес пре нивоа Л3/Л4 диска, иако друга истраживања доносе директно опортуне закључке. Једна од студија указује на могућност да се процес дегенерације најчешће, иницијално, јавља на нивоу Л4/Л5 [97].

Резултати наше студије су показали подједнаку учесталост дискус херније на оба нивоа чиме нам је пружена могућност компарације вредности измерених сензором.

Процена преоперативног моторног неуролошког дефицита на основу поређења резултата добијених платформама за расподелу притиска стопала и ММТ.

Анализа добијених резултата притиска на сензоре левом и десном ногом без обзира на ниво дискус херније, добија се статистички значајна разлика у смислу ослабљеног ослањања на пету десне ноге преоперативно и након операције, да би после физикалне терапије настала нормална расподела притиска на сензоре, без статистички значајне разлике. То нам говори да је у популацији испитаних пацијената најизраженији неуролошки дефицит у смислу моторне слабости био код пацијената који су оперисани од дискус херније Л4/Л5 са десне стране, што се потврђује резултатима који су добијени ММТ. У претходним студијама за процену мишићне слабости користиле су се методе физикалног тестирања које су подразумевале процену мишићне слабости ММТ и процену јачине рефлекса, у циљу дијагностиковања дискус хернија. Своје преоперативне налазе мишићне слабости, студије су поредиле са интраоперативним налазима. Показано

је да преоперативно код већине испитаника постоји моторни дефицит у виду слабости дорзалне флексије уколико је хернијација на нивоу Л4/Л5 или плантарне флексије уколико је хернијација на нивоу Л5/С1 [98,99].

Праћењем разлике у јачини притиска на сензор левом и десном ногом код болесника који болују од дискус херније на нивоу Л4/Л5, у зависности од стране дискорадикуларног конфликта добијамо статистички значајно слабије ослањање петом десне ноге, што је у сагласности са претходно донесеним закључцима. Ови резултати у складу са претходним студијама које указују на то да је ниво Л4/Л5 више захваћен хернијацијом диска и да даје теже моторне испаде [100,101]. Такође, тежи моторни дефицит потврђен сензорима и ММТ у нашој студији, може да се објасни слабошћу дорзалне флексије узрокованом не само афекцијом корена нерва, већ и инхибицијом болним сигнаlima[102].

Статистичком анализом разлика у јачини притиска на сензор левом и десном ногом код болесника са дискус хернијом на нивоу Л5/С1 а у зависности од стране дискорадикуларног конфликта добијамо статистички значајно слабије ослањање на прсте левог стопала, што иде у прилог налазу да је израженији моторни дефицит код болесника са ДХ Л5/С1 лево у нашој студијској популацији. Резултати нашег истраживања сензорима показују слагање са резултатима електрофизиолошке студије спроведене у Ирану у којој је већи број испитаника имао ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране у односу на десну страну [103].

Утицај интраоперативних фактора на резултате расподеле притиска добијене применом платформе са сензорима.

Код 20(60,6%) наших испитаника је урађена микродискектомија, а код 13(39,04%) дискектомија. Није постојала статистички значајна разлика у броју и дистрибуцији испитаника са различитим типовима операција ($\chi^2(1) = 1,48$ $p=0,223$).

Каспар и сарадници су у својој студији још 1997. приметили да широко отварање и експлорација барем два подсегмента, који су примењивани до те студије, нису неопходни и имају штетан ефекат на опоравак болесника. Такође, наводе и да микродискектомија доводи до мањег оштећења ткива што је повезано са бржим опоравком. Искуство неурохирурга, оператора, има статистички значај на степен оштећење ткива током

операције. Потреба да се операција врши прецизно, уз што мање оштећење ткива, дефинитивно, је фактор који утичу на исход операције[104]. Истраживања показују да не постоји разлика у потреби за коришћењем аналгетика код болесника оперисаних микродискектомијом и дискектомијом(105).

Када се пореди дужина операције, показано је да је код класичне дискектомија време операције краће, док је код микродискектомије време опоравка и остајања у болници знатно краће. Нису показане разлике у појави постоперативних компликација. Осим у дужини трајања операције, нису уочене значајне разлике између ове две методе трансканаликуларног приступа[106,107]. Упркос просечно дужем трајању операције у случају микродискектомије, у неким студијама је показано да код ове процедуре постоји мањи губитак крви, мање оштећење ткива, и значајно бољи клинички исход[108].

У студији у којој су праћени болесници који су били подвргнути дискектомији и микродискектомији, није примећена разлика између пацијената у две групе у погледу клиничких исхода, компликација и поновних операција због рецидива. Са временом, фактор времена трајања операције под оперативним микроскопом се смањује, као што се смањује и величина оперативног реза, што се слаже са закључцима Каспарове студије. Имајући у виду закључке већине студија да није примећена значајна разлика између ове две методе оперативног лечења. У нашем испитивању мерени су резултати болесника оперисаних и једном и другом методом. [107]. Упоредивањем добијених резултата промене притиска на сензор након два примењена модалитета оперативног лечења није утврђена статистичка значајност која би ишла у прилог веће успешности једне од оперативних техника.

Процена побољшања моторног дефицита након операције и физикалне терапије, компарацијом резултата добијених платформама за површинску расподелу притиска стопала и ММТ.

Поређењем вредности расподеле притиска и леве и десне ноге приликом ослањања на прстима код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 преоперативно, постоперативно и након спроведене физикалне терапије не добија се статистички значајна разлика. Сила притиска приликом ослањања на петама обе ноге, код пацијената који болују од ДХ на нивоу Л4/Л5 показује статистички значајну разлику у преоперативном и

постоперативном налазу. Ова разлика се не одржава након физикалне терапије. Објашњење за добијене резултате је израженији моторни дефицит у групи пацијената који су боловали од дискус херније на нивоу Л4/Л5, што потврђују и резултати добијени ММТ. Објашњење губитка статистичке значајности при ослањању на пете код пацијената оперисаних од ДХ Л4/Л5, након спроведене физикалне терапије, објашњава се опоравком након бањског лечења. Ови резултати су такође поткрепљени налазима ММТ. Студије других аутора показале су да ниво моторног дефицита утиче на опоравак пацијената након операције, Из литературе се издвајају подаци да код пацијената са благом парезом долази до опоравка у 85% случајева, док код пацијената са тежим степеном парезе до опоравка долази у 55% случајева[109]. Претходни резултати студија које су проучавале пацијенте са парезом узрокованом екструзијом интервертебралног диска показују сличне резултате, у виду споријег или изостанка опоравка након операције. Све студије имају заједнички закључак да је блажи степен парезе преоперативно добар прогностички фактор опоравка мишићне снаге постоперативно. [110,111]. Осим студија које су проучавале опоравак снаге помоћу ММТ спроведене су и електрофизиолошке студије које такође указују да тежи дефицит преоперативно представља лош прогностички фактор за опоравак постоперативно и фактор ризика за настанак трајног моторног дефицита[112].

