



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ



Ирена М. Димитријевић

**ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ
ТЕРМОВИЗИЈСКЕ КАМЕРЕ У
ДИЈАГНОСТИЦИ И ПРОЦЕНИ
ТЕРАПИЈСКОГ ЕФЕКТА ФИЗИКАЛНИХ
АГЕНАСА КОД ЛУМБОСАКРАЛНЕ
РАДИКУЛОПАТИЈЕ**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ниш, 2016.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF MEDICINE



Irena M. Dimitrijević

**APPLICATION OF INFRARED
THERMOVISION CAMERA
IN DIAGNOSIS AND ASSESMENT
OF THERAPEUTIC EFFECT
OF PHYSICAL MODALITIES
IN LUMBOSACRAL RADICULOPATHY**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2016.

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:	Доц. др Мирјана Коцић, Медицински факултет, Универзитет у Нишу
Наслов:	ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОВИЗИЈСКЕ КАМЕРЕ У ДИЈАГНОСТИЦИ И ПРОЦЕНИ ТЕРАПИЈСКОГ ЕФЕКТА ФИЗИКАЛНИХ АГЕНАСА КОД ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ
Резиме:	<p>Увод: Лумбосакрална радикулопатија настаје услед дисфункције корена спиналног нерва лумбосакралног дела кичме. Температурна асиметрија доњих екстремитета настала услед вазомоторне дисфункције може да се визуализује и прецизно детектује применом инфрацрвене термовизијске камере. Циљ рада: Испитати значај инфрацрвене термовизијске камере у дијагностици лумбосакралне радикулопатије и проценити терапијски ефекат физикалних агенаса, евалуацијом параметара термографског, клиничког и функционалног испитивања. Метод: У истраживање је укључено 75 пацијената са дијагнозом унилатералне лумбосакралне радикулопатије, постављеном након клиничког и електромиографијског испитивања. Пацијенти су подељени у три групе. У групи А примењен је ласер мале снаге и кинезитерапија, у групи Б транскутана електрична нервна стимулација (ТЕНС) и кинезитерапија, а у групи Ц само кинезитерапија. Испитивани параметри су обухватили: интензитет бола (визуелна аналогна скала), покретљивост лумбалног дела кичме (проба прсти–под, Schober тест) и функционалну способност пацијента (Oswestry Disability Index). Инфрацрвеном термовизијском камером снимане су регије од интереса (РОИ) на доњим екстремитетима. Квантитативном анализом добијених термограма утврђена је РОИ са максималним вредностима термалног дефицита ($\max \Delta T$), а затим испитана корелација $\max \Delta T$ са сваким испитиваним параметром понаособ. Процена терапијског ефекта физикалних агенаса вршена је упоредном анализом термограма, као и компарацијом параметара клиничког и функционалног испитивања добијених пре и после терапије. Резултати: Утврђена је значајна корелација $\max \Delta T$ са степеном лезије спиналних коренова, као и са параметрима клиничког и функционалног испитивања. Примењени терапијски протоколи постигли су добар терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије, с тим што је комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постигнут статистички значајно бољи терапијски ефекат, него комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије, у односу на све испитиване параметре. Закључак: Добијени резултати су показали да инфрацрвена термографија може да се користи у дијагнози и процени терапијског ефекта физикалних агенаса код унилатералне</p>

	лумбосакралне радикулопатије. Ласеротерапија се показала супериорна у поређењу са ТЕНС-ом код лумбосакралне радикулопатије.
Научна област:	Медицина
Научна дисциплина:	Физикална медицина и рехабилитација
Кључне речи:	Лумбосакрална радикулопатија, инфрацрвена термографија, ласер мале снаге, транскутана електрична нервна стимулација
УДК:	616.833.5-07-08:615.849
CERIF класификација :	В710 Физикална медицина, кинезитерапија, ревалидација, рехабилитација
Тип лиценце Креативне заједнице:	CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	Mirjana Kocić, Assistant professor, Faculty of Medicine, University of Nis
Title:	APPLICATION OF INFRARED THERMOVISION CAMERA IN DIAGNOSIS AND ASSESMENT OF THERAPEUTIC EFFECT OF PHYSICAL MODALITIES IN LUMBOSACRAL RADICULOPATHY
Abstract:	<p>Introduction: Lumbosacral radiculopathy (LSR) occurs due to the dysfunction of the spinal nerve root in the lumbosacral region of the spine. Temperature asymmetry of the lower extremities caused by vasomotor dysfunction can be visualized and accurately detected by infrared thermovision camera. Objective: To examine the importance of infrared thermovision camera in diagnosis of LSR and assess therapeutic effect of physical modalities by evaluation of thermographic, clinical and functional parameters. Method: The study included 75 patients with unilateral LSR, which was diagnosed by clinical and electromyoneurographic examinations. The patients were divided into three groups. Group A was treated by low level laser and kinesitherapy. Group B was treated by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and kinesitherapy. Group C was treated only by kinesitherapy. The tested parameters included: pain intensity at rest and during active movement (visual analogue scale), lumbar movement (finger-floor test, Schober test) and functional disability (Oswestry Disability Index). Infrared thermovision camera recorded the regions of interest (ROI_s) in lower extremities. The quantitative analysis of the obtained thermograms determined ROI_s with maximum values of the thermal deficit (maxΔT), then max ΔT correlation with each tested parameter was examined. Results: There was significant correlation of max ΔT with the degree of spinal roots`lesion as well as with parameters of clinical and functional examinations. The therapeutic effect of physical modalities was assessed by comparative analysis of parameters of thermographic, clinical and functional examinations obtained before and after treatment. The applied therapy protocols achieved a good therapeutic effect in LSR but combined application of low level laser and kinesytherapy achieved significantly better therapeutic effect than combined application of TENS and kinesitherapy with respect to all tested parameters. Conclusion: The results showed that infrared thermography can be used in diagnosis and assessment of therapeutic effect of physical modalities in unilateral LSR. Laser therapy was proved to be superior compared to TENS in LSR.</p>
Scientific Field:	Medicine
Scientific Discipline:	Physical medicine and rehabilitation

Key Words:

Lumbosacral radiculopathy, infrared thermography, low level laser, transcutaneous electrical nerve stimulation

UDC:

616.833.5-07-08:615.849

CERIF
Classification:

B710 Physical medicine, kinesitherapy, revalidation, rehabilitation

Creative
Commons
License Type:

CC BY-NC-ND

*Николи и Лазару,
што постоје и дају смисао свему што радим.*

За израду докторске дисертације, посебну захвалност упућујем:

- Ментору, *доц. др Мирјани Коцић*, на несебично пренетим искуствима, драгоценим саветима и сугестијама, на подршци, стрпљењу и разумевању;
- *Проф. др Милицы Лазовић*, на указаном поверењу, подршци и датој идеји о истраживању у области инфрацрвене термографије;
- *Проф. др Драгану Манчићу*, на стрпљењу и несебичној помоћи у термографском испитивању пацијената;
- *Проф. др Ивони Станковић и проф. др Лидији Димитријевић*, на значајним саветима, подршци и разумевању;
- *Др Олги Маринковић* на подршци и стручној помоћи.

Најискреније се захваљујем:

- *Мами, тати* и сестри *Марини*, на неизмерној помоћи, подршци и подстицању;
- Супругу *Саши*, на пруженој љубави и стрпљењу, а посебно на техничком уобличавању ове дисертације;
- Хвала синовима *Николи и Лазару*, због тога што живот чине вредним.

СКРАЋЕНИЦЕ - ћирилица

- ♦ ГМС груба моторан снага
- ♦ ДФ дорзални флескори
- ♦ ЕМГ електромиографија
- ♦ ЕМНГ електромионеурографија
- ♦ ИМП импулсно магнетно поље
- ♦ Л лумбални
- ♦ ММТ мануелно мишићни тест
- ♦ ППД прсти под дистанца
- ♦ ПФ плантарни флексори
- ♦ РОИ регија од интереса
- ♦ С сакрални
- ♦ ТЕНС транскутана електрична нервна стимулација
- ♦ ХИВ вирус хумане имунодефицијенције

СКРАЋЕНИЦЕ - латиница

- ♦ АТФ аденозин-трифосфат (*енгл. adenosine triphosphate*)
- ♦ ВМІ индекс телесне масе (*енгл. body mass index*)
- ♦ CGRP пептид везан за ген калцитони (*енгл. calcitonin gene-related peptide*)
- ♦ COX-2 циклооксигеназе (*енгл. cyclooxygenase 2*)
- ♦ CRPS комплексни регионални болни синдром (*енгл. complex regional pain syndrom*)
- ♦ СТ компјутеризована томографија (*енгл. computed tomography*)
- ♦ GAP-43 протеин асоциран са растом (*енгл. growth-associated protein-43*)
- ♦ IL интерлеукин (*енгл. interleukin*)
- ♦ IRT инфрацрвена термографија (*енгл. infrared thermography*)
- ♦ MRI магнетна резонанца (*енгл. magnetic resonance imaging*)
- ♦ NSAIL нестероидни антиинфламаторни лекови
- ♦ ODI *Oswestry Disability Index*
- ♦ PGE2 простагландин E2 (*енгл. prostoglandin*)
- ♦ TNF- α фактор некрозе тумора алфа (*енгл. tumor necrosis factor alpha*)
- ♦ VAS визуелна аналогна скала (*енгл. visual analog scale*)
- ♦ VWF вибрациони бели прсти (*енгл. vibration white finger*)

Садржај

1. УВОД.....	14
2. ЛУМБОСАКРАЛНА РАДИКУЛОПАТИЈА	16
2.1. ДЕФИНИЦИЈА	16
2.2. ИСТОРИЈАТ	17
2.3. ЕПИДЕМИОЛОГИЈА	17
2.3.1. Фактори ризика	18
2.4. ЕТИОЛОГИЈА	19
2.5. ПАТОГЕНЕЗА.....	20
2.6. КЛИНИЧКА СЛИКА	22
2.6.1. Клинички ток радикулопатије	24
2.6.2. Клиничка презентација монорадикулопатија и синдрома caudae equinae.....	24
2.7. ДИЈАГНОСТИКА.....	25
2.7.1. Анамнеза	25
2.7.2. Физикални преглед	26
2.7.3. Радиографија	27
2.7.4. Компјутеризована томографија	27
2.7.5. Магнетна резонанца	28
2.7.6. Дискографија.....	28
2.7.7. Електродијагностичко испитивање	29
2.8. ДИФЕРЕНЦИЈАЛНА ДИЈАГНОЗА	30
2.9. ПРЕВЕНЦИЈА.....	31
2.10. ПРОГНОЗА.....	31
3. ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ У ДИЈАГНОЗИ ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ	33
3.1. ДЕФИНИЦИЈА	33
3.2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ТЕРМОГРАФИЈЕ	34
3.3. ПРИНЦИП МЕРЕЊА ТЕМПЕРАТУРЕ КОЖЕ.....	35
3.4. ПРИНЦИПИ РАДА ТЕРМОВИЗИЈСКЕ КАМЕРЕ.....	36
3.5. ИНТЕРПРЕТАЦИЈА ТЕРМОГРАМА	37
3.6. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА КЛИНИЧКУ ПРИМЕНУ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ	39
3.6.1. Фактори средине	39
3.6.2. Индивидуални фактори.....	39

3.6.3. Технички фактори	41
3.7. ПРОЦЕДУРА ПРИМЕНЕ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ.....	42
3.8. ПРОВОКАЦИОНИ ТЕСТОВИ У ОКВИРУ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ.....	43
3.9. КЛИНИЧКА ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ.....	45
3.10. ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ У РАЗЛИЧИТИМ ОБЛАСТИМА У МЕДИЦИНЕ	46
3.10.1. Примена термографије код унилатералне лумбосакралне радикулопатије.....	47
3.11. ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТЦИ ТЕРМОГРАФИЈЕ.....	48
4. ТЕРАПИЈА ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ.....	50
4.1. ПРИНИЦИПИ ЛЕЧЕЊА ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ.....	51
4.1.1. Акутни стадијум.....	51
4.1.2. Субакутни стадијум	52
4.1.3. Хронични стадијум	53
4.2. ФИЗИКАЛНА ТЕРАПИЈА	53
4.2.1. Ласеротерапија	54
4.2.1.1. Карактеристике ласерског зрачења	55
4.2.1.2. Принцип добијања ласерског зрачења	55
4.2.1.3. Биолошки ефекти ласера мале снаге.....	56
4.2.1.4. Терапијски ефекти ласера мале снаге	56
4.2.1.5. Техника примене.....	57
4.2.1.6. Индикације.....	58
4.2.1.7. Контраиндикације.....	59
4.2.2. Транскутана електрична нервна стимулација	59
4.2.2.1. Терапијски ефекти транскутане електричне нервне стимулације.....	59
4.2.2.2. Врсте транскутане електричне нервне стимулације	60
4.2.2.3. Индикације.....	62
4.2.2.4. Контраиндикације.....	62
4.2.3. Кинезитерапија.....	62
4.2.3.1. Вежбе стабилизације лумбалне кичме	63
4.2.3.2. Комбиновани кинезитерапијски програм	64
4.3. МЕДИКАМЕНТОЗНА ТЕРАПИЈА.....	65
4.4. ОПЕРАТИВНА ТЕРАПИЈА	66
4.5. ЕДУКАЦИЈА ПАЦИЈЕНАТА.....	67
5. РАДНА ХИПОТЕЗА	68
6. ЦИЉ РАДА	69
7. ИСПИТИВАНИ ПАЦИЈЕНТИ И МЕТОД.....	70
7.1. ИСПИТИВАНИ ПАЦИЈЕНТИ	70
7.2. МЕТОДОЛОГИЈА.....	71

7.2.1. Испитивани параметри.....	73
7.2.2. Терапијски протоколи.....	78
7.3. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА ПОДАКА.....	78
8. РЕЗУЛТАТИ.....	80
8.1. СТРУКТУРА ПАЦИЈЕНАТА У ОДНОСУ НА ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ.....	80
8.2. СТРУКТУРА ИСПИТИВАНИХ ГРУПА У ОДНОСУ НА ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПАЦИЈЕНАТА.....	82
8.3. НАЛАЗ МАГНЕТНЕ РЕЗОНАНЦЕ КОД ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА.....	84
8.4. НАЛАЗ ЕЛЕКТРОМИОНЕУРОГРАФИЈЕ ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА..	85
8.4.1. Структура испитиваних група у односу на степен оштећења корена спиналног нерва	85
8.5. АНАЛИЗА ТЕРМОГРАМА ДОЊИХ ЕКСТРЕМИТЕТА.....	86
8.6. КОРЕЛАЦИЈА ИЗМЕЂУ ТЕРМАЛНОГ ДЕФИЦИТА И СТЕПЕНА ЛЕЗИЈЕ СПИНАЛНОГ КОРЕНА	89
8.7. КОРЕЛАЦИЈА ИЗМЕЂУ ТЕРМАЛНОГ ДЕФИЦИТА И КЛИНИЧКИХ ПАРАМЕТАРА.....	90
8.7.1. Корелација између термалног дефицита и интензитета бола	91
8.7.2. Корелација између термалног дефицита и покретљивости лумбалног дела кичме.....	92
8.7.3. Корелација између термалног дефицита и теста истезања по Лазаревићу	94
8.7.4. Корелација између термалног дефицита и грубе моторне снаге плантарних и дорзалних флектора стопала.....	94
8.8. КОРЕЛАЦИЈА ИЗМЕЂУ ТЕРМАЛНОГ ДЕФИЦИТА И ФУНКЦИОНАЛНЕ СПОСОБНОСТИ ПАЦИЈЕНАТА.....	94
8.9. ВРЕДНОСТ ТЕМПЕРАТУРНЕ АСИМЕТРИЈЕ У ПРОЦЕНИ ТЕРАПИЈСКОГ ЕФЕКТА ПРИМЕЊЕНИХ ФИЗИКАЛНИХ ПРОЦЕДУРА.....	95
8.10. КЛИНИЧКИ ПАРАМЕТРИ КОД ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА ПРЕ И ПОСЛЕ ТЕРАПИЈЕ	98
8.10.1. Интензитет бола пре и после терапије.....	98
8.10.2. Покретљивост лумбалног сегмента кичме пре и после терапије	100
8.10.3. Груба моторна снага плантарних и дорзалних флектора стопала пре терапије	102
8.10.4. Теста истезања по Лазаревићу пре и после терапије	102
8.11. ФУНКЦИОНАЛНА СПОСОБНОСТ ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА ПРЕ И ПОСЛЕ ТЕРАПИЈЕ	103
8.12. ПОРЕЂЕЊЕ ТЕРАПИЈСКИХ ЕФЕКТА ФИЗИКАЛНИХ ПРОЦЕДУРА ИЗМЕЂУ ИСПИТИВАНИХ ГРУПА.....	104
8.12.1. Поређење интензитета бола	104
8.12.2. Поређење покретљивости лумбалног дела кичме.....	106
8.12.3. Поређење теста истезања по Лазаревићу	108
8.13. ПОРЕЂЕЊЕ ФУНКЦИОНАЛНЕ СПОСОБНОСТИ ПАЦИЈЕНАТА	109

9. ДИСКУСИЈА	112
9.1. ДИЈАГНОСТИЧКА ВРЕДНОСТ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ	116
9.1.1. Улога инфрацрвене термографије у објективној процени унилатералне лумбосакралне радикулопатије	119
9.2. ДОПРИНОС ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ ОБЈЕКТИВНОМ ИЗБОРУ ТЕРАПИЈСКИХ ПРОЦЕДУРА.....	123
9.3. ПРОЦЕНА И ПОРЕЂЕЊЕ ТЕРАПИЈСКОГ ЕФЕКТА ФИЗИКАЛНИХ АГЕНАСА КОД ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ.....	126
9.3.1. Терапијски ефекат комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије .	126
9.3.2. Терапијски ефекат комбиноване примене транскутане електричне нерве стимулације и кинезитерапије	130
9.3.3. Предност ласера мале снаге у односу на транскутану електричну нервну стимулацију у лечењу лумбосакралне радикулопатије	133
10. ЗАКЉУЧЦИ.....	138
11. ОПШТИ ЗАКЉУЧАК	142
12. ЛИТЕРАТУРА	144
13. ПРИЛОГ	163

1. УВОД

Лумбосакрална радикулопатија представља не само здравствени, већ и психолошки, социјални и економски проблем [1].

До клиничке манифестације лумбосакралне радикулопатије долази услед дисфункције корена спиналног нерва лумбосакралног дела кичме, проузроковане компресијом и/или инфламацијом [2] [3]. Поред основног дијагностичког приступа који чине анамнеза и клинички преглед, у циљу прецизне дијагнозе лумбосакралне радикулопатије, користе се допунске дијагностичке процедуре: елетродијагностичко испитивање, магнетна резонанца (*енгл. magnetic resonance imaging (MRI)*) или компјутеризована томографија (*енгл. computed tomography (CT)*) [4] [5].

Налазе клиничког, морфолошког и функционалног испитивања, може да допуни налаз добијен применом инфрацрвене термовизијске камере, која визуализује и прецизно детектује температурну асиметрију доњих екстремитета, насталу услед вазомоторне дисфункције [6] [7]. Предност инфрацрвене термографије (*енгл. infrared thermography (IRT)*) у поређењу са другим методама, је у томе што је неинвазивна, безболна, не излаже пацијента јонизујућем зрачењу и једноставна је за примену [8] [9] [10] [11]. Поред ових предности, примена инфрацрвене термовизијске камере у циљу дијагнозе лумбосакралне радикулопатије, може да обезбеди значајну финансијску уштеду, избегавајући

потребу за скупљом истрагом [11]. Међутим, имајући у виду да температурна асиметрија, на основу које се детектује патолошки процес, у случају билатерног облика не постоји, примена термографије је ограничена само на унилатерални облик лумбосакралне радикулопатије [9].

С обзиром да се термограми добијени пре и после терапије архивирају, могућа је упоредна анализа, у циљу процене и компарације терапијског ефекта примењених процедура. На овај начин се применом инфрацрвене термовизијске камере обезбеђују информације, које доприносе објективном избору терапијских процедура [9] [12] [13] [14].

У оквиру конзервативног лечења лумбосакралне радикулопатије, поред медикаментозне терапије, примењује се широк спектар разноврсних физикалних процедура [15]. У клиничкој пракси, упркос честој примени физикалних процедура у лечењу лумбосакралне радикулопатије, могуће су контроверзе у вези њихиве примене. С обзиром да не постоје чврсти докази о терапијској ефикасности већине ових процедура, намеће се потреба да се спроведу добро контролисане студије у циљу процене и поређења терапијског ефекта физикалних процедура, код лумбосакралне радикулопатије [15] [16].

2. ЛУМБОСАКРАЛНА РАДИКУЛОПАТИЈА

2.1. ДЕФИНИЦИЈА

Лумбосакрална радикулопатија је патолошки процес, који настаје услед дисфункције корена спиналног нерва лумбосакралног дела кичме, проузроковане компресијом и/или инфламацијом [2] [3]. Најчешће су захваћени пети лумбални и први сакрални корен (L5 и S1) [17].

Главна клиничка карактеристика овог обољења је бол, који се шири из лумбалног дела кичме у један од доњих екстремитета. Поред радикуларног бола, типичну клиничку слику карактеришу сегментно оштећење сензибилитета, сегментно оштећење моторике и оштећени дубоки тетивни рефлекси [18].