Анализа резултата код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 лево.

Мерењем расподеле притиска на сензор код пацијената оперисаних од дискус херније на нивоу Л4/Л5 са леве стране, уочава се повећање притиска на сензор петом леве ноге након оперативног лечења, као и након спроведене физикалне терапије. Такође се уочава да долази до пораста притиска на прсте леве ноге, док се расподела притиска на прстима и пети десног стопала практично не мења.

Анализирањем испитаног мануелног мишићног теста код пацијената оперисаних од дискус херније на нивоу Л4/Л5 са леве стране закључујемо да долази до побољшања неуролошког дефицита, након спроведене физикалне терапије. Потпуни опоравак се постиже код 33,3% пацијената. Резултати добијени мерењем сензорима показују да се потпуни опоравак мишићне снаге након операције постиже код 55,6% испитаника, док резултати ММТ показују потпуни опоравак код 33,3% испитаника. Резултати добијени

сензорима су у корелацији са претходним истраживањима која су проучавала опоравак код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 са леве стране у којима до потпуног опоравка долази код 61%[113] односно 71%[114] испитаника. Са друге стране једно истраживање показује опоравак код чак 93% испитаника[115]. Сматрамо да разлика у броју испитаника који су се потпуно опоравили настаје због процентуално већег броја испитаника са већим моторним дефицитом, као и да су критеријуми за укључивање у неке од студија подразумевали не само дискус херније већ и стенозу спиналног канала, што у нашој студији није био случај. У нашој студији није уочена статистички значајна разлика у резултатима добијеним испитивањем сензорима и мануелним мишићним тестом у периодима након операције и након спроведене физикалне терапије. Нека од претходних истраживања показала су мали утицај физикалне терапије на опоравак након операције дискус херније. Постоји умерен степен доказа да спровођење физикалне терапије утиче на побољшање функционалног статуса након операције[116]. Разлог малој разлици у вредностима која се добијају након спроведене физикалне терапије, може бити већи преоперативни дефицит што је дискутовано у претходним деловима овог рада.

Анализа резултата код болесника са ДХ на нивоу Л5/С1 лево.

Анализирањем резултата мерења добијених оригиналном платформом код болесника оперисаних од дискус херније на нивоу Л5/С1 са леве стране уочавамо повећање притиска на сензор прстима левог стопала након операције и након спроведене физикалне терапије. Тренд повећања притиска петом леве ноге је присутан у периоду након операције, и споро опада након спроведене физикалне терапије. Мерењем вредности силе притиска прстима десног стопала и петом десног стопала, верификује се паралелан пораст вредности очитаних са сензора.

Анализом испитивања мишићне снаге ММТ добијамо комплетан опоравак код 62,5% пацијената.

Статистичком анализом притиска на сензор прстима левог стопала код болесника оперисаних од ДХ на нивоу Л5/С1 са леве стране, у сва три временска периода, утврђена

је статистички значајна разлика између мерења. Поређењем тих резултата са резултатима мануелног мишићног теста утврђено је да мануелни мишићни тест не приказује статистички значајну разлику у резултатима мерења добијених након операције и након спроведене физикалне терапије што може указати на то да су сензори осетљивији на мање промене у мишићној снази, у односу на ММТ. Анализа доступне литературе показала је да постоји оправданост спровођења физикалне терапије након операције лумбалне дискус херније. Побољшани функционални статус што укључује и снагу преоперативно слабијих мишића и бржи повратак на посао, представљају бенефиције на време започете и адекватно спроведене физикалне терапије. Са друге стране, неке студије које су укључивале вишегодишње праћење болесника, нису наишле на разлику у резултатима након спровођења физикалне терапије и без ње.[117]. Резултати мерења добијени сензором потврђују резултате добијене претходим студијама, да уколико се спроведе рана физикална терапија долази до бржег функционалног опоравка моторног дефицита, док са друге стране резултати мануелног мишићног теста нису детектовали такву промену.[118,119]

Анализа резултата код болесника са ДХ на нивоу Л4/Л5 десно.

Праћењем промене притиска код болесника оперисаних од ДХ Л4/Л5 добијамо статистичку значајност у вредностима након физикалне и пре операција што нам говори да до опоравка моторног дефицита не долази непосредно након операције, већ након завршене физикалне терапије у бањским условима. Ако се позовемо на закључак да је моторни дефицит у нашој групи болесника био најизраженији управо у овој групи онда је период до потпуног опоравка, логично, дужи. Анализом мануелног мишићног теста не добија се статистички значајна разлика пре и пост оперативно и преоперативно и након спроведене физикалне терапије. У овој групи, мерењем мануелног мишићног теста не долази до потпуног опоравка болесника. Анализом притиска на сензоре петом десне ноге код пацијената оперисаних од ДХ на нивоу Л4/Л5 показана је статистички значајна разлика у резултатима пре операције и након спроведене физикалне терапије, док мануелни мишићни тест не детектује разлику у праћеним периодима.

Иако резултати мерења сензорима показују статистички значајну разлику преоперативно и постоперативно, на нивоу целог истраживања приметна је разлика у опоравку болесника након операције дискус херније на нивоу Л4/5 и Л5/С1. Претходне студије показују да се пацијенти са дискус хернијом на вишем нивоу брже опорављају него пацијенти са хернијама на нижем нивоу. [120,121] Ова разлика у резултатима може се објаснити тиме да на дужину опоравка не утиче само ниво хернијације већ и степен пролапса и компресије на корен, те је очигледно да су испитаници са ДХ на нивоу Л4/Л5 у нашој студији, са већим неуролошким дефицитом и већим степеном пролапса. Прогноза пада стопала, стања које се често јавља код пацијента са дегенеративним обољењем лумбалне кичме, није добро документована у литератури. Поред тога, учесталост придружених неуролошких дијагноза и њихова прогноза нису довољно истражени. Андерссон и Карлсон [122] спровели су студију у којој су закључили да је пад стопала изазван хернијацијом нуклеусног материјала на нивоу Л4/Л5 код две трећине пацијената, док је код једне трећине случајева дискус хернија била на нивоу Л5/С1, у њиховој серији. Присутна су и опортунa мишљења, поткрепљена другим студијама. Нпр. Матсуи и сарадници су закључили да од десет пацијената са падом стопала, сви имају дискус хернију на нивоу Л4/Л5 [123,124]. Наши резултати су, такође, показали да до пада стопала, односно слабости дорзалне флексије и притиска петом на сензор, долази код болесника са ДХ на овом нивоу. Неке студије показују да и до 78% пацијената са падом стопалима, који су неурохируршки лечени, има трајни неуролошки дефицит [125]. Слично томе, наши резултати показују да код пацијената са дискус хернијом на нивоу Л4/Л5 лево, долази до статистички значајног побољшања моторног одговора али не долази до потпуног опоравка што је регистровано како ММТ тако и сензорима. У овом случају можемо поново закључити да су сензори подобнији за праћење мањих промена у односу на ММТ.