2.2. ИСТОРИЈАТ

Италијански анатом *Domenico Cotugno* је 1764. године, први написао књигу о радикулопатији, описујући њену неурогену природу. Немачки патолози *Schmorl* и *Andrae* описују структуру интервертебралног диска, 1929. године омогућајући дискусију о хернијацији диска. У раду "On cartilage node in the posterior end of intervertebral disc near by the spinal canal", *Rudolf Andrae* је први описао дегенеративне промене интервертебралног диска, објашњавајући настанак протрузије диска. Немачки хирург *Fedor Krause* је 1908. године са неурологом *Heinrich Oppenheim*, први оперисао пролапс диска код пацијента који је имао акутни синдром cauda equina. *Joel E. Goldthwait* је 1911. године први истакао да је појава радикулопатије последица пролапса интервертебралног диска. *Mixter WJ* и *Barr JS* су 1933. године повезали патогенезу радикулопатије са хернијацијом диска [19] [20].

2.3. ЕПИДЕМИОЛОГИЈА

Бол у леђима је водећи узрок губитка продуктивности на радном месту, а други узрок одсуствовања са посла [21]. У неком тренутку свог живота, 60-80% становништва има бол у лумбалном делу кичме [22]. Један од главних разлога овог бола су дегенеративне промене на кичми. [18] [23].

Бол из лумбалног дела кичме, који се шири у један или више одговарајућих дерматома, указује на лумбосакралну радикулопатију [24]. Вероватно, због разлике у интерпретацији клиничког налаза, годишња преваленца лумбосакралне радикулопатије варира у широком опсегу од 2 до 34% [25]. Инциденца се повећава са продужењем животног века и највећа је у старосној групи од 45 до 64 година (16 на 1000 особа годишње). Након 65 године инциденца се смањује (око 11 на 1000 особа годишње) [26].

Лумбосакрална радикулопатија је подједнако заступљена међу оба пола. Уобичајено је да се лумбосакрална радикулопатија код мушкараца јавља у 40-тим годинама, а код жена између 50-60-тих година [27].

У 76,1% случајева лумбосакралне радикулопатије, захваћени су L5 и S1 корен спиналног нерва [17].

Код особа млађих од 50 година, хернијација диска је најзаступљенији узрок лумбалног радикуларног бола [24]. Радикулопатије дискогеног порекла су унилатералне у 94% случајева, а монорадикуларне у око 60% [28].

Конзервативно лечење омогућава резолуцију радикулопатије у 90% случајева[29].

2.3.1. Фактори ризика

Фактори повезани са повећаним ризиком за појаву лумбосакралне радикулопатије су бројни. Они се могу поделити на групу индивидуалних фактора и групу фактора који су повезани са професијом [30].

Индивидуални фактори обухватају:

- старост (45-64 година),
- повећану телесну тежину,
- пушење,
- ментални стрес, и
- недовољну физичку активност.

Професионални фактори обухватају:

- мануелни рад који захтева подизање терета тежег од 10 kg;
- лошу технику дизања терета;
- монотони рад који укључује понављање активности као што су савијање, увијање и дизања терета;
- честе вожње које укључују седење у току дужег временског периода и дејство вибрације мотора;
- коришћење вибрационе опреме [18] [30] [31] [32].

Физичка активност има директан утицај на кретање хранљивих материја до ћелија интервертебралног диска. Због тога се недовољна физичка активност повезује са редукованом исхраном диска [33]. Пошто се интервертебрални диск налази на крају ланца кретања хранљивих материја, то га чини једном од првих структура које трпе због насталог редукованог протока крви [34]. Поред тога, редукована исхрањеност интервертебралних дискова може да настане због аноксије индуковане карбокси-хемоглобином, што објашњава удруженост пушења и хернијације

диска [35] [36]. Ризик за појаву хернијације диска расте са бројем попушених цигарета дневно. Међутим након престанка пушења, ризик се смањује [34] [37].

Нека истраживања истичу повезаност дегенерације интервертебралног диска са аортном калцификацијом и оклузијом лумбалних артерија, као и са високим нивом холестерола [34] [36]. У зависности од способности пацијента да развије колатерале, постоји могућност да се спречи исхемија структура лумбалног дела кичме [34].

Генетска предиспозиција за развој дегенеративног процеса који се одвија на интервертебралном диску, често се објашњава абнормалностима колагена [38]. Истраживања показују повезаност између промена на интервертебралним дисковима лумбасакралног сегмента кичме и мутације гена који кодирају алфа-2 и алфа-3 субјединице колагена IX [39].

Фактори који повећавају ризик за прелазак у хронични стадијум и подстичу неповољан исход болести су психосоцијални фактори, такозвани "жути знаци упозорења" ("*yellow flags*") [40] [41].

Психосоцијални фактори обухватају:

- неодговарајуће ставове и уверења о боловима у леђима;
- неадекватно понашање, као одговор на присуство бола;
- незадовољство послом; и
- емотивне проблеме (стрес, узнемиреност, анксиозност, депресија, склоност лошем расположењу) [40] .

2.4. ЕТИОЛОГИЈА

Лумбосакрална радикулопатија се јавља најчешће као последица **дегенеративних промена на дискусима и фасетним зглобовима**, које доводе до компресије корена спиналног нерва у интервертебралном отвору [18] [23]. Код особа млађих од 50 година, појава радикулопатије је најчешће последица хернијације диска. Уколико су пацијенти старији од 50 година, чест узрок радикулопатије су дегенеративне промене на коштаном елементима кичме тј. стеноза интервертебралног форамена [24].

Поред тога, компресивна радикулопатија може бити резултат **акутне повреде** (фрактуре пршљена, спондилолистезе) [18]. Постоје ретки случајеви авулзије корена спиналног нерва, до које долази при фрактури сакроилијачне или пубичне кости [23].

Такође, **конгениталне аномалије** (спина бифида, цисте, деформитети кичменог стуба) могу бити узрок радикулопатије [23].

Бројни фактори, који су узрок дисфункције корена спиналног нерва могу се сврстати у групу:

- **инфламаторних болести** (Guillain-Barré синдром, хемијски радикулитис, анкилозирајући спондилитис);
- **инфективних болести**: вирусне инфекције (herpes simplex вирус, вирус хумане имунодефицијенције (ХИВ), herpes zoster) и бактеријске инфекција (mycobacterium leprae, treponema pallidum);
- **малигних болести** (метастазе, лимфом, мијелом, интрадурални тумор); или
- **васкуларних болести** (васкулитис) [23].

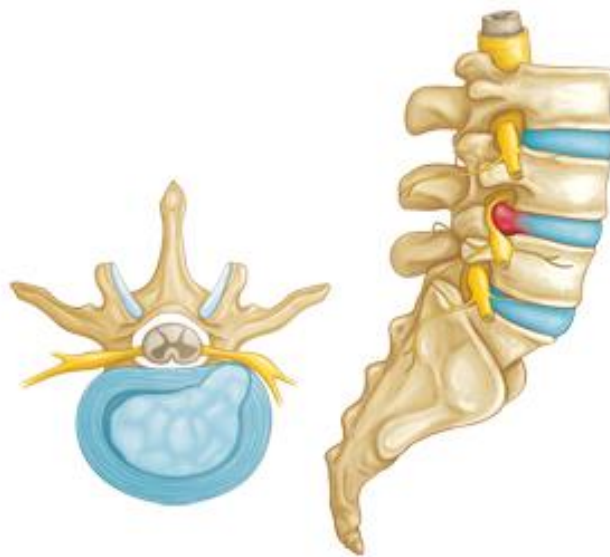
2.5. ПАТОГЕНЕЗА

Оштећење нервних структура настаје услед деловања не само механичког фактора, већ и као последица исхемије настале услед компресије крвних судова. Ове две компоненте утичу у различитом степену на оштећење нервних структура у зависности од врсте, величине и трајања компресије. Ефекти компресије су пропорционални њеној величини и трајању [42].

Експерименталне и клиничке студије, које објашњавају биохемијске интеракције између оштећеног интервертебралног диска и корена спиналног нерва, показују да инфламаторни медијатори могу да утичу на нервна влакна без механичке компресије. Насупрот томе, објављено је истраживање које објашњава утицај механичког стреса на продукцију инфламаторних агенаса и тиме истиче могући синергистички ефекат механичког и хемијског деловања. На основу предходних истраживања уочава се да је инфламација сама по себи или удружена са компресивним фактором, главни патофизиолошки механизам радикулопатије [3] [43].

Неки аутори сугеришу на могућу улогу аутоимуног процеса, који започиње када имуни систем препознаје протеине *nucleus pulposus-a* као страног тела. То је због тога што протеини *nucleus pulposus-a* нису изложени системској циркулацији, све док је интегритет интервертебралног диска очуван [21].

Биохемијске и механичке промене интервертебралног диска које доводе до дисфункције корена спиналног нерва су последица дегенеративних промена. Дегенерација интервертебралног диска почиње рано у животу, а последица је деловања различитих фактора везаних за стил живота, као и сам процес старења [44]. Током година, као резултат старења, долази до смањења хидратације *nucleus pulposus-a*, а еластична колагена влакна замењује фиброзно везивно ткиво. Уз такве промене, релативно мале трауме нарушавају интегритет *annulus fibrosus-a* и изазивају миграцију *nucleus pulposus-a* пут најмањег отпора (Слика 2.1.) [45] [46]. *Nucleus pulposus* најчешће мигрира у дорзолатералном и дорзалном правцу, пошто је у том делу дискус најслабије исхрањен, а истовремено изложен највећим притисцима У зависности од нивоа, смера и величине херније, као и ширине интервертебралног отвора и околних дегенеративних промена, долази до компресије једног или више коренова. Дорзолатералне хернијације диска, обично доводе до компресије једног корена и то у пределу интервертебралног отвора. Једино уколико је пролапс масиван, шири се нагоре или надоле дуж задњег уздужног лигамента, онда могу бити захваћена два корена. Док дорзомедијалне хернијације диска у нивоу лумбалне кичме доводе до компресије *cauda equinae* [42].



Слика 2. 1. Хернијација интервертебралног диска

(Извор: American Academy of Orthopedic Surgeons. Lumbar Disk Herniation. Available from: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00534>)

Након нарушавања интегритета појединих структура интервертебралних дискуса, редукује се стабилизационо својство *annulus fibrosus-a* и долази до нестабилности захваћеног сегмента кичме. Као одговор на новонастало стање, јавља се реактивно формирање коштаног ткива и то често обострано на маргинама тела пршљена. Резултат овога су остеофити на класичном радиографском налазу. Формирање остеофита на коштаним елементима кичме уз хипертрофију *ligamentum flavum-a*, може довести до стенозе вертебралних и интервертебралних отвора [46].

2.6. КЛИНИЧКА СЛИКА

Лумбосакрална радикулопатија дегенеративне етиологије може да се презентује као монорадикулопатија, полирадикулопатија или синдром *cauda equinae*. Када је узрок радикулопатије хернијација диска, она се најчешће манифестује у виду **монорадикулопатије**. Уколико је радикулопатија последица вирусне инфекције, онда се претежно испољава у виду **полирадикулопатије**.

Тада стовремено могу бити захваћени мозак, кичмена можина и периферни нерви систем [28].

Лумбосакрална радикулопатија може да се манифестује као унилатерална или билатерална. У већини случајева је *унилатерална*, када је узрок хернијација диска. У случају акутног почетка *билатералног* облика радикулопатије дегенеративне етиологије, повећава се могућност манифестације синдрома caudaе equinae. Док акутни почетак билатералне радикулопатије недегенеративне етиологије указује на васкуларне болести, фрактуре, инфекције или инфламаторне болести [28].

Клиничка слика радикулопатије зависи од три фактора: нивоа протрузије, величине и локализације [45]. Лумбосакралну радикулопатију карактерише:

1. *сегментно оштећење сензибилитета,*
2. *сензитивни надражајни феномени (парестезије, дизестезије, хипералгезија),*
3. *сегментно оштећење моторике, и*
4. *оштећење дубоких тетивних рефлекса* [42].

Доминантну улогу у клиничкој манифестацији радикулопатије има радикуларни бол, кога карактерише дистрибуција у подручју инервације захваћеног корена спиналног нерва. Кијање, кашаљ и дефекација обично појачавају радикуларни бол. Ово се дешава услед повећаног притиска церброспиналне течности у субарахноидалном простору, који потенцира компресију корена спиналног нерва [24] [42].

Уколико су оштећена и аутономна нервна влакна, радикулопатију прати испад функције мокраћне бешике и дебелог црева, као и сексуална дисфункција [42].

Поред клиничке манифестације на доњим екстремитетима, лумбалну радикулопатију карактерише: ограничена покретљивост лумбалног дела кичме, услед спазма паравертебралне мускулатуре или појаве бола при одређеном покрету [24]. Спазам паравертебралне мускулатуре је заштитни механизам, којим се ограничавају покрети лумбалног дела кичме и тиме спречавају даља оштећења [42] [45].

2.6.1. Клинички ток радикулопатије

У зависности од интензитета и трајања болног синдрома у оквиру радикулопатије, разликујемо:

1. **акутни стадијум**, који карактерише интензиван бол непромењеног или повећаног интензитета у трајању до 4 недеље;
2. **субакутни стадијум**, који карактеришу јаки болови у трајању 4-12 недеља, који су нешто слабијег интензитета у односу на акутну фазу;
3. **хронични стадијум** карактеришу болови лакшег до умереног интензитета, који перзистирају дуже од 12 недеља. У овом стадијуму могући су периоди ремисије и погоршања у трајању и до неколико дана [40] [42].

Поред претходно наведеног, клинички ток радикулопатије може бити и **рецидивантни**, уколико се јави нова епизода акутног болног синдрома након периода од 6 месеци, током којег се болест није клинички манифестовала [40].

2.6.2. Клиничка презентација монорадикулопатија и синдрома caudae equinae

Оштећење Л3 корена карактерише: а) оштећење сензибилитета, које се јавља у дерматому Л3 тј. простире се од спољашне стране горњег дела натколенице преко предње стране натколенице до медијалне стране колена; б) моторни испад, који се манифестује слабошћу *m. quadriceps femoris*; ц) ослабљен пателарни рефлекс [24] [42].

Оштећење Л4 корена карактерише: а) оштећење сензибилитета, које се јавља у дерматому Л4 тј. простире се медијалном страном потколенице; б) моторни испад, који се манифестује слабошћу *m. tibialis anterior*; ц) ослабљен пателарни рефлекс [42] [45].

Оштећење Л5 корена карактерише: а) оштећење сензибилитета, које се јавља у дерматому Л5 тј. простире се спољашњом страном потколенице, преко дорзума стопала ка палцу стопала; б) моторни испад који се манифестује слабошћу *m. extensor hallucis longus* [42] [45].

Оштећење С1 корена карактерише: а) оштећење сензибилитета које се јавља у дерматому С1 тј. простире се задњом страном потколенице, латералним делом стопала и захвата мали и домали прст стопала; б) моторни испад који се манифестује слабошћу *m. triceps surae*; ц) ослабљен или угашен Ахилов рефлекс [42] [45].

Синдром *caudae equinae* карактеришу билатерални полирадикуларни сензитивни и моторни испади, уз знакове оштећења влакана аутономног нервног система, који укључују дисфункцију мокраћне бешике, дебелог црева и сексуалну дисфункцију [42].

2.7. ДИЈАГНОСТИКА

Иницијална дијагноза радикулопатије се заснива на детаљно узетој анамнези и физикалном прегледу [5]. За прецизну дијагнозу радикулопатије неопходне су информације о функцији корена спиналог нерва, као и о структурним променама на кичми. Због тога се користе допунске дијагностичке процедуре: електродијагностичко испитивање, MRI и/или СТ [3] [5].

2.7.1. Анамнеза

Анамнеза се у првом реду односи на карактер и локализацију бола, који је доминантна карактеристика радикулопатије. Поред тога, она обухвата историјат претходно присутних сличних тегоба, као и спроведених терапијских процедура [18]. Детаљно узимање анамнезе има за циљ идентификовање "**црвених знакова упозорења**" ("*red flags*"), које указују на могућа озбиљна патолошка стања која захтевају детаљније испитивање [10]. "Црвени знаци упозорења" укључују :

1. појаву болести у старосној доби испод 20 година или изнад 55 година;
2. недавну историју насилне трауме;
3. константан, прогресивни, немеханички бол;
4. торакални бол;
5. прошлу историју малигног тумора;
6. пролонгирану примену кортикостероида;

7. злоупотребу наркотика, имуносупресију, HIV;
8. општу слабост;
9. необјашњиви губитак телесне тежине;
10. распрострањеност неуролошких симптома;
11. структурне деформитете кичме;
12. грозницу [40].

2.7.2. Физикални преглед

Свеобухватан клинички преглед пацијента којим се процењује радикулопатија, треба да обухвати детаљну процену мишићно-скелетног и неуролошког система [47].

а) Испитивање мишићно-скелетног система укључује: процену постуре, процену сегментне покретљивости кичме, покретљивости зглобова доњих екстремитета и процену сакроилијачне функције [47] [48].

Типични постурални дефицит укључује ротацију или бочно савијање у једну страну, што одређује правац хернијације диска у односу на корен спиналног нерва [48] [49].

Пацијент са латералном хернијацијом диска, често се савија супротно од стране дуж које се шири бол, и на тај начин га редукује. Уколико је присутна медијална хернијација диска, да би редуковао бол, пацијент се бочно савија ка страни бола [49]. Поред тога, постурални дефицит укључује недостатак физиолошке лумбалне лордозе и/или немогућност пацијента да стоји усправно [48].

б) Неуролошко испитивање увек треба да укључи:

- детаљно испитивање сензибилитета по дерматомима,
- испитивање снаге репрезентативних мишића одређених миотома, и
- испитивање дубоких тетивних рефлекса на доњим екстремитетима [48].

Осим тога физикални преглед обухвата и провокативне тестове. Њиховим извођењем се повећава иритација корена спиналног нерва и обезбеђују додатне информације о основном патолошком процесу који обухвата корен спиналног нерва [47] [49]. Тест истезања по Лазаревићу (Лазаревићев знак) је позитиван, уколико се ипсилатерално репродукује радикуларни бол при елевацији захваћеног

доњег екстремитета. Позитиван Лазаревићев знак указује да је хернијација диска локализована претежно латерално. Уколико се бол репродукује контралатерално при подизању незахваћеног доњег екстремитета, ради се о позитивном укрштеном Лазаревићевом знаку, који показује да је хернијација диска локализована претежно медијално [49]. У односу на хернијацију диска са захватањем корена спиналног нерва, Лазаревићев знак је јако сензитиван и то у 91%, а мање специфичан у 26%. За разлику од претходно наведеног, укрштени Лазаревићев знак је више специфичан (88%), а мање сензитиван (29%) [30] [50] [51].

2.7.3. Радиографија

Радиографија детектује само основне структурне промене на кичми. Она се често прекомерно користи у дијагнози лумбалног бола, упркос сазнању да пацијента излаже дејству јонизујућег зрачења. За већину епизода акутног лумбалног бола примена радиографије није оправдана, осим у случају када се јави прогресивни неуролошки дефицит, као и код постојања такозваних "црвених знакова упозорења", који захтевају детаљнију обраду. Примена радиографије се посебно препоручује у циљу иницијалне процене код остеопорозе и дуготрајне употребе кортикостероида, због могуће вертебралне компресивне фрактуре. Поред тога, радиографија је индикована код сумње на анкилозирајући спондилитис [52] [53].

2.7.4. Компјутеризована томографија

Компјутеризована томографија визуализује структурне промене на кичми, посредством јонизујућег зрачења. Пошто је значајан број позитивних налаза у асимптоматској популацији, ова метода има ниску специфичност. Раније се СТ комбиновала са мијелографијом, у циљу преоперативне процене болесника, пошто омогућава визуализацију корена спиналног нерва и тиме повећава сензитивност у детекцији дискус херније [52].

С обзиром на могућност MRI да боље визуализује структурне промене на меким ткивима, и то без коришћења јонизујућег зрачења, обично се примена СТ саветује у случају када постоје контраиндикације за MRI (пејсмекар, метална страна тела, транскутани електрични стимулатори, трудноћа, клаустрофобија) [42] [54].

2.7.5. Магнетна резонанца

Магнетну резонанцу карактерише изузетна сензитивност у детекцији патолошких промена на кичми, због могућности одличне визуализације структурних детаља [5]. Према препорукама Националног водича Clearinghouse (the National Guideline Clearinghouse) индикације за примену MRI код лумбалног бола су:

- перзистентни или прогресивни симптоми током или након 6 недеља конзервативног лечења лумбалног бола;
- прогресивни или тежак неуролошки дефицит;
- „црвени знаци упозорења“ ("*red flags*");
- уколико дијагностика остаје нејасна;
- уколико је пацијент кандидат за оперативно лечење;
- сумња на компресију или трауму кичмене мождине [53].

North American Spine Society препоручује MRI као најадекватнију неинвазивну дијагностичку методу за евалуацију пацијената са суспектном хернијацијом диска [54]. Ова дијагностичка процедура представља јединствен начин за процену обима хернијације диска (протрузија, екструзија, секвестрација диска) и његовог односа са околним нервним структурама [44] [55] [56].