Анализа резултата за болеснике са ДХ на нивоу Л5/С1 десно,

Анализом резултата мерења сензорима код болесника са дискус хернијом на нивоу Л5/С1 са десне стране, уочава се тренд повећања средњег притиска на предња три сензора са десне стране. Такође, закључујемо да након иницијалног пораста притиском петом десне ноге, након спроведене физикалне терапије постоји тренд опадања притиска на задњи, четврти сензор са десне стране. Овај налаз може да указује да након спроведеног оперативног лечења и након физикалне терапије долази до правилне расподеле притиска на сензоре пете и прстију, а након операције дискус херније на нивоу Л5/С1.

Анализом мануелног мишићног теста добијамо да се код 41,7% болесника постиже потпуни опоравак.

Код праћења средњих вредности притисака предњих сензора са десне стране код болесника оперисаних од дискус херније Л5/С1 са десне стране, уочава се статистички значајна разлика у периодима пре операције и после операције и пре операције и након физикалне терапије. Ове вредности корелирају са статистички значајном разликом која се потврђује и применом ММТ. Обзиром да у литератури не постоје истраживања која су конципирана као наше, позваћемо се на резултате добијене електрофизиолошким испитивањем код испитаника са ДХ са десне стране на нивоу Л5/С1. Мишићи чија је функција најчешће оштећена (64–100%) укључују дугу главу *m. biceps femoris-a*, *m. gastrocnemius*, кратку главу *m. biceps femoris-a*, *m. abductor digiti quinti* и *m. gluteus maximimus*. Лумбосакрални параспинални мишићи показали су електрофизиолошке поремећаје у ретком броју случајва[126]. Готово је универзално слагање да је *m. gastrocnemius* примарно интервисан кореном С1, иако је у неким истраживањима примећено да овај мишић прима значајну инервацију од Л5 корена[127,128]. Имајући у виду ове налазе јасно је зашто резултати након операције и спроведене физикалне терапије показују пораст притиска на сензор прстима десне ноге.

Сензитивност и специфичност платформи за површинску расподелу притиска стопала.

Примењеном ROC кривом се потврђује сензитивност мерења сензорима 75% и специфичност 72% [129]. Корелацијом је показано да вредности сензора прате пораст оцене ММТ. Умерена јачина корелације може се објаснити тиме да ММТ не региструје промену оцене мишићне снаге када је промена мања, док сензор региструје и мање вредности које се не детектују ММТ-ом. Логистичка регресија показала је статистичку значајност модела и то да је вредност сензора значајан предиктор повећања оцене ММТ.

Систематски прегледни чланак са циљем да истражи сензитивног и специфичност магнетне резонанце у дијагностици протрудираног интервертебралног диска [130] у који је укључено 5 студија, које су као референтну методу користиле интраоперативни налаз [131-135], показује обједињене збирне процене сензитивности НМР-а у дијагностици ДХ од 75% и специфичности 77%. Ови обједињени резултати показују исту вредност сензитивности сензора као НМР, а нешто мању вредност специфичности сензора у односу на НМР. Нека истраживања описују сензитивност и специфичност неуролошких тестова у дијагностици лумбалних дискус хернија. Номаyouни К. и сарадници су у свом истраживању дошли до резултата да Лазаревићев знак даје сензитивност од 63,46% и специфичност 45,88% [136]. Њихови резултати су у складу са резултатима у доступној литератури који показују да је сензитивност овог теста у дијагностици лумбалне дискус херније између 35% и 97% и специфичност између 10 и 100 [137], док су Vroomen и сарадници сензитивност Лазаревићевог теста описали као 64% и специфичност 57%. У циљу развијања сензитивнијег тест направљена је модификација Брагардовог теста која се показала као сензитивна 69,3% и специфична у 67,4% [136]. Резултати ових истраживања показују да тестови клиничког прегледа нису специфични ни сензитивни као сензори развијени у сврху дијагностике лумбалних дискус хернија, али се њихови резултати такође не могу занемарити. У поређењу са мануелним мишићним тестом, сензори су се показали као ефикаснији у детекцији мањих промена снаге мишића, што може бити клинички значајно како у дијагностици лумбалних дискус хернија, нарочито код болесника са негативним коренским тестовима на истезање, тако и у праћењу болесника након операције.

6. ЗАКЉУЧАК

- ❖ Мултидисциплинарним приступом у који су укључени клиничари, неурохирурги, и инжењери електронике направљена је комфорна и неинвазивну дијагностичка метода, која може да нам пружи објективне, нумеричке параметре о степену успешности оперативног и неоперативног лечења обољења које има велики социоекономски значај.
- ❖ Примена платформе за површинску расподелу притиска стопала омогућава већу сензитивност и специфичност прегледа у односу на широко примењене варијације мануелног мишићног теста.
- ❖ Избор интраоперативно примењене методе трансканаликуларног, оперативног лечења лумбалне дискус херније на нивоима Л4/Л5 и Л5/С1 /дискектомија или микродискектомија/, нема утицај на промену површинске расподеле притиска стопала.
- ❖ Доприносом сматрамо неинвазивност, објективност и економичност оригиналне платформе за расподелу притиска стопала која може да се примењује у свакодневном клиничком раду лекара који се баве лумбалном дискус хернијом.

Применом калибрисаних сензора које постављамо у жељени распоред на мерним плочама, добијамо допунску дијагностичку методу у одређивању моторне слабости која је последица лумбалне дискус херније. Калибрацију и прецизност сензора гарантује произвођач. Предност оригиналних плоча које смо применили је ниска цена конструкције платформи и примењених компоненти, којом добијамо објективну дијагностичку методу. Уз несумљиве предности мануелног мишићног теста, као комфорне методе дијагностике за коју није потребна додатна опрема, свакако је потребно одређено искуство, којим се постиже прецизније одређивање степена моторне слабости. Отуда и неспорна субјективност овог теста. Применом калибрисаних сензора расподеле притиска, превазилазимо субјективност прегледа и неопходност клиничког искуства.