Поред тога MRI може да обезбеди информацију о присуству бола у дегенеративно измењеном интервертебралном диску, на основу присутне зоне високог интензитета у постериорном делу *annulus fibrosus-a* [57]. Недостатак ове методе је ниска специфичност, с обзиром да хернијација интервертебралног диска може да се уочи на MRI налазу, код 20-36% асимптоматске популације [18] [58].

2.7.6. Дискографија

Дискографија обезбеђује информације о структури и осетљивости дискова. Она је индикована код пацијента који немају задовољавајући терапијски одговор, као и код пацијената који имају двосмислен налаз MRI, с тим што се не препоручује у прва 3 месеца. Такође, ова метода је индикована у процени интервертебралних дискова пре минимално инвазивних интервенција, као и у процени пацијената код којих операција није успела [52] [59].

2.7.7. Електродијагностичко испитивање

Значајност примене електродијагностичког испитивања, посебно се истиче уколико су налази визуализационих дијагностичких процедура негативни, као и у случајевима атипичне клиничке презентације [60]. Од процедура електродијагностичког испитивања, електромиографија (ЕМГ) се користи за дијагнозу лумбосакралне радикулопатије. Док остале процедуре (електронеурографија, соматосензорни евоцирани потенцијали) могу да се користе у диференцијалној дијагнози [61].

Електромиографија (ЕМГ) има велику дијагностичку вредност [52]. Ова метода може да пружи информације о обиму оштећења функције корена спиналног нерва [62]. Поред тога, његова примена има за циљ да симптоме пацијента локализује на одређени ниво корена спиналног нерва [52]. Међутим, због преклапања инервације мишића, тешко се локализује абнормалност у нивоу једног сегмента [18] [52]. Електромиографија има могућност да процени старост лезије, што је посебно битно код пацијената са претходном хирушком интервенцијом и резидуалним болом [23].

С обзиром да је налаз ЕМГ ретко позитиван код асимптоматских пацијената, ЕМГ карактерише висока специфичност, што је њена предност у поређењу са другим дијагностичким процедурама [29]. Насупрот томе, сензитивност ЕМГ није тако висока. Постоје извесна ограничења при електромиографском испитивању, с обзиром да налаз ЕМГ може бити нормалан у следећим случајевима: 1) код пацијента са акутном радикулопатијом, 2) код пацијента са предоминантно сензорном радикулопатијом, 3) код пацијента са чисто демјелинизирајућом радикулопатијом, 4) у случају када је денервација уравнотежена са реинервацијом, 5) као и у случају старе денервације [61]. Поред тога, имплантиран пејсмекер и примена антикоагулантне терапије могу ограничити примену ове дијагностичке методе. С обзиром да је неопходна добра сарадња пацијента за примену ЕМГ, изражено анксиозни пацијенти захтевају посебну припрему [63].

Уколико се планира ова дијагностичка метода, потребно је узети у обзир да је њена примена временски ограничена на период од 3 недеље до 4-6 месеци од почетка симптома [52].

У оквиру стимулационе електромиографије, при дражењу појединих нерава јављају се касни мишићни одговори и то су: Х рефлекс и Ф талас. Продужена латенца Х рефлекса и Ф таласа указује на радикуларне лезије. Пошто Ф талас укључује два или више корена, у случају монорадикуларне лезије када се импулси преносе кроз неоштећени корен, може се регистровати нормална латенца. Продужена латенца и снижена амплитуда Х рефлекса указују на лезију С1 корена [52] [64].

Поред дијагностичке улоге, ЕМГ квантификањем обима оштећења функције корена спиналног нерва, има могућност прогнозе његовог функционалног опоравка [52] [61].

2.8. ДИФЕРЕНЦИЈАЛНА ДИЈАГНОЗА

Диференцијално дијагностички треба размотрити, бројне болести као што су: малигне болести, инфективне (сподилодисцитис, септични сакроилеитис), инфламаторне, васкуларне болести, фрактуре, пелвичне и абдоминалне болести [28].

Диференцијална дијагноза добија посебан значај, када налази радиолошког испитивања нису у складу са клиничком манифестацијом болести. То су случајеви када су хернијације диска уочене у асимптоматској популацији или уколико компресија корена спиналног нерва није нађена код симптоматских пацијената. Забележен је и случај када хернијација диска може бити узрок радикулопатије са пратећом хипорефлексијом и слабошћу мишића, али без присуства бола [28].

При постављању дијагнозе првенствено треба искључити такозвану псеудорадикулопатију која се односи на болести које имитирају симптоме и знакове радикулопатије. Псеудорадикулопатија укључује трохантерични бурзитис који имитира Л2-Л4 радикулопатију. Поред тога, псеудорадикуларна презентација може бити последица иритације лумбосакралног плексуса услед инфламације сакроилијачних зглобова [28].

Манифестација клаудикације има диференцијално дијагностички значај. Она указује на васкуларне болести или спиналну стенозу. Позиција која ослобађа пацијента клаудикације значајна је за диференцијацију ових болести, тако је за васкуларне болести карактеристично одмарање у позицији стајања, док је за

спинану стенозу карактеристично одмарање током седења тј. флексије кичме [28].

Уколико постоји сумња на инфективне или инфламаторне болести, ради диференцијације потребно је лабораторијско испитивање. Поред комплетне крвне слике, ово испитивање укључује, седиментацију еритроцита и CRP (*енгл. C- reactive protein*), као и HLA типизацију[28].

2.9. ПРЕВЕНЦИЈА

У превенцији лумбосакралне радикулопатије могу да помогну следеће мере:

- одржавање одговарајуће телесне тежине здравом исхраном;
- редовно вежбање које укључује вежбе за јачање мишића који стабилизују и подржавају кичму;
- одржавање правилног положаја кичме;
- правилно подизање тешких предмета;
- примена адекватних техника у спортским активностима у циљу превенције повреда кичме; и
- примена одговарајућих мера безбедности које укључују адекватну заштитну опрему [21] [65] [66].

Поред тога, Zhang истиче спавање на тврдом кревету, као потенцијални протективни фактор [67].

2.10. ПРОГНОЗА

Природни ток радикулопатије је релативно повољан. Унутар 12 недеља, бол делимично или потпуно нестаје, код 60% - 80% пацијената. Док око 30% пацијената има бол и након 3 месеца, који може да перзистира до годину дана [24].

Код свих пацијента који имају тегобе након 6 недеља, потребно је одредити спорне психосоцијалне факторе такозване "жуте знакове упозорења", који могу бити повезани са успореним опоравком. Клинички знаци који могу да укажу на присуство психосоцијалних фактора су: суперфицијалне осетљиве тачке на лагани додир, неанатомске осетљиве тачке, погоршање симптома на симулацију ротације, сензорне промене ван анатомске дистрибуције [68].

Поред психосоцијалних фактора, као показатељи прогнозе идентификовани су разни индивидуални, социодемографски и клинички фактори [68]. Идентификација фактора који предвиђају перзистентан бол и лоше функционално стање, важна је за боље разумевање клиничког тока болести, али и адекватнији избор терапијских процедура [25]. У студији Naugen и сар, наводе се фактори који указују на неповољан исход болести: коморбидитети, пушење, дуго трајање симптома, бол у леђима, кинезифобија. Док се у оквиру клиничких фактора, као показатељи неповољног исхода болести истичу: мишићна слабост и редуковани дубоки тетивни рефлекси [68]. Од индивидуалних фактора не сме се занемарити, женски пол који обично прати спорији темпо опоравка и већа вероватноћа неповољног исхода болести [70].

3. ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ У ДИЈАГНОЗИ ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ

3.1. ДЕФИНИЦИЈА

Клиничка IRT је безбедна, неинвазивна и прецизна допунска дијагностичка метода, која детектовањем инфрацрвених зрака емитованих са површине тела, омогућава визуализацију и квантификовање промена температуре коже, насталих због абнормалности у површинском протоку крви оболелих подручја [8] [9] [10] [11] [71].

Термографско одређивање регионалних промена вредности температуре коже, доприноси дијагнози и објективној процени болести, које директно или индиректно утичу на васкуларни тонус микроциркулације, који је регулисан аутономним нервним системом [6] [8] [9].

3.2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ТЕРМОГРАФИЈЕ

Galileo је конструисањем првог „термоскопа“ још 1592. године, покушао да утврди корелацију између температуре тела и здравственог стања пацијента [72]. Сматра се да је пионир клиничке термометрије **Carl Wunderlich**, који у свом раду “*Temperature in Diseases, a manual of medical thermometry*” објављеном 1868. године, истиче клинички значај мерења температуре [73] [74].

Почетак развоја IRT потиче из 1800. године, када је астроном **William Herschel** случајно открио постојање инфрацрвених зрака, користећи оптичке филтре у боји код рефракционог телескопа, да би смањио блештавило Сунчеве светлости. Убрзо затим је његов син, **John G. Herschel** обрадом инфрацрвених зрака добио прву термалну слику коју је назвао термограм и отворио нове могућности у области мерења температуре [72] [74] [75]. У периоду 1914-1918. године, први термографски системи су имали примену у војне сврхе, за откривање авиона на 1500 метара [75].

Hardi је 1934. године, открио још једну област у којој може IRT да се користи. Он је уочио дијагностички значај мерења температуре инфрацрвеном техником и тиме указао на могућност примене IRT у медицинске сврхе. Али њена прва позната примена у медицини забележена је тек 1956. године, када је канадски лекар **Ray Lawson** уочио веће вредности температуре коже у регији малигног ткива дојке у односу на околно ткиво. Исте године, објављен је његов први рад, под називом “*Implications of Surface Temperatures in the Diagnosis of Breast Cancer*” [76].

Прво удружење лекара које примењује термографско снимање, основано је 1954. године под називом the German Society for Thermography and Regulation Medicine (Deutsche Gesellschaft für Thermographie und Regulationsmedizin.). Ово удружење је и данас активно [73].

У почетној фази примене, термографија је била контактна метода. Контактном је условљена интерференција са сниманим објектом, што је једна од бројних недостатака тадашњих термовизијских камера [73].

Раније коришћена ликвид-кристална термографија, заснивала се на примени ликвид- холестеролских кристала. С обзиром да су се кристали директно стављали на кожу, термографско испитивање је било контактном. Ликвид- холестеролски

кристали су мењали боју у зависности од промене температуре снимане регије тела. Тада се уочавањем промене боје кристала, одређивала температура снимане регије, што упућује на квалитативну анализу термограма [75] [77].

Касније захваљујући проучавању Lawson омогућено је термографско снимање без контакта [73]. Током 1960-тих година произведен је први термограм у боји. Захваљујући развоју информационих технологија 1970-их година, појављују се мини-рачунари са екранима у боји, који обезбеђују квантитативну анализу и архивирање термограма [78].

Новије генерације термовизијских камера, захваљујући интеграцији са кохерентним ласерским радаром, обезбеђују могућност тродимензионалног термографског снимања. Овај вид термографског снимања обогаћује визуализацију термалних карактеристика и њихових промена. Поред тога, он омогућује бољу интеграцију анатомских и физиолошких информација [79] [80].

3.3. ПРИНЦИП МЕРЕЊА ТЕМПЕРАТУРЕ КОЖЕ

Сви објекти са температуром изнад апсолутне нуле ($T > 0^0\text{K}$) емитују инфрацрвено зрачење. Инфрацрвено зрачење је део електромагнетног спектра, који се налази између видљиве светлости и радио таласа. Таласна дужина овог зрачења је у опсегу од $0.7\mu\text{m}$ до $1000\mu\text{m}$ [75] [76].

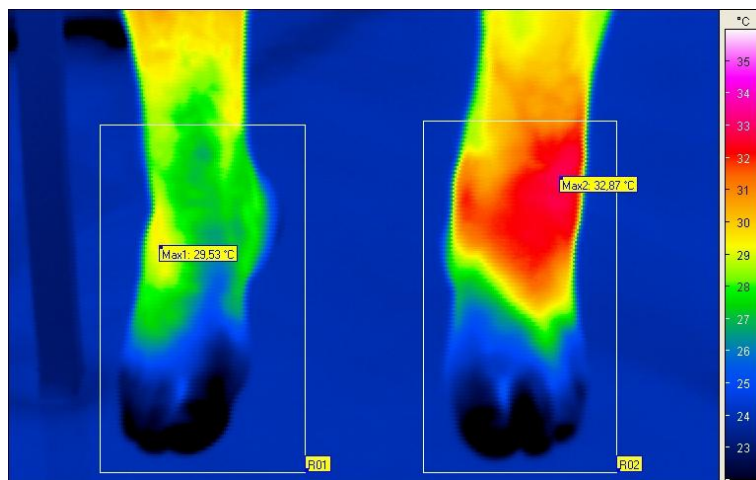
Кожа је црно тело са емисионим фактором 0.98, што показује да је савршен емитер инфрацрвеног зрачења на собној температури [81]. Инфрацрвена термовизијска камера детектује емитовано инфрацрвено зрачење са површине коже и конвертује интензитет емитованог зрачења у температуру [76] [81]. Пошто се највећи део топлоте (60%) са површине тела губи емитовањем инфрацрвених зрака, IRT је метода избора за прецизно детектовање и визуализацију промена температуре коже [7] [32] [75].

3.4. ПРИНЦИПИ РАДА ТЕРМОВИЗИЈСКЕ КАМЕРЕ

У основи, инфрацрвена термовизијска камера се састоји од: система сочива оптичког објектива, фотоелектричног детектора, електронског блока, блока за израчунавање и визуализационог блока. Термовизијска камера детектује емитоване инфрацрвене зраке са површине тела, затим их фокусира и усмерава помоћу специјалних сочива ка фотосензору, који енергију детектованих емитованих инфрацрвених зрака претвара у електричне импулсе, а затим трансформише у видљив снимак – *термограм*. На овај начин се емитована температура са површине коже визуализује на екрану спектром боја [11] [82].

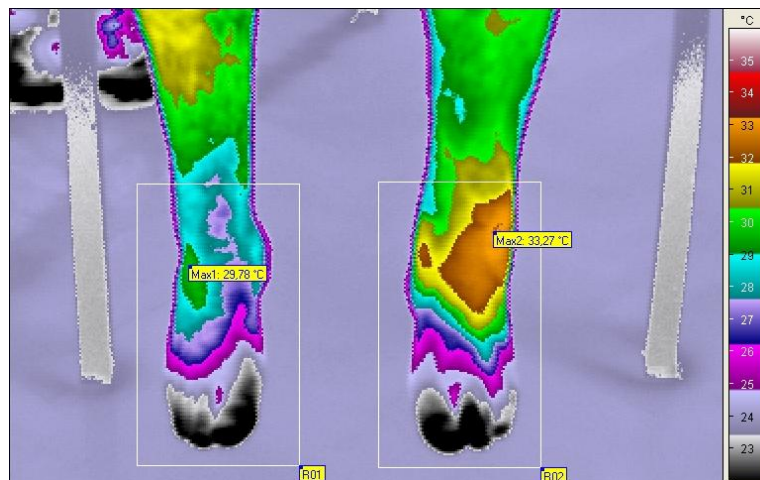
Раније су на екрану различите вредности температуре коже визуализоване градацијама црне и беле боје, тако да су веће вредности температуре приказиване различитим нијансама беле боје, док су ниже вредности приказиване различитим нијансама црне боје [82].

Савремене термовизијске камере визуализују различите вредности температуре коже, спектром боја на термограму [82]. Топлија подручја су приказана нијансама боја са љубичасто-црвеног краја спектра, док су хладнија подручја приказана нијансама боја са супротног плавог краја спектра, што се види на приказаном термограму (Слика 3.1.).



Слика 3.1. Термограм - температурне вредности приказане спектром боја

Изотерма омогућава да се нагласи подручје са истом температуром. На термограму приказаном на слици 3.2. уочава се да свака боја представља једну изотерму.



Слика 3.2. Термограм- температурне вредности приказане изотермама

Нове генерације термовизијских камера високе резолуције, обезбеђују боље могућности ове дијагностичке процедуре. Захваљујући техничким побољшањима, створена је могућност за врло прецизна мерења веома малих, али значајних промена вредности температуре коже [11].

3.5. ИНТЕРПРЕТАЦИЈА ТЕРМОГРАМА

Термограм представља графичку мапу регионалне дистрибуције температурних вредности [11].

Код здравих особа присутна је симетрична дистрибуција вредности температуре коже у односу на осу постављену у средњу раван тела. Уколико се на термограму јави регионална температурна асиметрија, она указује на патолошки процес [72].

Постоји могућност квалитативне и квантитативне анализе термограма [11].

Квалитативна интерпретација термограма

Раније је била актуелна квалитативна интерпретација термограма, која се заснива на визуелној процени промена температуре коже. Овај вид интерпретације термограма обухвата визуелну локализацију хипер и хипо-термичких подручја и визуелну детекцију симетрије [7].

Промене у температури коже детектују се као:

- 1) *хипертермичне* - уколико су вредности температуре коже повећане у односу на вредности у контралатералној хомологној регији; и
- 2) *хипотермичне* - уколико су вредности температуре коже смањене у односу на вредности у контралатералној хомологној регији.

Подручје хипертермије може да се јави код бројних патолошких стања: код инфламаторних процеса, малигних обољења, фрактура, варикозитета, тромбозитиса [75] [83]. Док је хипотермија уочена код следећих патолошких стања: Рејноов синдрома, артеријске емболије, carpal tunnel синдрома, радикулопатије [75].

Процена термограма је тада била комплексан задатак, пошто се квалитативна анализа заснива на субјективној процени и зависи од визуелне способности уочавања разлике између варијација у интензитету пребојености на термограму [7].

Квантитативна интерпретација термограма

Захваљујући развоју информационих технологија, редуковани су недостатци субјективне процене и омогућена квантитативна анализа термограма. Овај вид анализе термограма заснива се на одређивању вредности температурне асиметрије [7] [71]. Вредност температурне асиметрије представља разлику између вредности температура измерених обострано у хомологним регијама од интереса [71] [72].

Препоручују се разне смернице за вредности температурне асиметрије, које се сматрају значајним за детекцију патолошког процеса. Али нема сумње да је присутан патолошки процес, уколико је *вредност температурне асиметрије већа од 1.0°C ($\Delta T > 1.0^{\circ}\text{C}$)* [72] [84].

3.6. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА КЛИНИЧКУ ПРИМЕНУ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ

Фактори који могу да утичу клиничку примену IRT су многобројни и тешко их је све контролисати. У циљу правилне примене IRT, потребно је детаљно упознати ове факторе, како би се њихов утицај избегао или свео на минимум [85] [86]. Ови фактори се могу сврстати у три основне групе: 1) фактори средине, 2) индивидуални фактори и 3) технички фактори [85].

3.6.1. Фактори средине

Фактори средине се односе на карактеристике средине у којој се врши снимање. Fernández-Cuevas и сар. у овој групи истиче температуру околине, као најважнији фактор који утиче на температуру коже [85]. Ова група обухвата следеће факторе:

- **Величину собе.** Овај фактор је битан за одржавање хомогене температуре у целој просторији.
- **Температуру околине.** Неопходно је да она буде константна. Већина аутора предлаже да температура у просторији за снимање буде у опсегу 18-25°C.
- **Релативну влажност.** Ретко се обезбеђује његова контрола, иако може да утиче на процену извршену термографијом.
- **Атмосферски притисак.** Такође, и овај фактор је често игнорисан у студијама из области клиничке примене IRT.
- **Извор зрачења.** Потребно је елиминисати директно дејство ултраљубичастих зрака [85] [87] [88].

3.6.2. Индивидуални фактори

Индивидуални фактори се односе на личне карактеристике испитаника, које могу утицати на температуру коже. Због комплексности и изузетно великог броја,

тренутно је немогуће контролисати ове факторе [85]. Индивидуални фактори се деле на унутрашње и спољашње.

1. Унутрашњи фактори

Ови фактори се односе на биолошке и анатомске карактеристике испитаника.

- **Пол.** Разлози за могуће полне разлике у температури коже су нејасни. Неки аутори као могућност разлога наводе: менструални циклус и дебљину поткожног масног ткива.
- **Старост.** Температура коже је нешто нижа код старијих особа, посебно у доњим деловима тела.
- **Антропометрија.** Овај фактор се односи пре свега на телесну масу тј. утицај дебљине поткожног масног ткива на температуру коже.
- **Циркадијални ритам.** Он се односи на дневне варијације температуре коже.
- **Густина длаке.** Контрола овог фактора се односи на подручје покривено косом.
- **Емисивност коже.** Без обзира што су међу појединим студијама, уочене разлике у вредности емисионог фактора коже, нема сумње да је емисивност коже константна и веома висока.
- **Медицинска историја.** С обзиром да бројне болести утичу на температуру коже, предлаже се узимање анамнезе пре термографског снимања.
- **Брзина метаболичких процеса.** Утицај овог фактора на температуру коже је велики.
- **Генетика.** Због малог броја објављених истраживања о утицају овог фактора, разматра се теоријски утицај генетике на температуру коже.
- **Емоције.** Неки истраживачи су уочили да температура коже лица зависи од расположења, тако да је на основу тога могућа топлотна сигнализација осећања [85].