На основу добијених вредности које читавамо са сензора пружа се перспектива развоја система вештачке интелигенције којима би било могуће постављање дијагнозе лумбалне дискус херније, укључујући процену нивоа и стране.

У овој студији смо као улазне критеријуме за испитивање поставили неуролошки, моторни дефицит, са циљем компарације резултата мануелног мишићног теста и резултата које добијамо нашим оригиналним платформама.

У даљем раду планирамо да повећамо узорак који ћемо испитивати, као и промену улазних критеријума. Сматрамо да би повећање броја сензора утицало на повећање сензитивности теста, при чему је циљ да се не повећа, значајно, укупна цена платформе [139]. На основу до сада добијених резултата сматрамо да би код групе болесника код којих мануелним мишићним тестом не утврђујемо моторни дефицит, исти могао бити детектован нашем платформом. Повећањем сензитивности прегледа моторног дефицита, имали бисмо јаснију перцепцију преоперативног неуролошког статуса болесника, као и валиднију процену ефеката примењене терапије.

Имајући у виду да се највећи проценат болесника који болују од лумбалне дискус херније лечи конзервативно, сматрамо да примена система платформи за површинску расподелу стопала може имати примену у неуролошким и амбулантама специјалиста физикалне медицине и рехабилитације. Тиме би се могао процењивати ефекат конзервативне терапије на моторни дефицит који, евентуално, није могао бити градиран скалом мануелног мишићног теста, имајући у виду описане недостатке истог.

У том правцу се развијају хардверски и софтверски системи који препознају болеснике који болују од лумбалне дискус херније на циљаним нивоима, у односу на оне који су здрави. Главна предност оваквих, новодизајнираних система би било брзо постављање дијагнозе, на основу препоруке модела, са значајном вероватноћом поузданости у исту. Смањена потреба за, још увек, недовољно доступним радиолошким НМР методама, би штедело време лекара и болесника до започињања терапије. У том правцу се развијају системи на принципима вештачке интелигенције, на основама fuzzy логике [139] и класификатора/Бајесов класификатор/ [140].

Моделима вештачке интелигенције добијамо препоруку дијагнозе лумбалне дискус херније на основу улазних, аналогних, параметара расподеле притиска стопала. Побољшањем карактеристика микроконтролера може се превазићи потреба за

употребом рачунара, чиме би било могуће успоставити бежичну комуникацију у добијању резултата мерења. Коначни циљ развоја ове врсте модела и развоја система вештачке интелигенције може бити и добијање препорука о потенцијалним опцијама лечења.

7. ЛИТЕРАТУРА

- 1) Drake R, Vogl W, Mitchell AVM, Mitchell A. Gray's Anatomy for Medical Students. 2nd ed New York, NY: Churchill Livingstone; 2009
- 2) Kirkaldy-Willis WH, Bernard TN Jr. The anatomy of the lumbosacral spine. Managing Low Back Pain. 4th ed New York, NY: Churchill Livingstone; 1999.
- 3) Moore KL, Dalley AF. Back. Clinically Oriented Anatomy. 5th ed Baltimore. 2006.
- 4) Hall-Crags ECB. Anatomy as a basis for clinical medicine. 2nd ed. Baltimore 1990.
- 5) Macnab, I., McCulloch, J. A, Transfeldt, E., & Wong, D. A. Macnab's backache. 4th ed Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. (2007).
- 6) Bogduk N. The anatomy of the lumbar intervertebral disc syndrome. Med J Aust. 1976 1(23):878-81
- 7) Winn H. Richard: Youmans and Winn Neurological Surgery, 7th Ed., Elsevier ,2016.
- 8) Schmorl G. The Human Spine in Health and Disease. Anatomicopathologic Studies. New York and London: Grune and Stratton. 1959
- 9) Iencean, S M. "Lumbar intervertebral disc herniation following experimental intradiscal pressure increase." Acta neurochirurgica (2000).142(6); 669-76.
- 10) Brown, M. D., Holmes, D. C., & Heiner, A. D. Measurement of cadaver lumbar spine motion segment stiffness. SPINE. (2002). 27(9); 918-922.
- 11) Stephens SE, and Bell GR. Natural history and epidemiology of lumbar disc degeneration. In: Hardy RW. Lumbar Disc Disease. 2nd ed. New York: Raven Press; 1992:13–15.
- 12) Waddell, G. "1987 Volvo award in clinical sciences. A new clinical model for the treatment of low-back pain." Spine (1987) 12(7); 632-44
- 13) World Health Organisation Technical Report Series. The burden of musculoskeletal conditions at the start of the new millennium. Geneva. WHO; 2003
- 14) Ma, Daoyou et al. "Trend of the incidence of lumbar disc herniation: decreasing with aging in the elderly." Clinical interventions in aging (2013) 8(1); 1047-50

- 15) M. Samardžić i sar. Osnovi neurohirurgije za sve lekare. Beograd. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva; 1998.
- 16) Keller, T. S., Colloca, C. J., Harrison, D. E., Harrison, D. D., & Janik, T. J. Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, (2005) 5(3), 297–309.
- 17) Oxland T. Biomechanics of the L5/S1 Junction and the Effect of Spondylolisthesis and Spondyloptosis. In: Harms, Sturz, editors. *Severe Spondylolisthesis*. Springer; (2002) 53–66.
- 18) Falah Arzpeyma S, Mahfoozi G, Sedighi Moghadam Pour P. Concomitance of Obesity and Overweight with Disc Height and Disc Herniation in Lumbar Spine. *Iranian Journal of Neurosurgery*. 2016; 2 (3) :11-14
- 19) Samartzis D, Karppinen J, Luk KD and Cheung KM: Body mass index and its association with lumbar disc herniation and sciatica: A large-scale, population-based study. *Global Spine Journal* 2017; 4(1): 34
- 20) Mark S. Greenberg: *Handbook of Neurosurgery*, Seventh edition, Thieme, 2010.
- 21) Denis Mulleman, Saloua Mammou, Isabelle Griffoul, Herve Watier, Philippe Goupille. *Joint Bone Spine*. 2006. 73(2):151-8.
- 22) Srikandarajah, N., Boissaud-Cooke, M. A., Clark, S., & Wilby, M. J. Does early surgical decompression in cauda equina syndrome improve bladder outcome?. *Spine*, (2015) 40(8); 580–583.
- 23) Wright W. Muscle training in the treatment of infantile paralysis. *Boston Med Surg J*. (1912);167:567
- 24) O'Brien M. O. *Aids to the Examination of the Peripheral Nervous System*. 5th ed Edinburgh, Saunders; 2010.
- 25) Kendall F. P., McCreary E. K., Provance P. G., Rodgers M. M., Romani W. A. *Muscles Testing and Function with Posture and Pain*. 5th ed. Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams and Wilkins; 2005.