2. Спољашњи фактори

С обзиром на велики број спољашњих фактора, они су груписани у складу са њиховим основним карактеристикама на:

- **Факторе који могу бити повезани са применом лекова** (аналгетици, антиинфламаторни, вазоактивни лекови, контрацептиви и анестетици), **алкохола, кофеина или конзумирањем никотина или других производа;**
- **Факторе који се могу применити директно на кожу** (козметичка или медицинска средства, вода и сунчева светлост);
- **Факторе који су у вези са применом физикалних процедура** (електротерапија, ултразвук, криотерапија; хидротерапија, масажа и акупунктура);
- **Фактори који се односе на физичку активност** [85].

3.6.3. Технички фактори

Ову групу преваходно чине фактори који се односе на опрему за термографско снимање и то су:

- **Валидност.**
- **Поузданост.**
- **Протокол снимања.**
- **Дистанца** између камере и субјекта који се снима, различита је у већини студија. Она зависи од изабране регије од интереса и оптичких карактеристика камере.
- **Позадина.** Употребом мат позадине избегава се рефлексија светлости са других извора, као и са субјекта који се снима.
- **Позиција камере.** Угао под којим је камера усмерена на регију која се снима, сматра се примарним фактором;
- **Карактеристике камере.** (опсег вредности температура, резолуција, калибрација, софтвер и статистичка анализа) [85].

Будућа истраживања имају за циљ да клиничку примену IRT учине објективним процесом, независним од животне средине, индивидуалних карактеристика испитаника и техничких фактора [85].

3.7. ПРОЦЕДУРА ПРИМЕНЕ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ

Основу високо квалитетних и тачних резултата добијених применом IRT чини:

- *адекватна припрема пацијента,*
- *правилна примена термовизијске камере, и*
- *коректна анализа термограма [87].*

Познавање индивидуалних карактеристика испитаника, које могу да утичу на вредности температуре коже, објашњава неопходност припреме пацијента за термографско снимање. Припрема пацијента обухвата следеће:

- да се физичке активности редукују на минимум;
- да се најмање 2 сата пре снимања избегава излагање топлој води;
- да се најмање 4 сата пре снимања, не конзумира никотин и кофеин;
- да се најмање 8 сати пре снимања, избегава локална примена аналгетика и козметичких препарата;
- да се најмање 12 сати пре снимања, не спроводе физикалне процедуре, осим ако се прати њихов директан ефекат;
- да се најмање 24 сата пре снимања, не спроводи електродијагностичко тестирање;
- да се најмање 24 сата пре снимања, кад год је то могуће избегава примена вазокативних лекова, кортикостероида, симпатичких блокатора;
- да се пре снимања избегава ношење тесне одеће и уклони сав накит [87] [89].

С обзиром да бројне болести утичу на промену температуре коже, пре термографског снимања предлаже се узимање анамнезе и физикални преглед пацијента. Истовремено је укључена и процена способности пацијента да толерише процедуру снимања, као и процена постојања могућих ограничења за термографско снимање [85].

Познавање фактора средине и техничких фактора који утичу на промену температуре коже указује на потребу да се испуне следећи услови термографског снимања:

- да просторија у којој се врши снимање буде одговарајуће величине, тако да се одржи хомогена температура у целој просторији и да се обезбеди растојање до 2 m између пацијента и особе која обавља снимање. Најмања величина просторије која је неопходна за адекватно снимање је 2 x 3 m, с тим што већа просторија пружа повољније услове [85] [88];
- да просторија за снимање буде заштићена од директног дејства ултраљубичастих зрака, а клима- уређај искључен [87];
- да температура у просторији за снимање буде константна и то у опсегу 20-25°C [87];
- да део тела означен као регија од интереса (РОИ), буде без одеће најмање 15 минута пре снимања, да би се постигао термални еквилибријум [87].

3.8. ПРОВОКАЦИОНИ ТЕСТОВИ У ОКВИРУ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ

Примена провокационих тестова у оквиру IRT, повећава сензитивност и специфичност ове методе. За спровођење ових тестова, обично се као провокациони фактор користи: хемијски (фармаколошке супстанце), термички (топло, хладно) или механички фактори (вежбе, вибрације). У зависности од тога, који провокациони фактор примењујемо разликујемо: хемијске, термичке и механичке тестове [10].

Основу интерпретације резултата ових тестова представљају настале промене у температури коже, након дејства провокационог фактора. Асиметрична рестаурација температуре коже, након елиминисања провокационог фактора, указује на патолошки процес. За разлику од наведеног, билатералне промене температуре коже које одржавају температурну симетрију, не указују на патолошки процес [10].

♦ *Хемијски/фармаколошки тестови* се користе првенствено у дерматологији. Провокациони фактор ових тестова представља апликовање алергена или инфламаторних медијатора. На пример, апликовање никотинске киселине у

довољној дози, изазива локалну и пролазну инфламацију, коју карактеришу повећане вредности температуре. Ова реакција указује на физиолошке услове. Међутим, она може бити инхибирана или подстакнута, зависно од протока крви и стања симпатичког нервног система [90].

Поред тога хемијски тестови могу да се користе за клиничко испитивање појединих лекова. Ефикасност деловања лека на функционално стање организма, процењује се праћењем промена вредности температуре пре и после његове примене [90].

♦ **Термички тестови** се примарно користе у дијагнози Рејноов-ог феномена и у случају синдрома вибрациони бели прсти, (*енгл. vibration white finger (VWF)*), који се јавља услед хроничног излагања вибрационим уређајима [91] [92]. Овај провокациони тест се спроводи имерзијом шака у хладну воду, у току одређеног периода. Након тога се прати време оправка тј. време повратка на базичне вредности температуре коже. Одложено време оправка указује на одређена патолошка стања, која прати нарушена локална перфузија или функција симпатичког нервног система [93].

У савременим истраживачким центрима за контролисану терморегулацију, као провокациони фактор користе се термална одела. Ношење ових одела доводи до хлађења и загревања тела, што омогућава праћење васкуларних промена током терморегулационог циклуса. Ово се обично користи, у циљу испитивања пацијената оболелих од комплексног регионалног болног синдрома (*енгл. complex regional pain syndrom (CRPS)*) [90].

♦ **Механички тестови** визуализују и верификују промене вредности температуре коже изазване контролисаним вежбама. Након одговарајућих вежби, код здравих особа долази до локалног повећања температуре, а затим до брзог повратка на температурне вредности пре изведених вежби. Међутим, ова реакција може бити одсутна код појединих патолошких стања, која прати трајно оштећење нервног или васкуларног система. Док се одложено време локализованог опоравка на вредности температуре пре мишићне активности, може јавити код синдрома VWF [90].

3.9. КЛИНИЧКА ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ

Температура коже је продукт топлоте, који се преноси на површину коже из дубоких ткива, превасходно из унутрашњих органа (јетре, срца, мозга и скелетних мишића) [75] [94]. Пренос топлоте на кожу из дубоких ткива, контролисан је васкуларним луменом и то пре свега луменом артериола и артериовенских анастомоза, које крвљу снабдевају венски плексус коже [94]. Претходно наведено објашњава како температура коже одсликава стање микроциркулације, које је под контролом аутономног нервног система, а тиме и могућност IRT да процени дисфункцију аутономног нервног система и васкуларног система [95] [96]. У ствари IRT, детектујући промене вредности температуре коже може помоћи у објективној процени болести које директно или индиректно утичу на васкуларни тонус микроциркулације, који је регулисан аутономним нервним системом [7] [8].

За разлику од дијагностичких метода које обезбеђују информације о структурним променама, IRT процењује физиолошке функције [97]. Температура је веома осетљив индикатор функционалног стања организма, с обзиром да велики број патолошких процеса доводи до промене вредности температуре. Примена IRT у дијагностичке сврхе, заснива се на корелацији између вредности температуре површине тела и функционалног стања организма. Способност IRT да ефикасно дијагностикује патолошко стање је дефинисана степеном специфичне реакције температуре коже на конкретан патолошки процес. Промена вредности температуре коже је често први знак патолошког стања. Ово омогућује да IRT детектује поједина патолошка стања, пре него што се клинички манифестују и тиме остварује улогу ране дијагностичке методе [82].

Инфрацрвена термографија обезбеђује информације о неурофизиолошким функцијама, дисфункцији васкуларног и мишићно-скелетног система, локалном инфламаторном процесу, локализацији и степену проширености малигних обољења [75] [82] [93].

Термографским испитавањем пацијента пре и после спроведене терапије, добијамо објективне податке о ефикасности различитих терапијских процедура.

Ови подаци могу да утичу на кориговање већ усвојених терапијских протокола, у циљу постизања бољег терапијског ефекта [82].

У клиничкој пракси, постоји могућност да се ИРТ примењује у следеће сврхе:

- да детектује патолошки процес, пре него што се клинички манифестује;
- да локализује патолошки процес, који претходно није идентификован;
- да дефинише проширеност патолошког процеса, који је претходно дијагностикован;
- да прати ток болести;
- да процени и упореди терапијски ефекат појединих терапијских процедура [75] [82].

Претходно наведено указује да поред примене ИРТ у дијагностичке сврхе, постоји могућност да се она користи као објективни водич за избор терапијских процедура [75] [82].

3.10. ПРИМЕНА ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ У РАЗЛИЧИТИМ ОБЛАСТИМА У МЕДИЦИНЕ

У клиничкој пракси, ИРТ је прво почела да се користи у онкологији, за дијагнозу карцинома дојке [75]. Касније, ИРТ као комплементарна метода другим дијагностичким методама, проналази могућност примене у бројним областима медицине [97]. Њена примена је забележена у следећим областима: ***онкологији, реуматологији, ортопедији, неурологији, кардиологији, гастроентерологији, ендокринологији, пулмологији, нефрологији, гинекологији, оториноларингологији и дерматовеннерологији*** [75] [82] [93]. Сматра се да ИРТ има велики потенцијал за широку примену, како у различитим областима клиничке медицине, тако и у истраживачке сврхе [97].

Објављене студије су показале значај ИРТ у процени патолошких стања, као што су: CRPS I, постхерпетична неуралгија, инфламаторни артритис, миофасцијални бол, радикулопатија [9] [75] [93] [98] [99] [100] [101].

Пошто је код CRPS I, евидентирана субклиничка унилатерална симпатичка дисфункција, IRT има могућност дијагнозе CRPS I у раном стадијуму. Ово добија посебн значај, јер применом адекватне терапије у раном стадијуму CRPS I, спречава се прогресија болести. Поред тога термографија обезбеђује информације и о могућем ширењу CRPS I [9] [101] [102].

Примена IRT је забележена и код фокалне лезије периферног нерва, као што је carpal tunnel синдром. С обзиром да су симпатичка влакна оштећена још у раном стадијуму и у овом случају постоји могућност ране дијагнозе применом термографије [103].

Код појединих патолошких стања, IRT се примењује у циљу диференцијалне дијагнозе. Анализом термограма могуће је диференцирати главоболу цервикогеног порекла од мигрене, што је значајно због различитог терапијског приступа [104].

3.10.1. Примена термографије код унилатералне лумбосакралне радикулопатије

Узимајући у обзир могућност IRT да процењује вазомоторну нестабилност, она може да се користи у дијагностичке сврхе код унилатералне радикулопатије, допуњујући налазе клиничког, морфолошког и функционалног испитивања [5] [8] [105]. Вазомоторна дисф-ја, настала услед иритације или оштећења корена спиналног нерва, доводи до абнормалних промена температуре коже захваћеног доњег екстремитета [6] [8] [105] [106] [107]. Дистрибуција абнормалних промена вредности температуре не прати дистрибуцију дерматома, што се може објаснити сасвим другачијом дистрибуцијом крвних судова у кожи у поређењу са дистрибуцијом сензитивних нерава. Претходно наведено указује да ниво хернијације диска не може да се одреди термографијом, што умањује вредност клиничке примене IRT код пацијената са радикулопатијом [108] [109].

Квалитативном анализом термограма, уочена регионална хипотермија захваћеног доњег екстремитета обично се објашњава симпатичким вазоконстрикторним рефлексом који настаје услед иритације дорзалног корена спиналног нерва [6] [111]. Мада неки аутори ову хипотермију објашњавају атрофијом мишића насталом услед денервације или инактивитета [108] [178].

Квантитативном анализом термограма одређује се вредност температурне разлике између симетричних делова доњих екстремитета (хомологних подручја) [6] [8] [105]. Овом анализом добијамо информације, којима се процењује физиолошки значај двосмислених или мањих анатомских налаза виђених на СТ и/или MRI налазу. Процена наведених налаза добија посебан значај, уколико клинички налаз указује на радикулопатију [110]. Поред дијагностичке вредности, термографија има могућност да објективно процени радикуларни бол, што може да има велики значај у психосоцијално измењеној популацији [6] [10] [105].

Међутим, постоје случајеви радикулопатије када примена ИРТ није могућа, пошто температурна асиметрија изостаје. Уколико је узрок радикулопатије хернијација диска централног типа, температура коже обично остаје непромењена, пошто за овај тип хернијације није уобичајена компресија корена, а тиме ни денервација мишића [34]. Температурна асиметрија, изостаје и у случају билатералног облика радикулопатије [9] [111].

Инфрацрвена термографија може да се користи као комплементарно средство за дијагнозу лумбосакралне радикулопатије, али са ограничењима [108].

3.11. ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТЦИ ТЕРМОГРАФИЈЕ

Предности инфрацрвене термографије

Инфрацрвена термографија у односу на друге дијагностичке методе има следеће предности:

- брза, једноставна и поуздана примена;
- неинвазивна и безболна примена;
- не излаже пацијента јонизујућем зрачењу;
- примена без механичког ефекта на површину тела;
- могућност да детектује патолошки процес, пре него што се клинички манифестује;
- могућност да визуализује патолошки процес, уз прецизну локализацију и проширеност самог процеса;

- могућност да процени ефикасност појединих терапијских процедура, захваљујући могућности архивирања термограма;
- могућност да детектује промене физиолошких функција, за разлику од дијагностичких метода које детектују структурне промене (СТ, MRI) [10] [11] [72] [97] [112].

Применом IRT у медицини, може да се обезбедити значајна финансијска уштеда, избегавајући потребу за скупљом истрагом [11].

Недостатци инфрацрвене термографије

Висока подложност IRT егзогеним факторима, која може нарушити квалитет термограма, посматра се као битан недостатак ове методе [97]. Овај недостатак је могуће превазићи, уколико се обезбеде идентични услови за све испитиване пацијенте при термографском снимању [88].

Примена IRT је ограничена на унилатерални облик патолошког процеса, пошто у случају билатералног облика не постоји могућност добијања вредности температурне асиметрије [9]. Уколико су промене у температури коже билатералне, могу се добити лажно негативни резултати [111]. У овом случају су индиковани провокациони тестови [9].

Пошто припрема пацијента подразумева да део тела означен као РОИ, буде без одеће најмање 15 минута пре снимања, термографско снимање није могуће обавити уколико је присутан гипс, завој или друго средство за имобилизацију, које не може да се уклони са коже [87] [88] [89].

4. ТЕРАПИЈА ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ

Постоји широк спектар потенцијалних терапијских процедура у лечењу лумбосакралне радикулопатије. У зависности од постављених терапијских циљева, постоји каузално и симптоматско лечење.

Каузално лечење је усмерено на отклањање узрока. Овај вид лечења обухвата специфичну антибиотску терапију у случају запаљења или оперативно лечење уколико је узрок радикулопатије тумор [45].

Симптоматско лечење има за циљ:

- 1) отклањање бола,
- 2) функционални опоравак,
- 3) побољшање квалитета живота, и
- 4) превенцију прогресије тока болести у хронични стадијум [40] [42].

Постоји сагласност да би терапија лумбосакралне радикулопатије у првих 6 до 8 недеља, требало да буде конзервативна. Међутим, тачан садржај програма конзервативног лечења још увек није јасно одређен [113]. Избор појединих

процедура конзервативног лечења, као и значај њихове примене зависи од стадијума болести [42].

4.1. ПРИНИЦИПИ ЛЕЧЕЊА ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ

4.1.1. Акутни стадијум

Основна карактеристика акутног стадијума лумбосакралне радикулопатије је интензиван бол, што објашњава примарни значај медикаментозне терапије у овом стадијуму. Међутим, неопходна је примена комплексне физикалне терапије као додатак медикаментозној терапији, док је оперативно лечење у том периоду резервисано само за ургентне случајеве [68] [114]. Поред медикаментозне терапије, терапија акутног стадијума радикулопатије обухвата:

- 1. едукацију пацијента о заштитним положајима,**
- 2. рану мобилизацију, и**
- 3. примену физикалних агенса преваходно са аналгетским ефектом [68].**

Едукација пацијента обухвата: 1) упознавање пацијента са положајем у коме је бол редукован и који пацијент углавном сам налази; и 2) упознавање са потребом избегавања ризичних активности које повећавају могућност даљег оштећења (рад у савијеном положају, ношење терета) [68].

Уколико пацијент са лумбосакралном радикулопатијом у акутном стадијуму има бол јаког интензитета, који спречава активности свакодневног живота, саветује се мировање, али ограничено на период 24-48 сати. За време лежања, саветује се положај, који редукује бол на најмању могућу меру, јер у том положају је оштећени корен најрастеревенији. Након једног до два дана мировања, пацијентима се саветује наставак свакодневних, као и радних активности, уколико је то могуће. Наставак обављања уобичајених активности води бржем опоравку и може значајно да смањи хроничитет [18] [68] [115].

Физикални агенси који могу да се користе су: локална криотерапија, ласер мале снаге, транскутана електрична нервна стимулација (ТЕНС), дијадинамске струје (спазмолитички ефекат), импулсни ултразвук [42] [68] [116] [117].

За разлику од наведеног, потребно је избегавати локалну примену топлоте, као и примену електротерапијских процедура које делују на дубинско загревање ткива [42].

Поред основног циља да се отклони бол, као значајан терапијски циљ акутног стадијума, идентификована је превенција рецидива и хроничитета [118].

4.1.2. Субакутни стадијум

Пошто је радикуларни бол у субакутном стадијуму, углавном под контролом, терапија је превасходно усмерена на функционални опоравак [18] [42]. Медикаментозна терапија је и даље неопходна, али у овом стадијуму нема примарни значај [42]. Осим тога, терапија субакутног стадијума лумбосакралне радикулопатије обухвата:

- 1. едукацију**
- 2. примену физикалних агенса, и**
- 3. кинезитерапију [42].**

У циљу превенције рецидива и нових оштећења, неопходно је пацијента обучити заштитним положајима и покретима, тако да ови покрети буду саставни део живота и постану аутоматизовани [42] [119].

После редукције тегоба, поред примене физикалних агенса са аналгетским дејством, дозвољено је увођење и физикалних агенса, који локално повећавају температуру у поткожном ткиву и мишићима (локална примена топлоте, краткоталасна дијатермија [42] [119]. Претходно наведене терапијске процедуре захваљујући аналгетском и спазмолитичком ефекту, као и ефекту повећања екстензибилитета колагених влакана, могу да се користе као увод у кинезитерапијски третман [42].

Програм кинезитерапије започиње статичким контракцијама мишића, који стабилизују лумбални сегмент кичме. Затим се уводе динамичке вежбе за истезање и јачање мишићног мидера трупа [42].

4.1.3. Хронични стадијум

Дуготрајан бол, мишићна слабост, функционална онеспособљеност и психосоцијално оптерећење чине терапију хроничног стадијума радикулопатије сложеном и указују на потребу мултидисциплинарног приступа. С обзиром да могу да се јаве депресија, повећан ниво анксиозности, као и недостатак учешћа у друштвеним активностима, поред традиционалног конзервативног лечења, неопходно је укључити и когнитивно-бихевиорални, психолошки и социјални приступ [120].

Когнитивни приступ упозорава на могућа контрапродуктивна веровања, рецимо као што су нереална очекивања у вези са временским оквирима опоравка. Овај вид лечења превасходно има за циљ да измени обрасце понашања пацијента. Поред тога, когнитивни приступ истиче улогу пацијента као активног учесника у лечењу своје болести. Бихевиорална модификација се постиже индивидуално одређеним нивом интензитета вежби, који се постепено повећава, као и подстицањем друштвених активности. Имајући у виду озбиљност патологије, програм вежби мора бити у складу са потребом да се избегну потенцијално провокативне активности и у складу са саветима да се избегну активности изван физичких могућности пацијента [121] [122]. Пацијенти се обучавају да буду независни у извођењу одређеног програма вежби, како би га редовно спроводили у кућним условима [42] [114].

Међутим основа био-психо-социјалног модела чини рана идентификација пацијената са ризиком да развију хронични болни синдром, што омогућава превенцију хроничног бола [120].

4.2. ФИЗИКАЛНА ТЕРАПИЈА

У клиничкој пракси се користе бројне физикалне процедуре у лечењу лумбосакралне радикулопатије. Међутим, нису евидентирани чврсти докази о ефикасности већине ових процедура [15] [16]. Досадашња испитивања нису показала да је нека физикална процедура, у погледу терапијске ефикасности, јасно супериорна у односу на друге, укључујући и плацебо могућност [15].

У лечењу лумбосакралне радикулопатије могућа је примена следећих физикалних процедура: локалне апликације топлоте, криотерапије, ласера мале снаге, ултразвука, импулсног магнетног поља (ИМП), галванизације, дијадинамских струја, интерферентних струја, краткоталасне дијатермије, ТЕНС-а, кинезитерапије, хидротерапије, хидрокинезитерапије, тракције, спиналне манипулације [42] [119] [123].