- 26) Avers D., Brown M. Daniels and Worthingham's Muscle Testing: Techniques of Manual Examination and Performance Testing. 10th ed St Louis, MO, USA: Elsevier; 2018
- 27) Demeurisse, G., Demol, O., & Robaye, E. Motor evaluation in vascular hemiplegia. *European neurology*, (1980) 19(6), 382–389.
- 28) Lazar RB, Yarkony GM, Ortolano D, Heinemann AW, Perlow E, Lovell L, Meyer PR Prediction of functional outcome by motor capability after spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. (1989) 70(12):819-22
- 29) Alexanderson, H., Regardt, M., Ottosson, C., Alemo Munters, L., Dastmalchi, M., Dani, L., & Lundberg, I. E. Muscle Strength and Muscle Endurance During the First Year of Treatment of Polymyositis and Dermatomyositis: A Prospective Study. *The Journal of rheumatology*, (2018) 45(4); 538–546.
- 30) Beasley W. C. Influence of method on estimates of normal knee extensor force among normal and postpolio children. *The Physical therapy review*, (1956) 36(1);21–41.
- 31) Council MR . Aids to the examination of the peripheral nervous system. War Memorandum. London: HMSO; 1943.
- 32) O'Neill, S., Jaszczak, S., Steffensen, A., & Debrabant, B. Using 4+ to grade near-normal muscle strength does not improve agreement. *Chiropractic & manual therapies*,(2017) 1; 25-28.
- 33) Bohannon R. W. Manual muscle testing of the limbs: Considerations, limitations, and alternatives. *Journal of Physical Therapy Practice and Research*. (1992) 2;11–21
- 34) Bohannon R. W. Measuring knee extensor muscle strength. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, (2001) 80(1); 13–18.
- 35) Conable, Katharine M, and Anthony L Rosner. “A narrative review of manual muscle testing and implications for muscle testing research.” *Journal of chiropractic medicine*. 2011 10(3), 157-65.
- 36) Righesso, O., Falavigna, A., Avanzi, O. Correlation between persistent neurological impairment and clinical outcome after microdiscectomy for treatment of lumbar disc herniation. *Neurosurgery*. (2012) 70(2);390–397.

- 37) Naqvi, U., Sherman, A. L. Muscle Strength Grading. In StatPearls. StatPearls Publishing.(2019)
- 38) Notohamiprodjo, S., Stahl, R., Braunagel, M., Kazmierczak, P. M., Thierfelder, K. M., Treitl, K. M., Wirth, S., & Notohamiprodjo, M. Diagnostic accuracy of contemporary multidetector computed tomography (MDCT) for the detection of lumbar disc herniation. *European radiology*,(2017) 27(8); 3443–3451.
- 39) Glenn R Buttermann. Treatment of Lumbar Disc Herniation: Epidural Steroid Injection Compared with Discectomy. *The Journal of Bone and Joint Surgery* (2004); 86:670-679.
- 40) Yu PF, Jiang FD, Liu JT, et al. Outcomes of conservative treatment for ruptured lumbar disc herniation. *Acta orthopaedica Belgica* (2013); 79: 726–730.
- 41) Gugliotta, M., da Costa, B. R., Dabis, E., Theiler, R., Jüni, P., Reichenbach, S., Landolt, H., & Hasler, P. Surgical versus conservative treatment for lumbar disc herniation: a prospective cohort study. *BMJ*. (2016) 6(12).
- 42) Hahne, A. J., Ford, J. J., McMeeken, J. M. Conservative management of lumbar disc herniation with associated radiculopathy: a systematic review. *Spine*. (2010) 35(11); 488–504.
- 43) Kafchitsas K, Habermann B, Khan FM, Matzaroglou C. Operations in spinal surgery are not always needed. Do we operate more than we should? *Hellenic Journal of Nuclear Medicine* 2014;17(1):17-9.
- 44) Heikki Osterman, Seppo Seitsalo, Jaro Karppinen, Antti Malmivaare. Effectiveness of microdiscectomy for lumbar disc herniation: a randomized controlled trial with 2 years of follow-up. *Spine*. (2006); 31:2409-2414.
- 45) Brunori, A., De Caro, G. M., & Giuffrè, R. Chirurgia dell'ernia discale lombare: evoluzione storica [Surgery of lumbar disk hernia: historical perspective]. *Annali italiani di chirurgia*,(1998) 69(3), 285–293.
- 46) Caspar W. A new surgical procedure for lumbar disc herniation causing less tissue damage through a microsurgical approach. *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* (1977); 4:74-80
- 47) Sabnis AB, Diwan AD. The timing of surgery in lumbar disc prolaps. *Indian Journal of Orthopaedics* (2014);48:127-35

- 48) Donald H. Wilson, Robert Harbaugh. Microsurgical and Standard Removal of the Protruded Lumbar Disc: A Comparative Study. *Neurosurgery* (1981); 8:422–427.
- 49) Williams RW. Microlumbar discectomy: a conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc. *Spine* (1978); 3:175-182.
- 50) Maroon J, Abla A. Microdiscectomy versus chemonucleolysis. *Neurosurgery* (1986) 16:644–649
- 51) Zhang, Y., Ma, Y., Jiang, J., Ding, T., & Wang, J. Treatment of the lumbar disc herniation with intradiscal and intraforaminal injection of oxygen-ozone. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, (2013) 26(3), 317–322.
- 52) Lau, D., Han, S. J., Lee, J. G., Lu, D. C., & Chou, D. Minimally invasive compared to open microdiscectomy for lumbar disc herniation. *Journal of Clinical Neuroscience*, (2011) 18(1), 81–84.
- 53) Harrington J.F. French P. Open versus minimally invasive lumbar microdiscectomy: comparison of operative times, length of hospital stay, narcotic use and complications. *Minimally Invasive Neurosurgery* (2008);51:30-5
- 54) Gehri R, Zanetti M, Boos N Subacute subdural haematoma complicating lumbar microdiscectomy. *The Journal of bone and joint surgery*. (2000); 82(7),1042-1045
- 55) Karwacki, Z., Witkowska, M., Łasińska-Kowara, M., Słoniewski, P., & Wojciechowski, J. Iliac artery injury during lumbar microdiscectomy. *Anestezjologia intensywna terapia*, (2010) 42(1), 24–26.
- 56) J Fandiño, C Botana, A Viladrich and J Gomez-Bueno. Reoperation after lumbar disc surgery: Results in 130 cases. *Acta Neurochirurgica* (1993); 122:102-104.
- 57) Michael F. Shriver, BS, Jack J. Xie, MS, Erik Y. Tye, BA, Benjamin P. Rosenbaum, Lumbar microdiscectomy complication rates: a systematic review and meta-analysis, *Neurosurgical Focus*, (2015);39(4), 6
- 58) Winn H. Richard: Youmans and Winn Neurological Surgery, Seventh Edition, Elsevier. 2016.
- 59) Paraskumar Mohanlal, Debasish Pal, Jake Timothy, *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* (2006);16,(3),207–209.

- 60) Pappas CT, Harrington T, Sonntag VK. Outcome Analysis in 654 Surgically Treated Lumbar Disc Herniations. *Neurosurgery* (1992); 30:862-866.
- 61) Strömqvist, Fredrik et al. "The outcome of lumbar disc herniation surgery is worse in old adults than in young adults." *Acta orthopaedica* (2016) 87(5): 516-21.
- 62) Peul, Wilco C et al. "Prolonged conservative care versus early surgery in patients with sciatica caused by lumbar disc herniation: two year results of a randomised controlled trial." *BMJ* (2008)336(7657): 1355-8.
- 63) Bryan RW, Goossens ME, de Vet HC, van den Brandt PA. Economic evaluation of behavioural-graded activity program compared to physical therapy for patients following lumbar disc surgery. *Spine*. (2004);29(6):615–622.
- 64) Donceel P, Du Bois M. Predictors for work incapacity continuing after disc surgery. *Scandinavian Journal of Work, environment and health*. (1998); 25:264–271.
- 65) Williamson, Esther et al. "A survey of post-operative management for patients following first time lumbar discectomy." *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* vol. 16,6 (2007): 795-802
- 66) Bonato P. Wearable sensors/systems and their impact on biomedical engineering. *Eng Med Biol Mag* (2003); 22: 18–20.
- 67) Hung K, Zhang YT, Tai B. Wearable Medical Devices for Tele-Home Healthcare. 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2004). 5384–5387.
- 68) Lord M, Reynolds DP, Hughes JR. Foot pressure measurement: a review of clinical findings. *J Biomed Eng*. (1986);8(4):283-294.
- 69) Margolis DJ, Knauss J, Bilker W, Baumgarten M. Medical conditions as risk factors for pressure ulcers in an outpatient setting. *Age Ageing* (2003); 32: 259–264.
- 70) Razak AH, Zayegh A, Begg RK, Wahab Y. Foot plantar pressure measurement system: a review. *Sensors*. (2012);12(7):9884-9912.

- 71) Lavery LA, Vela SA, Fleischli JG, Armstrong DG, Lavery DC. Reducing plantar pressure in the neuropathic foot. A comparison of footwear. *Diabetes Care.* (1997);20(11):1706-1710.
- 72) Cong Y, Cheung JT, Leung AK, Zhang M. Effect of heel height on in-shoe localized triaxial stresses. *J Biomech.* (2011);44(12):2267-2272.
- 73) The difference between force measurement techniques. Dostupno na <http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors>
- 74) Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*,(2007) 39; 175-191
- 75) Al-Bedri K, Ali IN, Mahmood AZ and Swadi SI: The relationship between clinical features and magnetic resonance imaging proved lumbar disc bulging and herniation. *Int J Pharm Sci & Res* (2020); 11(4): 1690-97.
- 76) Abdulqader WF: Comparative study between clinical features and MRI findings in lumbosacral disc prolapsed. *International Journal of Development Research* (2018); 8(1): 18326-30.
- 77) Albeer MR, Abdalrazaq FK and Alosami MH: Relationship between lumbar disc herniation and benign joint hyper mobility syndrome. *Ann Rheum Dis* (2017); 76: 1000
- 78) Omran H, Al-Muktar SA and Al-Iedani MS: Correlation between magnetic resonance imaging and intra-operative findings in a disc herniation at lumbosacral region. *Al-Kindy College Medical Journal* (2015); 11(1): 25-27
- 79) Katz, J.N., Wright, E.A., Guadagnoli, E., Liang, M.H., Karlson, E.W. and Cleary, P.D. Differences between men and women undergoing major orthopedic surgery for degenerative arthritis. *Arthritis & Rheumatism*,(1994) 37: 687-694.
- 80) Shimia M, Babaei-Ghazani A, Sadat BE, Habibi B, Habibzadeh A. Risk factors of recurrent lumbar disk herniation. *Asian J Neurosurg.* (2013);8(2):93-96.
- 81) Keogh E, McCracken LM, Eccleston C. Do men and women differ in their response to interdisciplinary chronic pain management?. *Pain.* (2005);114(1-2):37-46.

- 82) Fillingim RB, Doleys DM, Edwards RR, Lowery D. Clinical characteristics of chronic back pain as a function of gender and oral opioid use. *Spine (Phila Pa 1976)*. (2003);28(2):143-150.
- 83) Wijnhoven HA, de Vet HC, Picavet HS. Sex differences in consequences of musculoskeletal pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. (2007);32(12):1360-1367.
- 84) Krutko AV, Sanginov AJ, Baykov ES. Predictors of Treatment Success Following Limited Discectomy With Annular Closure for Lumbar Disc Herniation. *Int J Spine Surg*. (2020);14(1):38-45.
- 85) Samartzis D, Karppinen J, Luk KD and Cheung KM: Body mass index and its association with lumbar disc herniation and sciatica: A large-scale, population-based study. *Global Spine Journal* (2017); 4(1): 34
- 86) Dammers R, Koehler PJ. Lumbar disc herniation: level increases with age. *Surg Neurol*. (2002) 58(3-4):209-213
- 87) Ma D, Liang Y, Wang D, et al. Trend of the incidence of lumbar disc herniation: decreasing with aging in the elderly. *Clin Interv Aging*. (2013);8
- 88) Beks JW, ter Weeme CA. Herniated lumbar discs in teenagers. *Acta Neurochir*. 1975;31:195–199.
- 89) Shillito J Jr. Pediatric lumbar disc surgery: 20 patients under 15 years of age. *Surgical Neurology*. 1996 Jul;46(1):14-18.
- 90) Kurihara A, Kataoka O. Lumbar disc herniation in children and adolescents. A review of 70 operated cases and their minimum 5-year follow-up studies. *Spine*. 1980. 5(5):443-451.
- 91) Zamani MH, MacEwen GD. Herniation of the lumbar disc in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 1982;2:528–533
- 92) Keller TS, Colloca CJ, Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ . Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine *Spine J*. 2005 May-Jun; 5(3):297-309
- 93) Oxland T. Biomechanics of the L5/S1 Junction and the Effect of Spondylolisthesis and Spondyloptosis. In: Harms, Sturz, editors. *Severe Spondylolisthesis*. Springer; 2002. 53–66