Примена физикалних процедура код лумбосакралне радикулопатије има за циљ:

- *смањење односно елиминисање бола,*
- *смањење инфламације у највећем могућем опсегу,*
- *смањење односно елиминисање спазма мишића*
- *одржавање и повећање снаге мишића* [42] [124].

У складу са клиничком презентацијом болести, функционалним стањем пацијента и постављеним терапијским циљевима одређује се протокол терапијских процедура, индивидуално за сваког пацијента понаособ. Избор и одлука о примени терапијске процедуре, захтева разматрање важних компромиса између потенцијалне користи, штете и трошкова лечења [125].

Истиче се значај ране примене физикалне терапије, пошто на тај начин може да се утиче на значајно смањење хроничитета [126].

4.2.1. Ласеротерапија

Ласер представља извор усмереног снопа кохерентне монохроматске светлости. Ласер је добио назив према скраћеници од почетних слова енглеских речи *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, што у преводу значи појачана светлост стимулисаном емисијом зрачења. У самом називу је садржана и дефиниција ласера [127] [128].

4.2.1.1. Карактеристике ласерског зрачења

Ласерско зрачење је заправо стимулисана емисија електромагнетског зрачења са следећим својствима:

- **Монохроматичност** - указује да сви емитовани електромагнетни таласи имају исту таласну дужину;
- **Кохерентност** - значи да се сви електромагнетни таласи налазе у истој фази, што значи да им се минимуми и максимуми поклапају; и
- **Усмереност** – истиче да сви таласи имају исти смер и обезбеђују високу енергију зрачења на малој површини [127].

4.2.1.2. Принцип добијања ласерског зрачења

Основни делови ласера су активни медијум, механизам за побуђивање и механизам повратне спреге.

У **активном медијуму** настаје процес умножавања фотона под дејством спољашњег извора, који се постиже инверзном популацијом атома. Процес емисије започиње спонтаним прелазом једног од електрона на нижи енергетски ниво и емисијом фотона. Уколико је побуђени фотон погођен фотоном исте такве енергије као што би и сам зрачио, долази до стимулисане емисије фотона. Довољно је да један електрон пређе на нижи енергетски ниво када почиње емисија фотона који реагује с другим атомом који врши емисију фотона. Последица тога је добијање два фотона, који не само да имају исту енергију, него и исти правац простирања и емитовани фотон осцилује синхроно са упадним фотоном. Ова два фотона могу да створе лавину фотона који имају исту фреквенцу, фазу и смер. С обзиром да се активно средство налази између два паралелна огледала, када група фотона дође до задњег огледала долази до потпуне рефлексије емитованих фотона, који настављају пут у обрнутом смеру. Чим фотони дођу до предњег огледала које пропустљиво за 10-25%, већина фотона се рефлектује настављајући процес, а један део се ослобађа из ласера и чини ласерски зрак [127] [128].

Механизам за побуђивање ствара енергију за побуђивање, обасјавањем јаком светлошћу уколико је активни медијум у течном или гасовитом стању или пропуштањем електричне струје у случају да је у чврстом стању [127] [128].

Механизам повратне спреге се састоји из два огледала од којих је једно потпуно рефлектујуће, а друго је делимично. Овим механизмом се постиже повећање емисије фотона, а кроз полупропусно огледало излази усмерени сноп ласерског зрачења [127] [128].

4.2.1.3. Биолошки ефекти ласера мале снаге

Биолошко дејство ласерског зрачења настаје интеракцијом ласерске светлости и организма. Биолошке ефекте зрачења ласера мале снаге на ткиво можемо поделити на:

Примарне или директне ефекте који представљају биохемијски ефекат, биоелектричну активност и биоенергетски ефекат; и

Индиректне ефекте који проистичу из примарних и доводе до стимулације микроциркулације и стимулације ћелијске размене материја, што доводи до стимулације ћелијског метаболизма [127].

Биохемијски ефекти доводе до активирања ензимских супстанци, повећања неуротрансмитера и ослобађања колоидних супстанци. Биохемијски ефекат може бити и инхибиторни. Доказано је да зрачење ласером инхибиторно утиче на одређене ензиме, који делују на синтезу простогланина. Нормализација потенцијала ћелијске мембране постиже се захваљујући биоелектричном ефекту. Док се биоенергетски ефекат огледа у стимулацији енергетских процеса путем формирања аденозин трифосфата (*енгл. adenosine triphosphate* (АТР)) [127].

4.2.1.4. Терапијски ефекти ласера мале снаге

Из биолошких ефеката ласера мале снаге проистичу општи терапијски ефекти:

Аналгетски ефекат, који се остварује повећаним ослобађањем ендогених опоида (енкефалина и ендорфина) и модулацијом перцепције бола по принципу

теорије капије, којом се инхибира трансмисија импулса за бол ка вишим деловима централног нервног система [127] [129] [130] [131]. Уочено је да ласерски индукована инхибиција трансмисије импулса за бол може довести до дугорочног аналгетског ефекта, аналогно продуженој аналгезији присутној код неких пацијената након примене локалних анестетика [132]. Поред претходно наведених механизма, ласерско зрачење блокирањем јонских пенетрационих канала блокира улаз Na^+ у унутрашњост ћелије, што делује као стабилизујући фактор на потенцијал мировања ћелијске мембране и тиме отежава трансмисију импулса за бол на локалном подручју. Локално смањивање бола је могуће секундарно кроз антиинфламаторни и антиедематозни ефекат, при чему се ресорбује ексудат и олакшава елиминација алогених супстанци [127] [129].

Антиинфламаторни ефекат, који се постиже стимулацијом неспецифичне хуморалне одбране повећавајући синтезу комплемената и интерферона, стимулацијом активности неутрофилних леукоцита и макрофага, инхибицијом медијатора инфламаторне реакције као што су простогландини и леукотријени [127]. У поређењу ласера мале снаге са антиинфламаторним лековима попут мелоксикама и индометацина примећени су слични антиинфламаторни ефекти. Након примене ласера мале снаге у 3 до 4 сата постиже се максимум редукције запаљењског инфилтрата, на нивоу од 30% до 50% [3].

Антиедематозни ефекат, који се испољава модификацијом хидростатског и осмотског притиска, при чему се интерстицијална течност апсорбује и едем се редукује; и

Биостимулативни ефекат, који се постиже стимулацијом синтезе АТФ у митохондријама и стимулацијом размене материја у ткиву, што има за последицу стимулисану пролиферацију ћелија. Захваљујући овом ефекту, ласеротерапија има позитиван утицај на регенерацију кости, лигамената, тетива, мишићних влакана, као и периферних нерава [127] [128] [133] [134].

4.2.1.5. Техника примене

Више параметара који се односе на примену ласера мале снаге, могу допринети различитим исходима лечења. Претходно наведено, указује да је избор следећих параметара значајан:

- таласна дужина (nm)
- фреквенција (Hz)
- величина доза (J/cm^2),
- начин апликације (скенирањем или помоћу сонде),
- топографско анатомски описано место апликације,
- укупан број терапијских процедура, и
- учесталост терапијских процедура [64] [68] [135].

Оптимална појединачна терапијска доза зрачења (J/cm^2) није још увек установљена. Доза зрачења се одређује у односу на патолошки процес и терапијски ефекат који желимо да постигнемо. У принципу акутна стања захтевају мању дозу, док хронична већу [64].

Током апликације ласера мале снаге спроводе се мере заштите очију пацијента и терапеута [64] [68].

4.2.1.6. Индикације

Индикације за примену ласера мале снаге су:

- акутни и хронични болни синдроми (реуматолошки, невролошки, ортопедски);
- компресивне неуропатије;
- повреде зглобова, лигамената, тетива, мишића и фрактуре;
- дегенеративна и инфламаторна обољења зглобова;
- ванзглобни реуматизам;
- опекотине и отворене ране које споро зарашћују зарастају;
- декубитуси и варикозни улкуси; и
- кожна обољења [64] [136].

4.2.1.7. Контраиндикације

Контраиндикације за примену ласера мале снаге су:

- малигна обољења;
- крварење и склоност крварењу;
- апликација у пределу епифиза костију у развоју;
- апликација у пределу штитне жлезде, гонада и других ендокриних жлезди;
- апликација у пределу грудног коша код болесника са пејсмекером и аритмијама;
- апликација у пределу трбуха и крста за време трудноће и менструације;
- апликација у пределу главе код болесника с епилепсијом [64].

4.2.2. Транскутана електрична нервна стимулација

Транскутана електрична нервна стимулација је терапијска процедура која се користи за елиминацију бола, што остварује стимулацијом сензитивних нервних завршетака у кожи. Wall и Sweet су 1967. године први представили ТЕНС, као потенцијалну терапијску процедуру за лечење хроничног бола. Транскутана електрична нервна стимулација се користи у терапији разноврсних болних стања, где постиже контролу акутног и хроничног бола [64] [137] [138]. Међутим, последњих година, неки аутори су приметили да поред свог аналгетског ефекта, ТЕНС може да олакша репарацију ткива [138] [140].

4.2.2.1. Терапијски ефекти транскутане електричне нервне стимулације

Иако се ТЕНС у клиничкој пракси користи више од 30 година, његов механизам ослобађања бола још увек није довољно разјашњен [138]. Углавном се подржавају следећи механизми за отклањање бола:

1) механизам аналгетског деловања ТЕНС-а, који се заснива на модулацији перцепције бола по принципу теорије капије. Овај механизам обухвата селективну стимулацију дебелих аферентних А влакана, чиме се активирају инхибиторни интернеурони у задњим роговима кичмене мождине и блокира трансмисија импулса за бол ка вишим деловима централног нервног система;

2) постизање аналгетског ефекта ТЕНС-а ослобађањем ендогених опоида [138] [141].

Запажено је да примена ТЕНС-а доводи до активације десцендентних инхибиторних путева, као и активације опоидних и серотонинских рецептора, којом се постиже аналгетски ефекат [138]. Модулацијом активности аутономног нервног система посредством ТЕНС-а, такође се постиже аналгетски ефекат [138] [142].

Неки аутори су приметили да примена ТЕНС-а може да повећа проток крви и промени температуру коже, што је термографски потврђено у студији Leandri и сар. [140] [142]. Ово запажање је допринело да многе студије испитују ефекат ТЕНС-а на периферни васкуларни систем. Резултати експерименталног истраживања Khalil и сар. показују могућност нискофреквентног ТЕНС-а да вазодилатацијом, убрза проток крви и репарацију ткива. Наведено истраживање сугерише да је појава вазодилатације након примене ТЕНС-а, у вези са локалним ослобађањем специфичних неуропептида, као што су супстанца П i пептид везан за ген калцитонин (*eng. calcitonin gene-related peptide (CGRP)*) [139] [140]. Студија Leandri и сар. истиче могућност ТЕНС-а да остварује вазодилататорни ефекат, модулацијом активности аутономног нервног система [142].

4.2.2.2. Врсте транскутане електричне нервне стимулације

У клиничкој пракси се користе различите врсте ТЕНС-а, који се разликују у погледу фреквенције импулса, њиховог трајања и интензитета [64].

Конвенционални ТЕНС

Ову врсту ТЕНС-а карактеришу импулси високе фреквенце 75-150 Hz, а кратког трајања 40-60 μ s и ниске амплитуде. Апликација конвенционалног ТЕНС-а траје 30-60 минута, једном до два пута дневно. Постигнута аналгезија обично има

краткотрајно деловање, због чега је значајна могућност примене континуираног ТЕНС-а у трајању од 24h. Аналгетски ефекат се остварује модулацијом импулса за бол у задњим роговима кичмене мождине. Примена конвенционалног ТЕНС-а је индикована код акутног и хроничног бола [64] [143] [141].

Нискофреквентни ТЕНС

Нискофреквентни ТЕНС сличан акупунктури, карактеришу импулси ниске фреквенце 1-4 Hz, трајања 150-250 μ s и амплитуде веће него код конвенционалног ТЕНС-а. Апликација овог ТЕНС-а траје 30-45 минута, једном пута дневно. Постигнута аналгезија обично траје дуже, неколико сати до неколико дана. Аналгетски ефекат нискофреквентног ТЕНС-а, постиже се ослобађањем ендогених опоида. Примена нискофреквентног ТЕНС-а је индикована код акутног и хроничног бола [64] [143].

ТЕНС у салвама

Стимулацију у салвама чини серија или низ импулса кратког трајања и фреквенце 50-100 Hz, који се понавља једном до пет пута у секунди. Апликација овог ТЕНС-а траје 30-45 минута. Применом ТЕНС-а у салвама, аналгетски ефекат се постиже комбинацијом два механизма, модулацијом перцепције бола по принципу теорије капије и ослобађањем ендогених опоида. Ова врста ТЕНС-а је индикована уколико изостане ефекат конвенционалног ТЕНС-а [64] [143].

Краткоинтезивни ТЕНС

Краткоинтезивни ТЕНС чини непрекидан низ појединачних импулса високе фреквенце 200Hz и трајања 200 μ s. Апликација овог ТЕНС-а траје 15 минута и може се поновити након паузе од 2-3 минута. Постигнута аналгезија је дубока, али краткотрајна. Применом краткоинтезивног ТЕНС-а омогућава се извођење непријатних захвата (мобилизацију зглоба или дебридмент ране) [64] [143].

Модулациони ТЕНС

Модулациони ТЕНС карактеришу импулси са симултано и циклично модулисаном амплитудом и трајањем. Постоји могућност да се модулише и фреквенција. Овај тип ТЕНС-а спречава адаптацију нерва на струју [64].

4.2.2.3. Индикације

Индикације за примену ТЕНС-а су:

- акутна и хронична болна стања (реуматолошка, неуролошка, ортопедска),
- постоперативна болна стања, и
- порођајни бол [64].

4.2.2.4. Контраиндикације

Контраиндикације за примену ТЕНС-а су:

- гравидни утерус,
- срчани пејсмекер,
- апликација у пределу каротидног синуса,
- апликација у пределу грудног коша код болесника са срчаним проблемима, и
- апликација у пределу главе код болесника с епилепсијом или недавним церброваскуларним инсултом [64].

4.2.3. Кинезитерапија

У оквиру физикалне терапије, кинезитерапија заузима значајно место у лечењу лумбосакралне радикулопатије [42]. Програм вежби се препоручује за лечење субакутног и хроничног стадијума лумбалног бола, док у акутном стадијуму није индикован [145]. Кинезитерапијски програм се заснива на процени мишићно-

скелетног система и функционалног стања пацијента, што уз основну дијагнозу и евентуалне контраиндикације јасно дефинише терапијске циљеве [42].

Поред основног задатка да побољша мобилност кичме, кинезитерапијски програм је усмерен на правилно позиционирање и држање. У циљу спречавања нове епизоде болести, кинезитерапијски програм је усмерен на корекцију биомеханичких фактора, који негативно утичу на стабилност кичме [145].

4.2.3.1. Вежбе стабилизације лумбалне кичме

Основу савременог кинезитерапијског програма чине вежбе стабилизације лумбалне кичме [122] [146].

Мускулатура којој се приписује улога стабилизатора лумбалног сегмента кичме је паравертебрална и абдоминална. Кључни допринос стабилизацији кичме имају *m. multifidus* и *m. transversus abdominis*, с обзиром да је у случају слабости наведених мишића, лумбална кичма дестабилизована, чак и при најмањем оптерећењу [147] [148].

Вежбе стабилизације имају за циљ да кроз статичке контракције активирају и јачају мишиће дубоког слоја лумбалног сегмента кичме (*m. multifidus* и *m. transversus abdominis*, *m. iliocostalis lumborum*, *m. obliquus internus*) [122]. Ове вежбе су прогресивног тока. Већина програма вежби стабилизације изводе се у 3 фазе:

- I фаза: изолована, свесна активација локалних мишића;
- II фаза: заједничка контракција локалних мишића уз извођење активних покрета;
- III фаза: интеграција активације локалних мишића у активности свакодневног живота [122] [149].

У I фази је потребно да сваки пацијент научи како да формира и задржи статичке контракције мишића стабилизатора лумбалне кичме, што му омогућава безбедно извођење динамичког дела кинезитерапијског програма [122].

У II фази се изводе вежбе јачања и истезања мишића леђа. Оне се изводе из различитих почетних положаја (стојећег седећег, клечећег, лежећег положаја). Поред стабилног ослонца, оне се изводе и на нестабилном ослонцу, у циљу побољшања проприорецепције, координације и равнотеже [122].

У III фази се врши интегрисање научених статичких контракција и активних вежби у активности свакодневног живота. Потребно је да пацијенти прво овладавају задржавањем контракције мишића стабилизатора кичме, док истовремено изводе активности које ометају њено свесно одржавање. Затим се овладава одржавањем контракције мишића стабилизатора, током симулације активности свакодневног живота [122].

У циљу формирања стабилизационог мидера, потребно је обучити пацијенте да адекватно формирају, дозирају и одржавају заједничке контракције мишића стабилизатора кичме.

За разлику од коштаных елемената и лигамената који обезбеђују пасивну стабилност, јачањем мишића дубоког слоја постиже се динамичка стабилност лумбане кичме, која је присутна кроз пун обим покрета. Јачање ових мишића добија посебан значај, пошто су они селективно склони атрофији и дисфункцији у присуству лумбалног бола [150]. За сада није познато да ли је морфолошки и функционални дефицит мишића дубоког слоја, примарни догађај или промена адаптивног карактера на присуство бола [151].

Поред наведеног, вежбе стабилизације лумбалне кичме доприносе корекцији постуралног дефицита и побољшању функционалне способности [152] [153]. Постоји могућност да ове вежбе, побољшањем стабилности лумбосакралног сегмента кичме доприносе смањењу компресивног дејства и редукацији или отклањању бола који је удружен са нестабилношћу [153].

Међутим, вежбе стабилизације лумбалне кичме не искључује потребу за динамичким вежбама, пошто не доводе до задовољавајућег функционалног опоравка и редукације бола уколико су примењене самостално. Вежбе стабилизације чине неопходан додатак традиционалним програмима вежби [154] [155].

4.2.3.2. Комбиновани кинезитерапијски програм

У циљу потпуног функционалног опоравка, неопходно је применити комбиновани кинезитерапијски програм, који поред вежби стабилизације укључује вежбе из традиционалног програма, односно вежбе за јачање снаге мишићног мидера трупа и вежбе за истезање скраћених мишића [42] [122].

Увођењем вежби стабилизације као саставни део већине кинезитерапијских програма, превазиђен је главни недостатак традиционалних програма вежби. Њихов недостатак представља активирање само мишића површног слоја, док су мишићи дубоког слоја лумбалног сегмента кичме запостављени. Овим неравномерним активирањем мишића у традиционалном програму вежби, нарушава се стабилност лумбалног сегмента кичме [147] [148].

У оквиру комбинованог кинезитерапијског програма, истиче се потреба да се правила постуралне корекције увежбају и усвоје. Поред тога, превасходно ради дуготрајнијег терапијског ефекта, неопходно је да се науче и аутоматизују заштитни положаји.

Један од предуслова успешног лечења је да комбиновани кинезитерапијски програм, буде адаптиран функционалним могућностима и потребама пацијента. Предност се даје индивидуално одређеним вежбама, с обзиром да су показале бољу терапијску ефикасност у односу на генерализоване програме вежби [156].

Имајући у виду потребу да пацијент самостално настави континуирано спровођење вежби код куће, неопходно је да пацијент уз активну помоћ физиотерапеута, правилно усвоји извођење вежби [157].

4.3. МЕДИКАМЕНТОЗНА ТЕРАПИЈА

Основу иницијалне терапије чини медикаментозна терапија. Она превасходно обухвата примену нестероидних антиинфламаторних лекова (NSAIL) (*ibuprofen* и *diklofenak*), које карактерише аналгетско и антиинфламаторно дејство. Уколико пацијенти због нежељених ефеката не могу да толеришу примену NSAIL или када су они контраиндиковани, у циљу аналгетског деловања може да се примени ацетаминофен. Осим тога, из групе антиконвулзива, могућност аналгетског деловања има *gabapentin* [158]. Опоидни лекови (*morfijum*, *fentaniil*) се могу краткотрајно применити у тежим случајевима, када други лекови нису успели да обезбеде адекватно олакшање, или ако су други агенси контраиндиковани [18] [45] [158]. У циљу контроле радикуларног бола, може бити корисна примена и трицикличних антидепресива (*amitriptyline*) [18] [24]. Ова група лекова поред централног дејства на трансмисију бола, има и седативне ефекте [18].

Из клиничког искуства неких аутора, системска примена гликокортикоида може да обезбеди редукцију бола. Међутим, објављене студије указују да је њихов ефекат краткотрајан или у појединим студијама примена гликокортикоида остаје без терапијског ефекта [159] [160]. Епидурална примена гликокортикоида може да обезбеди скроман и краткотрајан аналгетски ефекат. Међутим, евидентирани су случајеви и када ова терапија доводи до погоршања [159].

Уколико је присутан значајан спазам паравертебалне мускулатуре, поред аналгетског ефекта потребно је постићи и миорелаксантни ефекат, због чега су индиковани мишићни релаксанти [158].