- 94) Singh K, Masuda K, Thonar EJ, An HS, Cs-Szabo G Spine (Phila Pa 1976). 2009 1; 34(1):10-6
- 95) Weiler C, Nerlich AG, Zipperer J, Bachmeier BE, Boos N. SSE Award Competition in Basic Science: expression of major matrix metalloproteinases is associated with intervertebral disc degradation and resorption Eur Spine J. 2002 Aug; 11(4):308-20
- 96) Miller JA, Schmatz C, Schultz AB. Lumbar disc degeneration: correlation with age, sex, and spine level in 600 autopsy specimens. Spine (Phila Pa 1976). 1988 ; 13(2):173-8
- 97) Alonso, F., Kirkpatrick, C. M., Jeong, W., Fisahn, C., Usman, S., Rustagi, T. Tubbs, R. S. Lumbar Facet Tropism: A Comprehensive Review. World Neurosurgery, (2017) 102, 91–96
- 98) Kerr RS, Cadoux-Hudson TA, Adams CB. The value of accurate clinical assessment in the surgical management of the lumbar disc protrusion. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1988;51:169-73.
- 99) Vucetic N, Svensson O. Physical signs in lumbar disc hernia. Clin Orthop Relat Res 1996;333:192-201.
- 100) Barr JS, Mixter WS. Posterior protrusion of the lumbar intervertebral disc. J Bone Joint Surg 1941;23A: 444 56.
- 101) Bartlett J. The problem of sciatica. Practitioner 1970;204:529-36.
- 102) Jönsson B, Strömquist B. Neurologic signs in lumbar disc herniation. Preoperative affliction and postoperative recovery in 150 cases. Acta Orthop Scand. 1996;67(5):466-469.
- 103) Nafissi S, Niknam S, Hosseini SS. Electrophysiological evaluation in lumbosacral radiculopathy. Iran J Neurol. 2012;11(3):83-86.
- 104) Caspar W. A New Surgical Procedure for Lumbar Disc Herniation Causing Less Tissue Damage Through a Microsurgical Approach. In: Wüllenweber R, Brock M, Hamer J, Klinger M, Spoerri O, editors. Lumbar Disc Adult Hydrocephalus. 1977 (4) 1977: 74–80
- 105) Katayama Y, Matsuyama Y, Yoshihara H, et al. Comparison of surgical outcomes between macro discectomy and micro discectomy for lumbar disc herniation: A prospective randomized study with surgery performed by the same spine surgeon. J Spinal Disord Tech. 2006;19:344–7

- 106) Schmid SL, Wechsler C, Farshad M, et al. Surgery for lumbar disc herniation: Analysis of 500 consecutive patients treated in an interdisciplinary spine centre. *J Clin Neurosci.* 2016;27:40–3
- 107) Calikoglu C, Cakir M. Open Discectomy vs. Microdiscectomy: Results from 519 Patients Operated for Lumbar Disc Herniation. *Eurasian J Med.* 2018;50(3):178-181. doi:10.5152/eurasianjmed.2018.18016
- 108) Ryang YM, Oertel MF, Mayfrank L, Gilsbach JM, Rohde V. Standard open microdiscectomy versus minimal access trocar microdiscectomy: results of a prospective randomized study. *Neurosurgery.* 2008 Jan; 62(1):174-81; discussion 181-2.
- 109) Lønne G, Solberg TK, Sjaavik K, Nygaard ØP. Recovery of muscle strength after microdiscectomy for lumbar disc herniation: a prospective cohort study with 1-year follow-up. *Eur Spine J.* 2012;21(4):655-659.
- 110) Eysel P, Rompe JD, Hopf C. Prognostic criteria of discogenic paresis. *Eur Spine J.* 1994;3(4):214-218.
- 111) Dubourg G, Rozenberg S, Fautrel B, et al. A pilot study on the recovery from paresis after lumbar disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(13):1426-1431.
- 112) Postacchini F, Giannicola G, Cinotti G. Recovery of motor deficits after microdiscectomy for lumbar disc herniation. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(7):1040-1045.
- 113) Girardi FP, Cammisa FP Jr, Huang RC, et al. Improvement of preoperative foot drop after lumbar surgery. *J Spinal Disord Tech.* 2002;15:490–494.
- 114) Aono H, Iwasaki M, Ohwada T, et al. Surgical outcome of drop foot caused by degenerative lumbar diseases. *Spine.* 2007;32: E262–E266.
- 115) Suzuki, A., Matsumura, A., Konishi, S., Terai, H., Tsujio, T., Dozono, S., & Nakamura, H. (2011). Risk Factor Analysis for Motor Deficit and Delayed Recovery Associated With L4/5 Lumbar Disc Herniation. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 24(1), 1–5.
- 116) Yilmaz F, Yilmaz A, Merdol F, Parlar D, Sahin, F, Kuran B. Efficacy of dynamic lumbar stabilization exercise in lumbar microdiscectomy. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2003; 35:163–7.

- 117) Ostelo RWJG, de Vet HCW, Waddell G, Kerckhoffs MR, Leffers P, van Tulder MW (2003) Rehabilitation after lumbar disc surgery. In: The cochrane library, Issue 2
- 118) Danielsen J, Johnsen R, Kibsgaard S, Hellevik E. Early aggressive exercise for post-operative rehabilitation after discectomy. *Spine*. 2000;25:1015–1020.
- 119) Dolan P, Greenfield, Nelson R, Nelson W. Can early exercise therapy improve the outcome of microdiscectomy? *Spine*. 2000;25:1523–1532.
- 120) Osterman H, Seitsalo S, Karppinen J, Malmivaara A. Effectiveness of microdiscectomy for lumbar disc herniation: a randomized controlled trial with 2 years of follow-up. *Spine*. 2006;31:2409-14.
- 121) Spangfort EV. The lumbar disc herniation. A computer-aided analysis of 2,504 operations. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1972;142:1-95
- 122) Andersson H, Carlsson CA. Prognosis of operatively treated lumbar disc herniations causing extensor paralysis. *Acta Chir Scand* 1966; 132:501–6.
- 123) Matsui H, Kitagawa H, Kawaguchi Y, et al. Physiologic changes of nerve root during posterior lumbar discectomy. *Spine* 1995;20: 654–9
- 124) Matsui H, Kanamori M, Kawaguchi Y, et al. Clinical and electrophysiologic characteristics of compressed lumbar nerve roots. *Spine* 1997;22:2100–5
- 125) O'Connell JEA. Protrusion of the lumbar intervertebral disc. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33:3–30.
- 126) Tsao, B.E., Levin, K.H. and Bodner, R.A. (2003), Comparison of surgical and electrodiagnostic findings in single root lumbosacral radiculopathies. *Muscle Nerve*, 27: 60-64
- 127) Marinacci AA. *Clinical electromyography*. Los Angeles, CA: San Lucas Press; 1955. p 94 –96.
- 128) Young A, Getty J, Jackson A, Kirwan E, Sullivan M, Parry CW. Variations in the pattern of muscle innervation by the L5 and S1 nerve roots. *Spine* 1983;8:616 – 624
- 129) Peulić M, Joković M, Šušteršič T, Peulić A. A Noninvasive Assistant System in Diagnosis of Lumbar Disc Herniation. *Comput Math Methods Med*. 2020;2020:6320126.

- 130) Wassenaar M, van Rijn RM, van Tulder MW, et al. Magnetic resonance imaging for diagnosing lumbar spinal pathology in adult patients with low back pain or sciatica: a diagnostic systematic review. *Eur Spine J.* 2012;21(2):220-227.
- 131) Bernard TN Jr (1994) Using computed tomography/discography and enhanced magnetic resonance imaging to distinguish between scar tissue and recurrent lumbar disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976.)* 19:2826–2832
- 132) Bischoff RJ, Rodriguez RP, Gupta K et al (1993) A comparison of computed tomography-myelography, magnetic resonance imaging, and myelography in the diagnosis of herniated nucleus pulposus and spinal stenosis. *J Spinal Disord* 6:289–295
- 133) Forristall RM, Marsh HO, Pay NT (1988) Magnetic resonance imaging and contrast CT of the lumbar spine. comparison of diagnostic methods and correlation with surgical findings. *Spine (Phila Pa 1976.)* 13:1049–1054
- 134) Jackson RP, Cain JE Jr, Jacobs RR et al (1989) The neuroradiographic diagnosis of lumbar herniated nucleus pulposus: II. a comparison of computed tomography (CT), myelography,
- 135) Chawalparit O, Churojana A, Chiewvit P et al (2006) The limited protocol MRI in diagnosis of lumbar disc herniation. *J Med Assoc Thai* 89:182–189
- 136) Homayouni K, Jafari SH, Yari H. Sensitivity and Specificity of Modified Bragard Test in Patients With Lumbosacral Radiculopathy Using Electrodiagnosis as a Reference Standard. *J Chiropr Med.* 2018;17(1):36-43.
- 137) van der Windt DA, Simons E, Riphagen II. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;(2)
- 138) Vroomen PC, de Krom MC, Wilmink JT, Kester AD, Knottnerus JA. Diagnostic value of history and physical examination in patients suspected of lumbosacral nerve root compression. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002;72(5):630–634.
- 139) Peulić A, Šušteršič T, Peulić M. Non-invasive improved technique for lumbar discus hernia classification based on fuzzy logic. *Biomed Tech (Berl).* 2019;64(4):421-428
- 140) T. Suštersic, V. Ranković, M. Peulić and A. Peulić, "An Early Disc Herniation Identification System for Advancement in the Standard Medical Screening Procedure Based on Bayes Theorem," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 24(1) 151-159,

БИОГРАФИЈА ДОКТОРАНДА

Др Миодраг Пеулић је рођен 04.09.1973. године у Нишу. Медицински факултет у Крагујевцу је завршио 1999. године са просечном оценом 9,11. Након завршетка факултета запослио се као асистент приправник на предмету Анатомија Медицинског факултета у Крагујевцу. По завршетку војног рока, запослио се у тадашњем КБЦ-у Крагујевац. Специјализацију из неурохирургије, на Медицинском факултету у Београду, на Клиници за неурохирургију, завршио је 2007. године са оценом одличан. Специјалистичко-академске студије на Медицинском факултету у Београду је завршио 2010. године. Ужу специјализацију из онкологије на Медицинском факултету у Београду је завршио 2019. године.

До сада је објавио осам радова из категорије М20, од којих је на два рада први аутор. Три рада су из докторске дисертације.

Др Миодраг Пеулић је асистент на предмету Хирургија, на Факултету медицинских наука у Крагујевцу и ради у КЦ Крагујевац, у Центру за неурохирургију.

Ожењен је и има троје деце: Ангелину, Димитрија и Вукашина.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a Miodrag Peulić

broj upisa _____

Izjavljujem

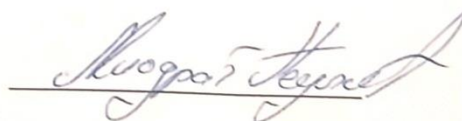
da je doktorska disertacija pod naslovom

„Primena platforme za određivanje površinske raspodele pritiska stopala u dijagnostici i proceni uspešnosti hirurškog lečenja lumbalne diskus hernije“

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 29.09.2020.



Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Miodrag Peulić

Broj upisa _____

Studijski program _____

Naslov rada Primena platforme za određivanje površinske raspodele pritiska stopala u dijagnostici i proceni uspešnosti hirurškog lečenja lumbalne diskus hernije

Mentor Prof.dr Miloš Joković

Potpisani Miodrag Peulić

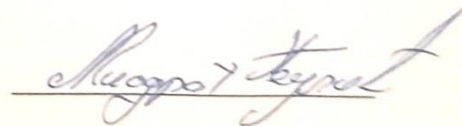
izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 29.09.2020.



Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Primena platforme za određivanje površinske raspodele pritiska stopala u dijagnostici i proceni uspešnosti hirurškog lečenja lumbalne diskus hernije

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

U Beogradu, 29.09.2020.

Potpis doktoranda