4.4. ОПЕРАТИВНА ТЕРАПИЈА

Већина пацијената са лумбосакралном радикулопатијом се ефикасно лечи конзервативно. Међутим, неки не реагују на конзервативно лечење или имају клиничку презентацију болести поткрепљену резултатима дијагностичких процедура, која захтева разматрање потребе за оперативним лечењем [161].

Пошто оперативно лечење нема жељени исход код сваког пацијента и може бити удружено са бројним компликацијама, неопходно је урадити детаљну селекцију пацијента за овај вид лечења [29].

Дефинитивне индикације за оперативно лечење су: cauda equina синдром и прогресивни неуролошки дефицит. Релативне индикације за оперативно лечење укључују тежак моторни дефицит или бол екстремног интензитета дуж ноге, који не реагује на селективни блок нервног корена. Сматра се да су наведена клиничка стања пре биомеханичког него биохемијског порекла, што објашњава њихову индикацију за оперативно лечење [162]. Сва остала стања првобитно захтевају адекватну конзервативну терапију минимум 6-12 недеља, пре разматрања могућности оперативног лечења [15] [162].

Van den Hout и сар. истичу да се оперативним лечењем лумбосакралне радикулопатије постиже бржи опоравак у односу на конзервативно лечење. Међутим, већ у првој години ефекти оперативног и конзервативног лечења радикулопатије су слични, што се не мења ни у другој години [163].

4.5. ЕДУКАЦИЈА ПАЦИЈЕНАТА

Значајан део терапијског протокола чини едукација пацијента [30]. Један од предуслова успешног лечења лумбосакралне радикулопатије је упознати пацијента са вероватном етиологијом болести, као и са планом спровођења терапијских процедура и прогнозом болести. Поред тога, пацијенте треба упознати са правилним држањем тела, биомехаником кичме при свакодневним активностима, као и са једноставним методама за редукцију симптома. Ове једноставне инструкције омогућавају пацијенту да постане активни учесник у лечењу [30] [164].

Пошто је претходна епизода бола, најважнији фактор ризика за будуће епизоде, пацијенте је неопходно обучити, али и инсистирати на усвајању заштитних положаја и покрета, као и на корекцији постуре. Суштина едукације је идентификација положаја у коме је бол редукован и који углавном налази сам пацијент као и едукација о ризичним активностима (ношење терета, рад у савијеном положају) које повећавају могућност даљег оштећења. Са циљем да се у највећој мери редукује могућност за рецидив радикулопатије, неопходно је да пацијенти прихвате потребу континуираног спровођења вежби [42] [164].

5. РАДНА ХИПОТЕЗА

Приликом испитивања примене инфрацрвене термовизијске камере у дијагностици и процени терапијског ефекта физикалних агенаса код унилатералне лумбосакралне радикулопатије, пошло се од следећих радних хипотеза:

1. Инфрацрвена термографија процењује неуроваскуларну дисфункцију, што је битно за дијагнозу унилатералне лумбосакралне радикулопатије;
2. Инфрацрвена термографија омогућава регионалну анализу температуре коже са специфичним квантитативним мерењем. Могућност архивирања термограма, обезбеђује поређење термограма добијених пре и после спроведене терапије, чиме се процењује ефикасност примењених терапијских процедура;
3. Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије, као и комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије постиже се добар терапијски ефекат код пацијената са лумбосакралном радикулопатијом.
4. Код пацијената са лумбосакралном радикулопатијом, применом ласера мале снаге постижу се бољи терапијски резултати него применом ТЕНС-а.

6. ЦИЉ РАДА

Циљеви истраживања су:

1. Да се испита корелација температурне асиметрије са степеном лезије спиналних коренова утврђеним налазом електромиографије (ЕМНГ) и са клиничким параметрима и да се процени њен допринос у постављању дијагнозе унилатералне лумбосакралне радикулопатије;
2. Да се испита значај IRT у процени терапијског ефекта ласера мале снаге и ТЕНС-а, код пацијената са унилатералном лумбосакралном радикулопатијом;
3. Да се процене терапијски ефекти примене ласера мале снаге са кинезитерапијом, као и ТЕНС-а са кинезитерапијом, у лечењу пацијената са унилатералном лумбосакралном радикулопатијом, помоћу параметара клиничког и функционалног испитивања;
4. Да се упореде терапијски ефекти примене ласера мале снаге у односу на примену ТЕНС-а, у лечењу пацијената са унилатералном лумбосакралном радикулопатијом, помоћу параметара клиничког и функционалног испитивања;

7. ИСПИТИВАНИ ПАЦИЈЕНТИ И МЕТОД

7.1. ИСПИТИВАНИ ПАЦИЈЕНТИ

Истраживање је спроведено на Клиници за физикалну медицину и рехабилитацију Клиничког центра у Нишу, у периоду од јула 2010. до јануара 2013. године. Ово истраживање представља проспективну рандомизирану клиничку студију, којом су обухваћени амбулантно лечени пацијенти са унилатералном лумбосакралном радикулопатијом. У групи од 213 пацијената са лумбосакралном радикулопатијом селектовано је 97 пацијената старијих од 18 година, чији су симптоми трајали дуже од 6 недеља и манифестовали се унилатерално. Код селектованих пацијената, клиничка дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије потврђена је електродијагностичким испитивањем (ЕМНГ) и MRI прегледом лумбосакралног сегмента кичме.

Критеријуми за искључење подразумевали су постојање: трудноће, епилепсије, промене на кожи (лацерација, инфламација, хемангиома), присуство срчаног пејсмекера, инфламаторних болести зглобова, малигнух болести, инфективних болести, обољења периферне циркулације (варикозитета, тромбофлебитиса), неуролошких болести (разних неуропатија), спиналне стенозе, синдрома cauda equine, повреде у лумбосакралном пределу кичме у претходном периоду, као и претходне хирушке интервенције на истом нивоу.

Од 97 селектованих пацијената, искључено је 17 чији су анамнестички или клинички показатељи указивали да болују од болести, наведених у оквиру критеријума за искључење, док је 5 пацијената одбило да учествује. Након искључивања, преостало је 75 пацијената са унилатералном лумбосакралном радикулопатијом дискогеног порекла, који су испуњавали критеријуме за укључење у студију. Они су методом случајног избора (методом случајних бројева) подељени у три групе:

1. **Група А** је обухватила 30 пацијената, који су имали примену ласера мале снаге и кинезитерапије у трајању од 15 дана;
2. **Група Б** је обухватила 30 пацијената, који су имали примену ТЕНС-а и кинезитерапије у трајању од 15 дана;
3. **Група Ц** (контролна група) је обухватила 15 пацијената, који су имали примену кинезитерапије у трајању од 15 дана.

Сви пацијенти су били упознати са планираним дијагностичким и терапијским поступцима у овом истраживању, након чега су писмено потврдили пристанак за учешће у истраживању.

7.2. МЕТОДОЛОГИЈА

Након детаљно узете анамнезе свим пацијентима урађен је клинички преглед, са посебним освртом на локални налаз лумбосакралне регије и захваћеног доњег екстремитета. Дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије постављена је клиничким прегледом и потврђена додатним ЕМНГ испитивањем и MRI прегледом лумбосакралног сегмента кичме.

Демографски и антропометријски подаци (старост, пол, степен образовања, телесна висина, телесна маса), као и **подаци о штетним навикама** (пушење) су добијени од свих пацијената у оквиру детаљно узете анамнезе.

На основу вредности телесне масе и телесне висине израчунат је индекс телесне масе (engl. *body mass index*, (BMI)), према следећој формули:

$$\text{BMI (kg m}^2\text{)} = \text{телесна маса (kg) / телесна висина}^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Према вредностима BMI процењивана је ухрањеност пацијената, у складу са класификацијом Светске здравствене организације (*World Health Organization*) (Табела 7.1) [165].

Табела 7.1. Класификација ухрањености према вредностима BMI

BMI (kg/m ²)	Ухрањеност
<18,5	Неухрањеност
18,5 - 24,9	Нормална ухрањеност
25 - 29,9	Прекомерна ухрањеност
≥30	Гојазност

Електромионеурографско испитивање

Ниво радикулопатије и степен (тежина) лезије спиналних коренова утврђен је на основу ЕМНГ налаза доњих екстремитета. Степен лезије спиналних коренова је класификован у односу на степен оштећења периферне инервације на следећи начин:

- степен 1: лака лезија спиналних коренова;
- степен 2: лака до умерена лезија спиналних коренова;
- степен 3: умерена лезија спиналних коренова;

- степен 4: умерена до тешка лезија спиналних коренова; и
- степен 5: тешка лезија спиналних коренова.

7.2.1. Испитивани параметри

У циљу процене терапијског ефекта физикалних процедура, пре и након спроведене терапије, урађена је клиничка и функционална процена, као и термографско испитивање.

Клиничка процена

У циљу клиничке процене пацијената праћени су следећи параметри:

- ♦ **Интензитет бола**

Интензитет бола, процењиван је коришћењем визуелне аналогне скале (енгл. *visual analog scale*, (VAS)). Визуелна аналогна скала представља 100 mm хоризонталну скалу, градуирану од 0-100, с тим што 0 представља стање без бола, до 100 представља најгори могући бол. Интензитет бола је био посебно мерен у мировању и за време активних покрета лумбалног дела кичме [166]. Пацијенти су интензитет бола означавали на VAS, као средњу вредност бола који су имали уназад 7 дана пре испитивања.

- ♦ **Покретљивост лумбалног дела кичме** испитивана је:

а) **пробом прсти–под** (прсти-под дистанца (ППД)) која подразумева мерење флексије лумбалног дела кичме као растојање од врха трећег прста до пода, изражено у cm [167];

б) **Schober**, који је процењиван мерењем промене растојања између 2 ознаке на кичменом стубу. Растојање од 10 cm са доњом границом у нивоу спинозног наставка L5 је обележавано када пацијент стоји у неутралном положају. Пацијент се онда максимално савијао пут напред са испруженим коленима, а промена растојања између 2 ознаке се мерила у cm [168];

♦ **Тест истезања по Лазаревићу**

Тест истезања по Лазаревићу процењиван је подизањем оболелог испруженог доњег екстремитета до одређене границе тј. до појаве бола. Он се сматрао позитивним, уколико се радикуларни бол репродуковао при елевацији доњег екстремитета између 30-70⁰ [169];

♦ **Груба моторна снага дорзалних и плантарних флексора стопала**

Груба моторна снага (ГМС) плантарних и дорзалних флексора стопала процењивана је применом мануелног мишићног теста (ММТ) на следећи начин:

- оцена 0: нема мишићне активности;
- оцена 1: мишићна контракција у трагу, која се може палпирати или визуализовати;
- оцена 2: мишић је способан да савлада пун обим покрета, када је искључена сила Земљине теже;
- оцена 3: мишићном контракцијом је могуће савладати пун обим покрета, без искључења Земљине теже;
- оцена 4: мишићном контракцијом је могуће савладати пун обим покрета, против силе Земљине теже и благог отпора;
- оцена 5: мишић може да савлада пун обим покрета, уз максималан отпор који мануелно пружа физиотерапеут [170].

Функционална процена

Функционална способност пацијената процењивана је коришћењем упитника *Oswestry Disability Index* (ODI), који се састоји од 10 питања са по 6 понуђених одговора који се оцењују од 0-5 поена. Након попуњавања упитника, поени су сабирани и изражавани у процентима у односу на максималан број поена (50) Вредности ODI могу да буду у опсегу 0-100% и тумаче се на следећи начин:

- 0-20% минимална онеспособљеност;
- 21-40% умерена онеспособљеност;

- 41-60% изражена онеспособљеност;
- 61-80% веома изражена онеспособљеност, која утиче све аспекте свакодневног живота;
- 81-100% потпуна онеспособљеност, која везује за постељу [171].

Коришћена је оригинална верзија упитника преведена на српски језик. Пацијенти су упитник попуњавали самостално.

Инфрацрвено термографско снимање

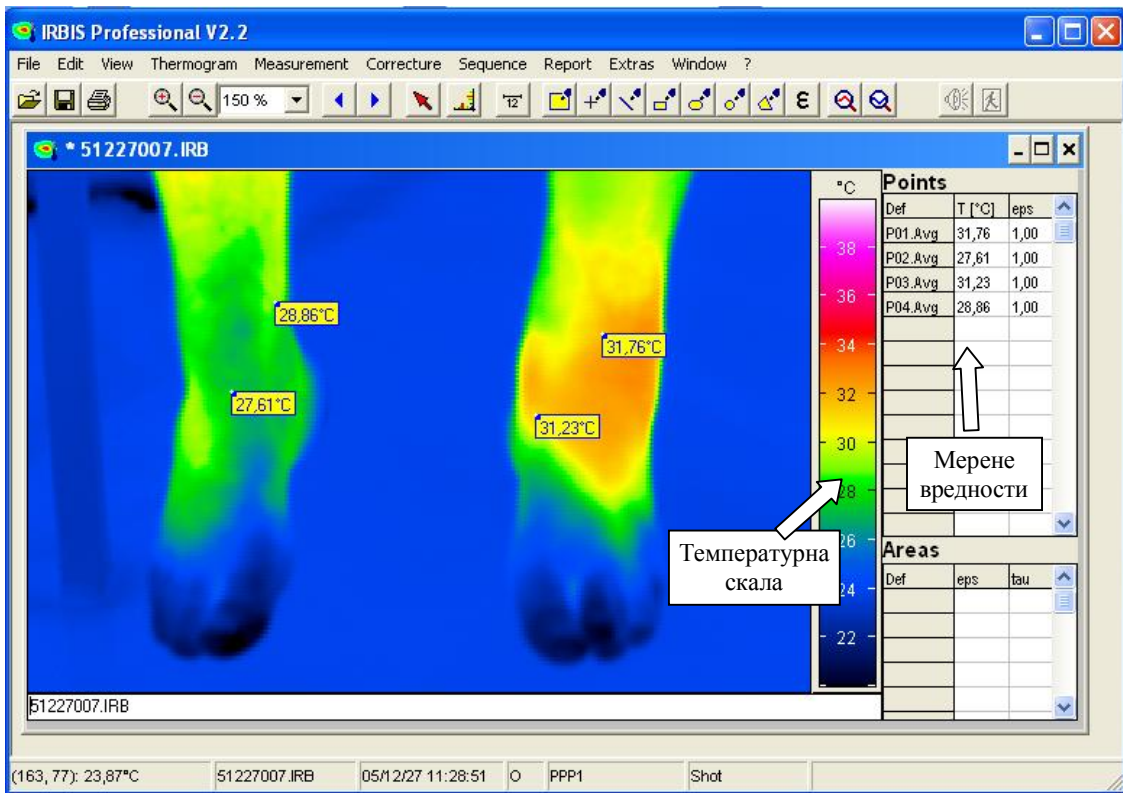
Испитивани пацијенти су снимани инфрацрвеном термовизијском камером, а затим је урађена квалитативна и квантитативна анализа добијених термограма.

Услови термографског снимања су били једнаки за све пацијенте, у складу са водичем за неуромускулоскелетну термографију Америчке академије за термологију (*Guidelines for neuromusculoskeletal thermography of the American Academy of Thermology*). Температура просторије за снимање била је константна, у опсегу 20-25°C. Просторија је била заштићена од директног дејства ултравиолетних зрака, а клима-уређај је био искључен. Пацијенти су избегавали излагање коже топлој води, најмање 2 сата пре снимања. Поред тога, пре снимања су избегавали локалну примена аналгетика и козметичких препарата. Кортикостероиде, симпатичке блокаторе, вазоактивне лекове, трансдермалне фластере, нису користили најмање 24 сата пре снимања. Физикалне процедуре нису спровођене најмање 12 сати, а електродијагностичко испитивање није рађено 24 сата пре снимања [89].

Део тела означен као РОИ, био је без одеће најмање 15 минута пре снимања. Предња, задња страна потколенице, плантарна страна стопала и пета представљали су РОИ. При снимању плантарних површина стопала, пацијенти су седели са подигнутим ногама на хоризонталној равни и стопалима постављеним у вертикалној равни, тако да се не додирују. За снимање потколеница, они су стајали са лако абдукованим доњим екстремитетима. Термовизијском камером *Varioscan high resolution 3021* („*Jenoptik*“, *Dresden, Немачка*), која је приказана на слици 7.1, снимане су обострано РОИ. За обраду термограма коришћен је *IRBIS Professional 2.2*-графички орјентисан софтверски пакет, чији је главни прозор приказан на слици 7.2.



Слика 7.1. Varioscan high resolution 3021



Слика 7.2. Главни прозор IRBIS Professional 2.2. софтвера

♦ **Квалитативна анализа**

Квалитативном анализом добијених термограма, уочавано је присуство или одсуство температурне симетрије између хомологних РОИ оболелог и контралатералног доњег екстремитета. Уколико је била присутна температурна асиметрија, у оквиру РОИ оболелог доњег екстремитета уочавано је хипотермичко или хипертемичко подручје у односу на хомологну РОИ контралатералног екстремитета. Такође је анализирана дистрибуција хипотермичког/хипертемичког подручја.

♦ **Квантитативна анализа**

Квантитативном анализом добијених термограма одређиване су просечне вредности температура РОИ, изражене у Целзијусовим степенима ($^{\circ}\text{C}$). Код сваког пацијента, за сваку РОИ понаособ је била израчуната разлика просечних вредности (\bar{X}) температура, између РОИ контралатералног и оболелог доњег екстремитета, према формули:

$\Delta T = \bar{X}$ температура РОИ контралатералног – \bar{X} температура РОИ оболелог екстремитета

У циљу процене ефекта терапије, као и ради испитивања повезаности регионалне температурне разлике (ΔT) са параметрима клиничког и функционалног испитивања, узимана је РОИ са максималним вредностима ΔT ($\max \Delta T$).

Поред претходно наведених корелација, испитивана је и повезаност регионалне температурне разлике са степеном лезије коренова спиналних нерава, који је процењиван на основу ЕМНГ налаза. Уколико је била присутна радикулопатија на два или више нивоа, у циљу испитивања повезаности лезије спиналних коренова са регионалном температурном разликом, узиман је тежи степен оштећења.

Процена могућности ИРТ да одреди ниво радикулопатије, вршена је на основу поређења термографског налаза са ЕМНГ налазом.

7.2.2. Терапијски протоколи

Пацијенти групе А су третирали полупроводничним GaAs ласером снаге 200 mW, таласне дужине 808 nm, модулисане фреквенције 70 и 5000Hz. Третирано је укупно 15 тачака: 8 тачака у пројекцији интервертебралних простора од Л3-С1 и 7 тачака у пројекцији Walleixovih тачака дуж захваћеног екстремитета дозом 2 J/cm². Укупна количина енергије по једном третману износила је 30 J/cm².

Код пацијената групе Б примењиван је нискофреквентни ТЕНС, фреквенције 80Hz и трајања импулса 200μs. Апликација ТЕНС-а трајала је 30 минута.

Код пацијената све три групе примењиван је кинезитерапијски програм који укључује статичке контракције мишића стабилизатора лумбалног сегмента кичме и динамичке вежбе истезања и јачања мишића леђа и абдомена.

Претходно наведене терапијске процедуре су биле спроведне током 3 узастопне недеље (5 дана недељно, од понедељка до петка).

7.3. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА ПОДАТАКА

Након испитивања добијени резултати су статистички обрађени у SPSS 17.0 програму (Statistical Package for the Social Sciences Program - version 17.0) за статистичку обраду података.

Континуалне варијабле су представљене као средња вредност ± стандардна девијација ($\bar{X} \pm SD$), уколико имају нормалну расподелу или као медиана када немају нормалну расподелу. Нормална дистрибуција података је испитивана Kolmogorov-Smirnov тестом. Квалитативне варијабле су представљене су као апсолутни бројеви или процентуално.

Анализа структуре испитиваних група по старости и у односу на BMI је урађена ANOVA тестом. За поређење учесталости појединих атрибутивних параметара коришћен је Pearson χ^2 тест.

Разлике између група у односу на вредности испитиваних параметара добијених пре терапије тестиране су: 1) One-Way ANOVA тестом, уколико подаци имају нормалну расподелу; 2) Kruskal-Wallisovim тестом, уколико подаци немају нормалану расподелу.

Разлике у вредностима испитиваних параметара добијених пре и после терапије су испитиване унутар група (А;Б;Ц): 1) t-тестом за зависне узорке (Paired Samples T- test), уколико подаци имају нормалну расподелу; 2) Wilcoxonovim тестом, уколико подаци немају нормалну расподелу.

Разлике између група (А-Б; А-Ц; Б-Ц) у променама вредности испитиваних параметара добијених после терапије испитиване су t-тестом за независне узорке (Independent Samples T- test).

Разлике у терапијском ефекту примењених физикалних процедура су одређиване Коеновим (Cohen's d) d параметром, на следећи начин:

- слаба када је $d < 0,2$
- средња када је $0,2 < d < 0,8$
- јака када је $d > 0,8$.

У циљу испитивања корелације између $\max \Delta T$ и других испитиваних параметара, коришћен је: 1) Pearsonov коефицијент корелације (Pearson correlation coefficient) (r) у случају када подаци имају нормалну дистрибуцију; 2) Spearmanov коефицијент корелације (ρ) (Spearman correlation coefficient) за податке у случају када подаци немају нормалну дистрибуцију. За корелациону анализу са описном варијаблом са две категорије коришћен је Point- biserijski коефицијент корелације.

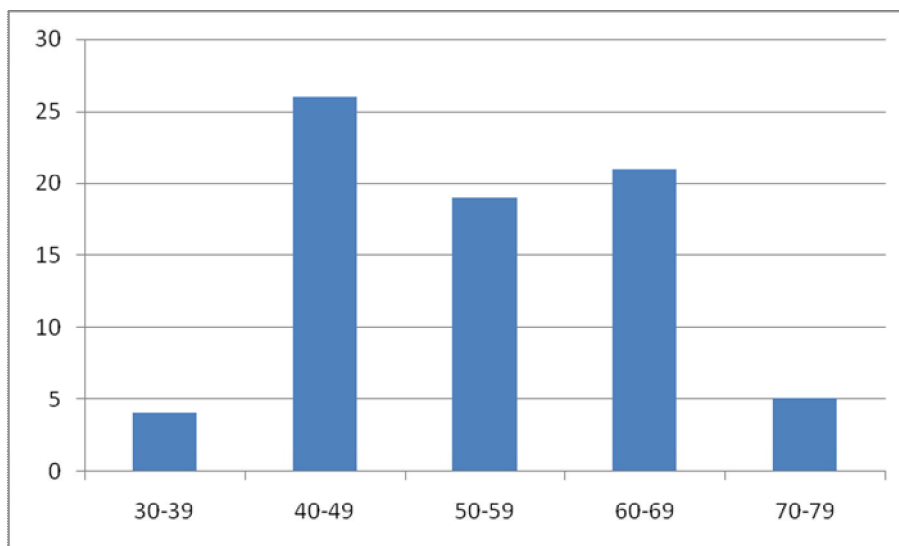
Резултати статистичке анализе података приказани су табеларно и графички. Вредност $p < 0,05$ је сматрана статистички значајном.

8. РЕЗУЛТАТИ

8.1. СТРУКТУРА ПАЦИЈЕНАТА У ОДНОСУ НА ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

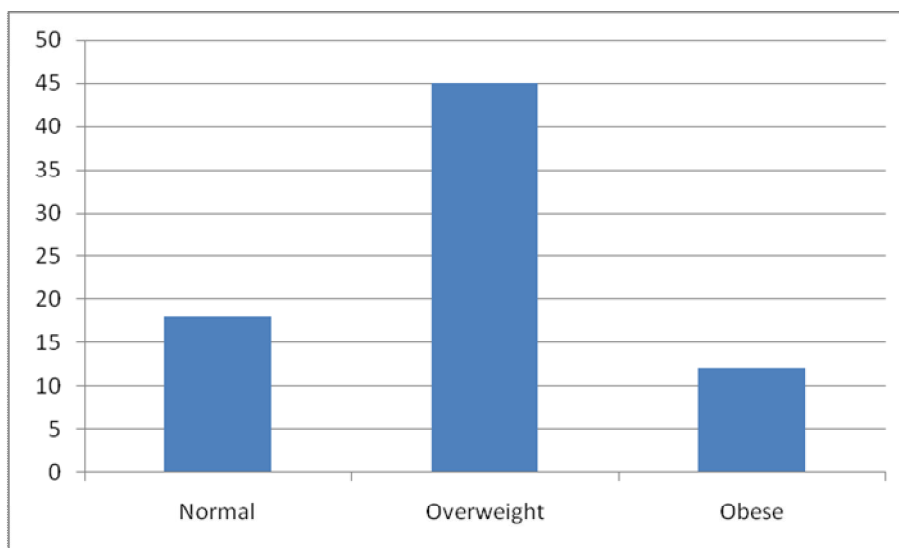
Истраживање је обухватило 75 пацијента оба пола, старости 32-76 година. Просечна старост свих испитиваних пацијената је $54,07 \pm 10,33$ година. Структура пацијената по старосним групама приказана је на графикону 8.1. Највећи број пацијената (26 пацијената) је припадао старосној групи 40-49 година, а најмањи број пацијената (4 пацијента) је припадао најмлађој старосној групи 30-39 година.

Анализом полне структуре испитиваних пацијената уочено је 54,7% (41) испитаника женског пола и 45,3% (34) испитаника мушког пола.



Графикон 8.1. Дистрибуција пацијената по старосним групама

Анализом структуре испитиваних пацијената у односу на ВМІ, уочено је да највећи број пацијената (57 пацијената; 76%) има прекомерну телесну тежину (ВМІ ≥ 25 kg/m²). Структура испитиваних пацијената у односу на ВМІ приказана је на графикону 8.2.



Графикон 8.2. Структура испитиваних пацијената у односу на ВМІ

(Normal-ВМІ=18,5-24,9kg/m²; Overweight-ВМІ=25-29,9 kg/m²; Obese-ВМІ ≥ 30 kg/m²)

8.2. СТРУКТУРА ИСПИТИВАНИХ ГРУПА У ОДНОСУ НА ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПАЦИЈЕНАТА

Структура испитиваних група (група А, Б и Ц) је анализирана у односу на следеће карактеристике пацијената:

◆ Старост

Анализом структуре испитиваних група по старости, ANOVA тестом нису утврђене статистички значајне разлике између група ($F=0,02$; $p>0,05$). Просечна старост пацијената по групама приказана је у табели 8.1.

Табела 8.1. Просечна старост пацијената по групама

	Група А $\bar{X} \pm SD$	Група Б $\bar{X} \pm SD$	Група Ц $\bar{X} \pm SD$
Старост (године)	54,20±8,71	53,77±10,52	54,40±13,31

◆ Пол

Између испитиваних група, Pearson χ^2 тестом нису утврђене статистички значајне разлике у полној структури ($\chi^2=1,16$; $p>0,05$). У табели 8.2. приказана је полна структура испитиваних група.

Табела 8.2. Полна структура испитиваних група

Пол	Група А		Група Б		Група Ц	
	број	%	број	%	број	%
Мушкарци	15	50,00	14	46,67	5	33,33
Жене	15	50,00	16	53,33	10	66,67
Укупно	30	100,00	30	100,00	15	100,00

◆ Пушење цигарета

Такође, између испитиваних група нису утврђене статистички значајне разлике у односу на статус пушења цигарета ($\chi^2 = 0,19$; $p > 0,05$). Дистрибуција пушача и непушача по групама је дата у табели 8.3.

Табела 8.3. Структура испитиваних група у односу на статус пушења цигарета

Пушење цигарета	Група А		Група Б		Група Ц	
	број	%	број	%	број	%
Да	12	40,00	13	43,33	7	46,67
Не	18	60,00	17	56,67	8	53,33
Укупно	30	100,00	30	100,00	15	100,00

◆ Степен образовања

Анализом структуре испитиваних група у односу на степен образовања, нису утврђене статистички значајне разлике између испитиваних група ($\chi^2 = 9,48$; $p = 0,052$). У табели 8.4. приказана је структура испитиваних група у односу на степен образовања. Представљени резултати показују да је у групи А и Б било највише пацијената са средњом стручном спремом (56,67% у групи А, 66,67% у групи Б), док је у групи Ц највише пацијената са високом стручном спремом (53,33%).

Табела 8.4. Структура испитиваних група у односу на степен образовања

Образовање	Група А		Група Б		Група Ц	
	број	%	број	%	број	%
Основно	7	23,33	4	13,33	0	0,00
Средње	17	56,67	20	66,67	7	46,67
Високо	6	20,00	6	20,00	8	53,33
Укупно	30	100,00	30	100,00	15	100,00

◆ Индекс телесне масе

Између испитиваних група, ANOVA тестом нису утврђене статистички значајне разлике у односу на BMI ($F=2,61$; $p>0,05$). Просечна вредност индекса телесне масе испитиваних пацијената по групама, приказана је у табели 8.5.

Табела 8.5. Просечна вредност индекса телесне масе пацијената по групама

	Група А $\bar{X} \pm SD$	Група Б $\bar{X} \pm SD$	Група Ц $\bar{X} \pm SD$
BMI* (kg/m ²)	27,93±4,03	26,76±3,56	25,21±3,79

*BMI(body mass index)-индекса телесне масе

Испитивањем основних карактеристика пацијената нису утврђене статистички значајне разлике између испитиваних група ($p>0,05$). Претходно наведено говори у прилог да основне карактеристике пацијената нису утицале на евентуално постојање статистички значајних разлика између испитиваних група у односу на остале испитиване параметре тј. да нису утицале на резултате истраживања.

8.3. НАЛАЗ МАГНЕТНЕ РЕЗОНАНЦЕ КОД ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА

На налазима магнетне резонанце уочено је да су сви испитивани пацијенти имали хернијацију диска, и то локализовану латерално. Протрузуја диска је утврђена код 65 (86,67%) пацијената, док је код преосталих 10 (13,33%) присутна екструзија. Код 47 (62,67%) пацијената, хернијација диска је уочена на једном нивоу, док је код преосталих 28 (37,33%) присутна на два нивоа. Налази магнетне резонанце показују постојање хернијације диска на следећим нивоима: Л3-Л4, Л4-Л5, Л5-С1. У табели 8.6. приказана је заступљеност одређених нивоа хернијације диска код испитиваних пацијената.

Табела 8.6. Заступљеност одређених нивоа хернијације диска код пацијената.

Ниво хернијације диска	број	%
Л*4-Л5	19	25,33
Л5- С†1	28	37,33
Л3-Л4;Л4-Л5	6	8,00
Л3-Л4;Л5-С1	8	10,67
Л4-Л5; Л5-С1	14	18,67
Укупно	75	100,00

* Л- лумбални пршљен; † С- сакрални пршљен

8.4. НАЛАЗ ЕЛЕКТРОМИОНЕУРОГРАФИЈЕ ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА

Налази ЕМНГ показују да су сви испитивани пацијенти имали лезију Л5 и/или С1 спиналног корена. Код 7 пацијената (9,33%) је присутна лезија једног спиналног корена, док је код преосталих 68 (90,67%) присутна лезија два корена. У групи пацијената (n=68) са лезијом два спинална корена, 13 пацијената је имало лаку лезију једног од два захваћена корена.

8.4.1. Структура испитиваних група у односу на степен оштећења корена спиналног нерва

У табели 8.7. приказана је структура испитиваних група у односу на степен лезије спиналног корена, с тим што у случају када су истовремено захваћена два корена, сагледан је онај са тежим оштећењем. Између испитиваних група, Kruskal-Wallis тестом нису утврђене статистички значајне разлике у односу на степен лезије спиналног корена ($\chi^2=1.563$; $p>0.05$).

Табела 8.7. Структура група у односу на степен лезије спиналног корена

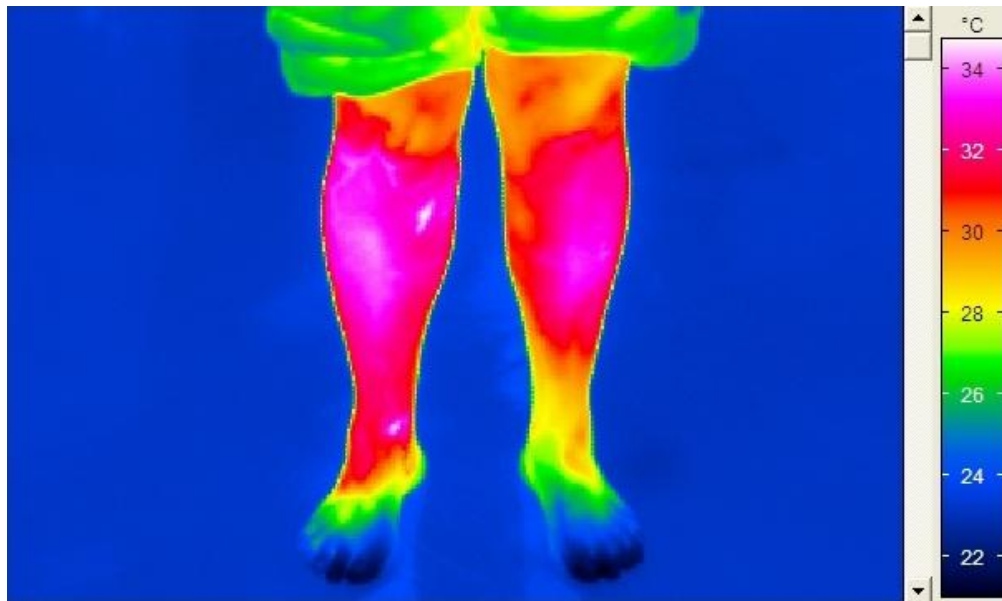
Лезија спиналних коренова	Група А		Група Б		Група Ц	
	број	%	број	%	број	%
Лака	1	3,33	2	6,67	0	0
Лака-умерена	3	10,00	4	13,33	2	13,33
Умерена	9	30,00	6	20,00	8	53,33
Умерена-тешка	9	30,00	14	46,67	3	20,00
Тешка	8	26,67	4	13,33	2	13,33
Укупно	30	100,00	30	100,00	15	100,00

8.5. АНАЛИЗА ТЕРМОГРАМА ДОЊИХ ЕКСТРЕМИТЕТА

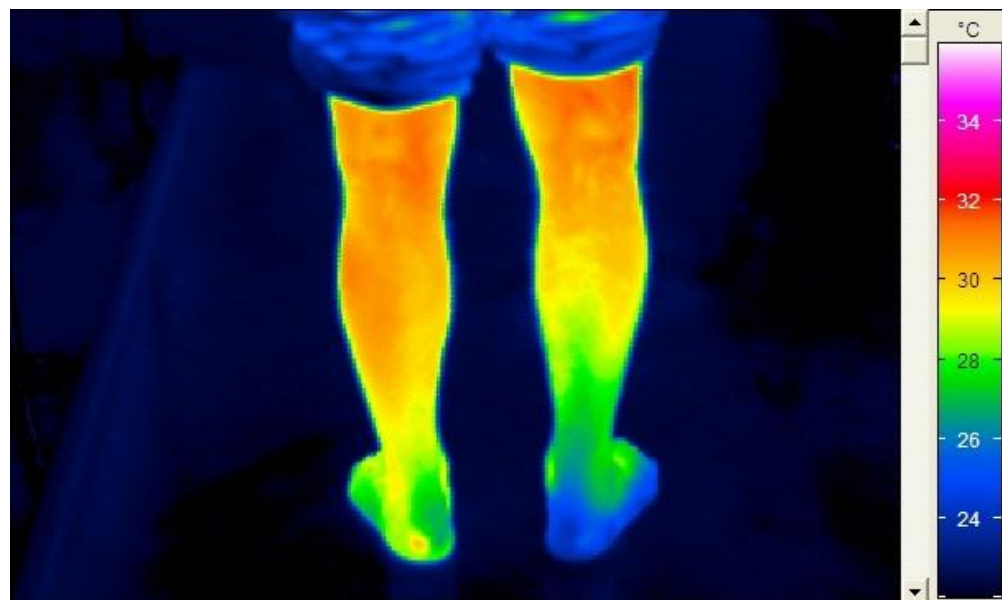
Код свих испитиваних пацијената термограми доњих екстремитета процењивани су квалитативном и кванитативном анализом.

◆ Квалитативна анализа термограма

Квалитативном анализом термограма добијених пре терапије, код свих испитиваних пацијената је уочена температурна асиметрија између оболелог и контралатералног доњег екстремитета, у најмање једној од четири снимане РОИ. Промене вредности температуре у регији оболелог доњег екстремитета у односу на хомологне регије контралатералног екстремитета, процењене су као регионална хипотермија код свих пацијената. На слици 8.1 и 8.2 приказани су термограми доњих екстремитета на којима је уочена регионална хипотермија у различитим регијама оболелог доњег екстремитета. Уочено је да дистрибуција регионалне хипотермије не прати дистрибуцију дерматома.

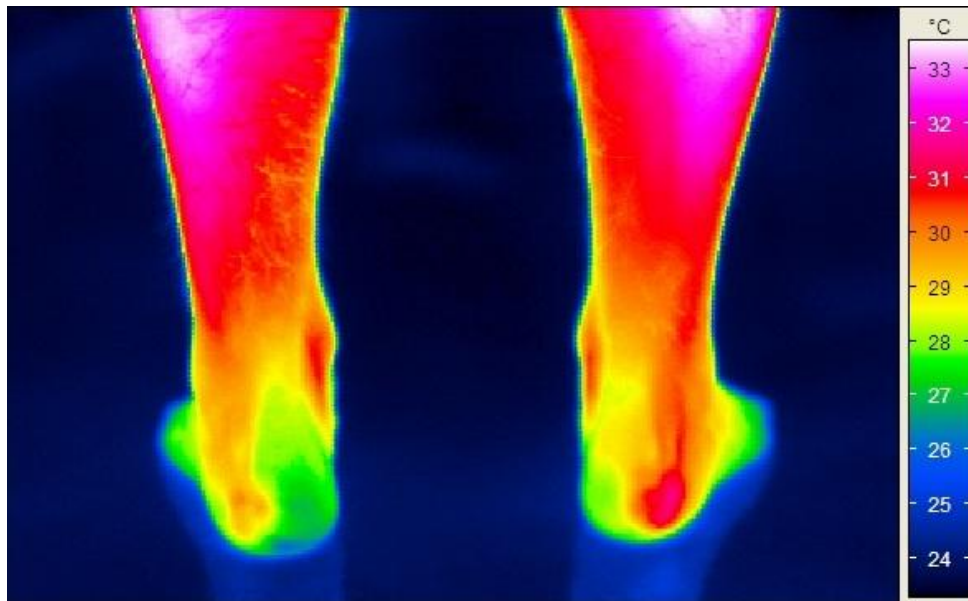


а) Регионална хипотермија на предњој страни леве потколенице

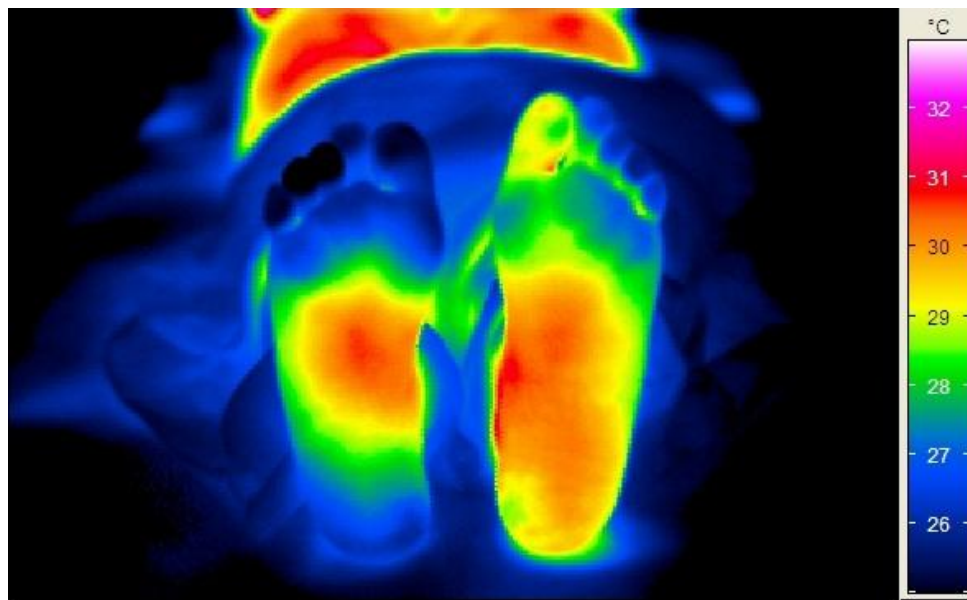


б) Регионална хипотермија на задњој страни десне потколенице

Слика 8.1. Термограми доњих екстремитета - предња и задња страна потколенице



а) Регионална хипотермија на пети



б) Регионална хипотермија на плантарној страни стопала

Слика 8.2. Термограми доњих екстремитета - пета и плантарна страна стопала

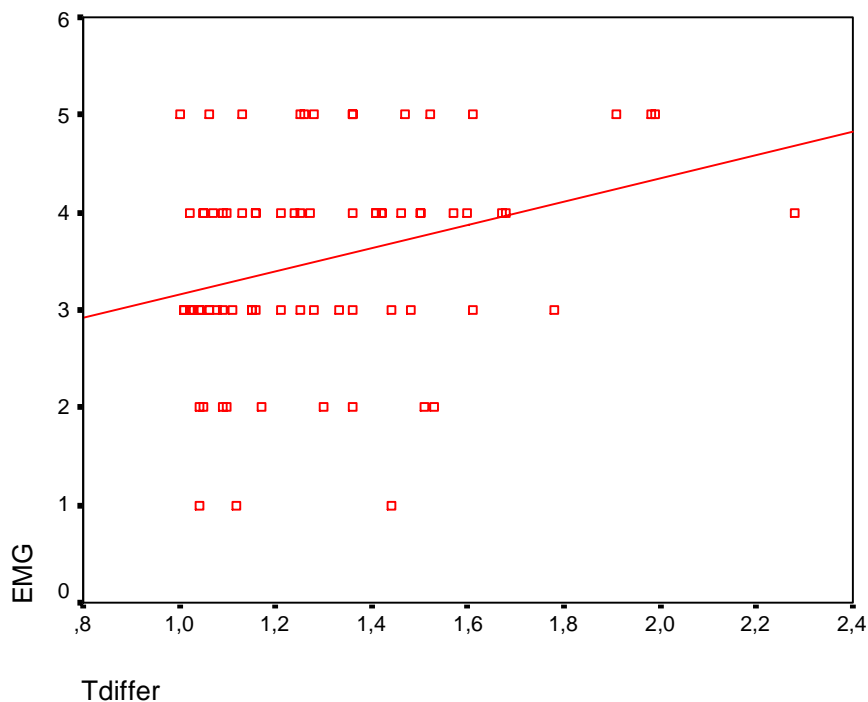
♦ Квантитативна анализа термограма

Квантитативном анализом термограма добијених пре терапије, код свих испитиваних пацијената је уочен значајни термални дефицит ($\Delta T \geq 1^{\circ}\text{C}$) на оболелом доњем екстремитету, у најмање једној од четири снимане РОИ. Само један пацијент је имао вредност $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$, док је код осталих вредност $\Delta T > 1^{\circ}\text{C}$. Према претходно наведеном, код 74 пацијената ове студије термографски је потврђена клиничка дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије, што показује повезаност термографског и клиничког налаза (98,67%; n=74). Пошто је клиничка дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије код пацијената укључених у студију потврђена ЕМНГ налазом, ово испитивање такође показује повезаност термографског налаза и ЕМНГ налаза у 98,67% (n=74).

Максималне вредности регионалне температурне разлике (max ΔT) су код највећег броја пацијената забележене на пети или плантарној површини стопала.

8.6. КОРЕЛАЦИЈА ИЗМЕЂУ ТЕРМАЛНОГ ДЕФИЦИТА И СТЕПЕНА ЛЕЗИЈЕ СПИНАЛНОГ КОРЕНА

У циљу испитивања корелације између степена лезије спиналног корена и вредности регионалног термалног дефицита одређених на термограмима добијеним пре терапије, коришћен је Pearsonov коефицијент корелације (r) (Pearson correlation coefficient). Између претходно наведених параметара утврђена је позитивна статистички значајна корелација средњег интензитета, која показује да повећање вредности регионалног термалног дефицита прати тежи степен лезије спиналног корена. ($r = 0,300$; $p < 0,05$). Резултат корелационе анализе између степена лезије спиналног корена и вредности регионалног термалног дефицита приказан је на слици 8.3.



Слика 8.3. Корелација између вредности регионалног термалног дефицита (T differ, x-оса) и степена лезије спиналног корена (EMG, y-оса)

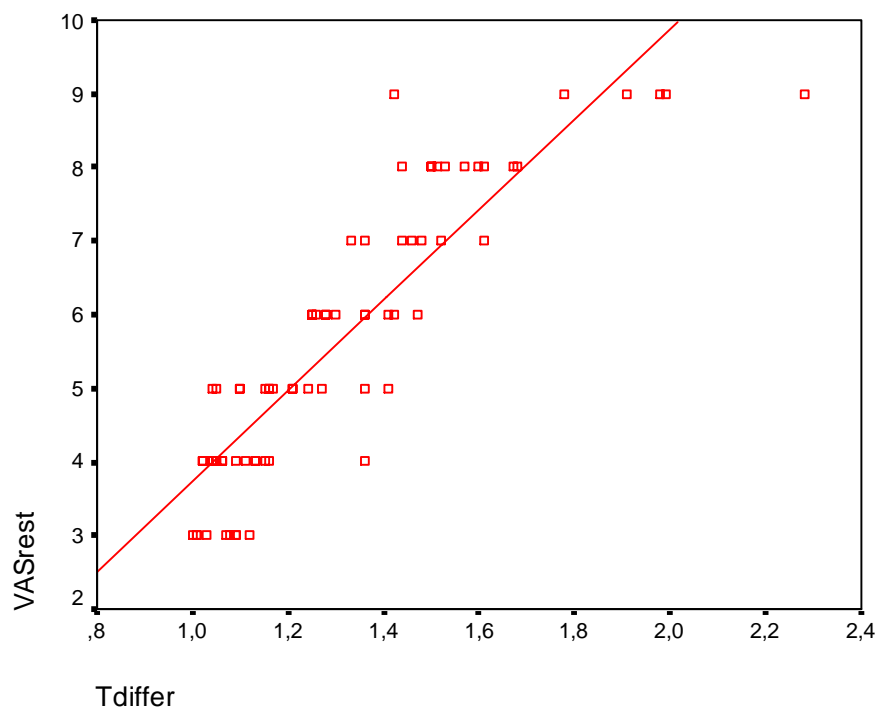
8.7. КОРЕЛАЦИЈА ИЗМЕЂУ ТЕРМАЛНОГ ДЕФИЦИТА И КЛИНИЧКИХ ПАРАМЕТАРА

У циљу испитивања корелације између регионалног термалног дефицита и клиничких параметара, коришћен је Pearsonov коефицијент корелације (r) (Pearson correlation coefficient) за податке са нормалном дистрибуцијом или Spearmanov коефицијент корелације (ρ) (Spearman correlation coefficient) за податке који нису имали нормалну дистрибуцију. За корелациону анализу са описном варијаблом са две категорије коришћен је Point–biserijski коефицијент корелације. Ради корелационе анализе коришћене су вредности регионалног термалног дефицита и клиничких параметара добијене пре спроведене терапије.

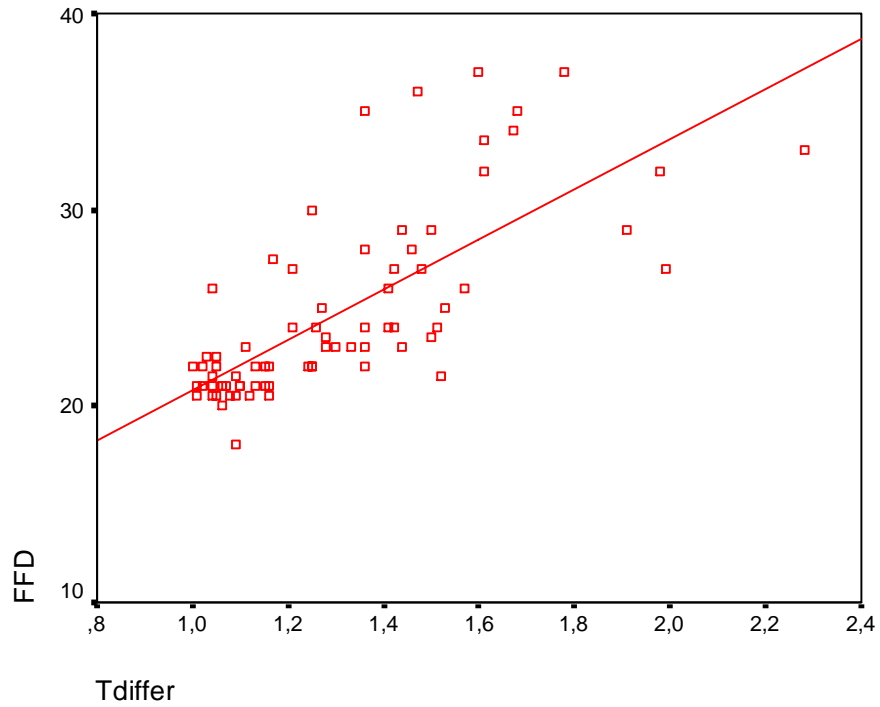
8.7.1. Корелација између термалног дефицита и интензитета бола

Утврђена је статистички значајна позитивна корелација вредности регионалног термалног дефицита са интензитетом бола у мировању (VAS-rest), као и са интензитетом бола за време активних покрета лумбалног дела кичме (VAS-activity), што показује да се интензитет бола (VAS-rest/VAS-activity) повећава са повећањем вредности регионалног термалног дефицита ($r_{\text{vas-rest}}=0,887/$ $r_{\text{vas-activity}}=0,871$; $p<0.001$). Претходно наведене вредности Pearsonovog коефицијента корелације (r) показују да између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета бола (VAS-rest/VAS-activity) постоји јака корелација.

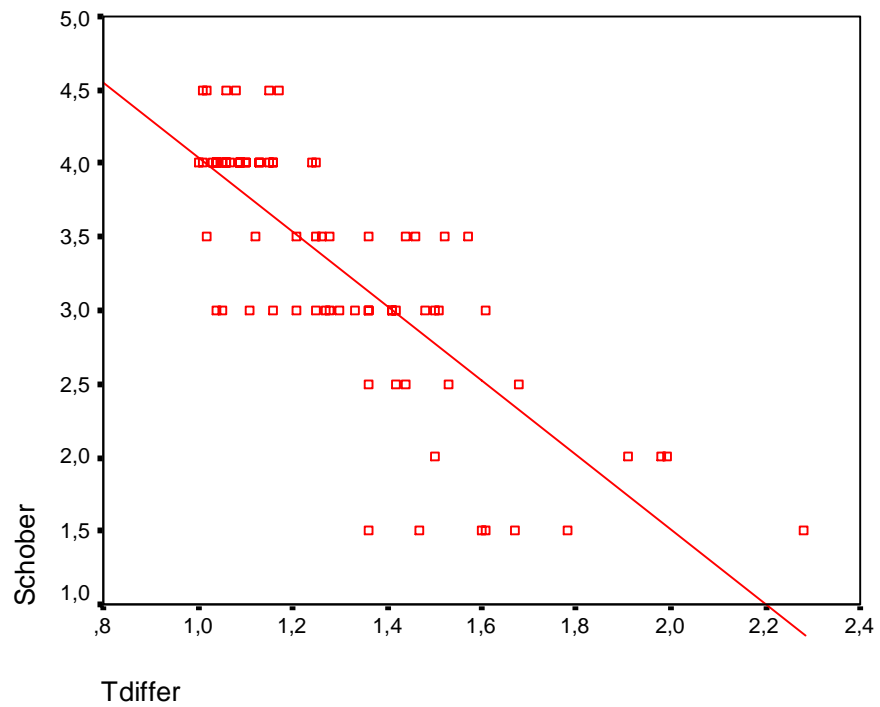
Резултат корелационе анализе између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета бола у мировању приказан је на слици 8.4, а између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета бола при активним покретима на слици 8.5.



Слика 8.4. Корелација између вредности регионалног термалног дефицита (T differ, x- оса) и интензитета бола у мировању (VAS-rest, y- оса)



Слика 8.6. Корелација између вредности термалног дефицита (T differ, x- оса) и покретљивости лумбалног дела кичме (FFD - дистанца прсти-под, у- оса)



Слика 8.7. Корелација између вредности регионалног термалног дефицита (T differ, x- оса) и покретљивости лумбалног дела кичме (Schober тест; у- оса)

8.7.3. Корелација између термалног дефицита и теста истезања по Лазаревићу

Утврђена је статистички значајна корелација вредности регионалног термалног дефицита са појавом радикуларног бола при елевацији болесног доњег екстремитета између 30-70⁰, ($r = 0,247$; $p < 0,05$). Наведене вредности Point-biserijskog коефицијента корелације (r) показују да се ради о корелацији слабог интензитета ($r = 0,247$).

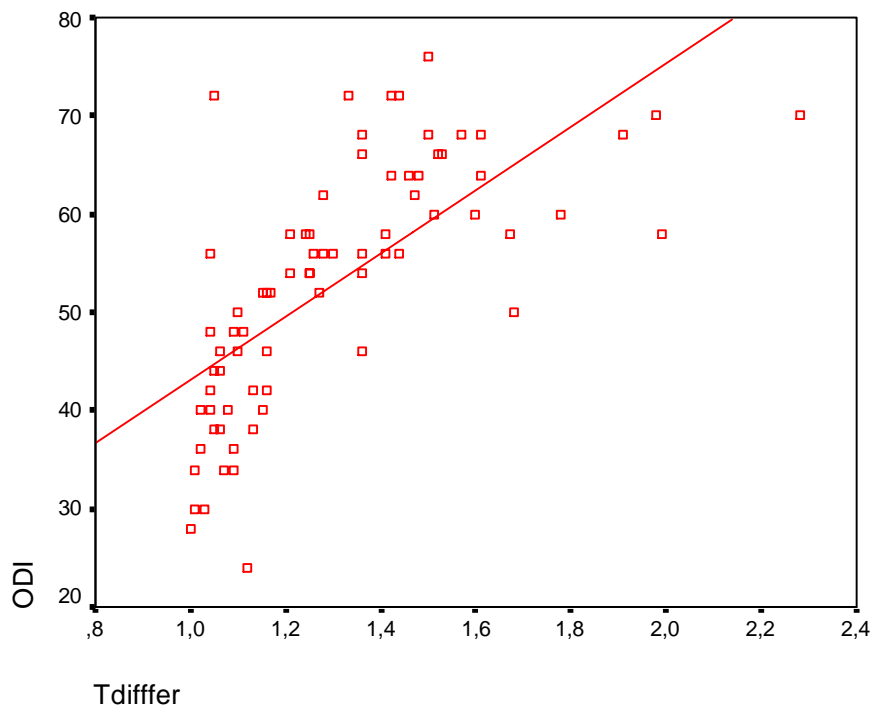
8.7.4. Корелација између термалног дефицита и грубе моторне снаге плантарних и дорзалних флексора стопала

Корелационом анализом није утврђена статистички значајна корелација вредности регионалног термалног дефицита са ГМС плантарних флексора стопала ($\rho = -0,096$; $p > 0,05$), нити са ГМС дорзалних флексора стопала ($\rho = -0,001$; $p > 0,05$).

8.8. КОРЕЛАЦИЈА ИЗМЕЂУ ТЕРМАЛНОГ ДЕФИЦИТА И ФУНКЦИОНАЛНЕ СПОСОБНОСТИ ПАЦИЈЕНАТА

Утврђена је статистички значајна позитивна корелација између вредности регионалног термалног дефицита и ODI скова, што показује да се ODI скор повећава са повећањем вредности регионалног термалног дефицита ($p < 0,001$). С обзиром да веће вредности ODI скова одговарају тежем функционалном оштећењу пацијената, корелација између вредности регионалног термалног дефицита и ODI скова указује да се функционално стање пацијената погоршава са повећањем вредности регионалног термалног дефицита. Вредности Pearsonovog коефицијента корелације (r) показују да се ради о корелацији јаког интензитета ($r = 0,691$).

Резултат корелационе анализе између вредности регионалног термалног дефицита и функционалног стања пацијената приказан је на слици 8.8.



Слика 8.8. Корелација између вредности термалног дефицита (T differ, x- оса) и функционалне способности (ODI - Oswestry Disability Index; y- оса)

8.9. ВРЕДНОСТ ТЕМПЕРАТУРНЕ АСИМЕТРИЈЕ У ПРОЦЕНИ ТЕРАПИЈСКОГ ЕФЕКТА ПРИМЕЊЕНИХ ФИЗИКАЛНИХ ПРОЦЕДУРА

Између испитиваних група, пре почетка терапије није постајала статистички значајна разлика у односу на вредности $\max \Delta T$ ($F=0,09$; $p>0,05$).

◆ Вредност регионалне температурне асиметрије пре и после терапије

Просечне вредности $\pm SD$ ($\bar{X} \pm SD$) $\max \Delta T$ утврђене пре и након спроведене терапије, приказане су табеларно за све испитиване групе (Табела 8.8).

У све три испитиване групе, утврђено је након спроведене терапије, статистички значајно смањење вредности $\max \Delta T$ и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p<0,001$) (Табела 8.8).

Табела 8.8. Регионална температурна асиметрија пре и после терапије

Група	max ΔT^* (C°)		t	p
	$\bar{X} \pm SD$ (min-max)			
	пре терапије	после терапије		
Група А	1,32±0,31 (1,04-2,28)	0,63±0,15 (0,46-1,14)	17,174	<0,001
Група Б	1,29±0,22 (1,00-1,91)	0,85±0,16 (0,56-1,27)	14,701	<0,001
Група Ц	1,29±0,27 (1,01-1,78)	0,79±0,20 (0,58-1,21)	12,769	<0,001

* max ΔT (C°)- вредност регионалне температурне асиметрије

♦ **Интергрупно поређење вредности регионалне температурне асиметрије**

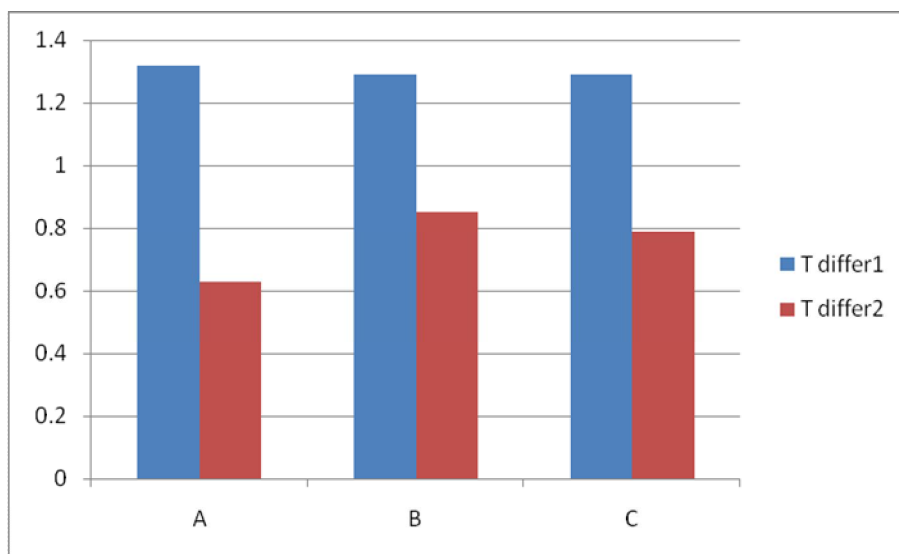
Разлике између вредности добијених пре и после терапије за max ΔT упоређиване су између испитиваних група (А-Б, А-Ц, Б-Ц). Статистичка анализа је показала да је у групи А у односу на групу Б постигнут бољи терапијски ефекат, у смањењу вредности max ΔT и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$). Бољи терапијски ефекат је такође постигнут у групи А у односу на групу Ц, али на нижем нивоу статистичке значајности ($p < 0,01$). Коенов (Cohen's d) d параметар показује да је између групе А и Б, као и између групе А и Ц остварена велика разлика у терапијском ефекту који се односи на смањење вредности температурне асиметрије ($d > 0,8$) (Табела 8.9).

Табела 8.9. Интергрупно поређење вредности температурне асиметрије

	Група			Интергрупно поређење					
	А	Б	Ц	А-Б		А-Ц		Б-Ц	
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	t	d	t	d	t	d
$\max \Delta T_2^\ddagger - \max \Delta T_1^\ddagger$	-0,69±0,22	-0,44±0,17	-0,50±0,15	-4,86**	-1,26	-3,01*	-0,95	1,04 [§]	0,33

[†]max ΔT 1– вредност температурне асиметрије пре терапије; [‡]max ΔT2– вредност температурне асиметрије након терапије; **p <0,001 *p <0,01 [§]p>0,05

За разлику од наведеног, између групе Б и Ц, није утврђена статистички значајна разлика у терапијском ефекту физикалних процедура, који се односи на смањење вредности max ΔT (p>0,05) (Табела 8.9).



Графикон 8.3. Вредност регионалне температурне асиметрије пре и након терапије (Tdiffer1- вредност температурне асиметрије пре терапије; Tdiffer 2- вредност температурне асиметрије након терапије)

Највеће смањење вредности max ΔT постигнуто је након терапије у групи А (Графикон 8.3). Претходно наведено, показује да је најбољи терапијски ефекат у односу на вредност регионалне температурне асиметрије остварен у групи А.

8.10. КЛИНИЧКИ ПАРАМЕТРИ КОД ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА ПРЕ И ПОСЛЕ ТЕРАПИЈЕ

8.10.1. Интензитет бола пре и после терапије

Између испитиваних група, пре терапије није постајала статистички значајна разлика у односу на интензитет бола у мировању ($F=0,30$; $p>0,05$), нити у односу на интензитет бола који се јавља при активним покретима лумбалног сегмента кичме ($F=0,24$; $p>0,05$).

Просечне вредности \pm SD ($\bar{X}\pm$ SD) интензитета бола у мировању (VAS-rest), као и интензитета бола за време активних покрета лумбалног дела кичме (VAS-activity) добијене пре и након терапије, табеларно су приказане за све испитиване групе (Табела 8.10 и 8.11).

У све три групе је након спроведене терапије утврђено статистички значајно смањење почетних вредности VAS-rest, као и вредности VAS-activity. Код пацијената у групи А и Б, вредност VAS-rest је смањена на максималном нивоу статистичке значајности ($p<0,001$), као и вредност VAS-activity ($p<0,001$). У групи Ц је такође утврђено статистички значајно смањење вредности интензитета бола, али на нивоу статистичке значајности од $p<0,05$ за VAS-rest, и на нивоу од $p<0,01$ за VAS-activity (Табела 8.10 и 8.11).

Табела 8.10. Интензитет бола у мировању пре и након терапије

Група	*VAS-rest		t	p
	$\bar{X} \pm SD$ (min-max)			
	пре терапије	после терапије		
Група А	5,50±1,76	3,83±1,29	9,520	<0,001
	(3,00-9,00)	(2,00-6,00)		
Група Б	5,80±1,88	4,70±1,39	7,503	<0,001
	(3,00-9,00)	(2,00-7,00)		
Група Ц	5,40±2,03	4,73±1,58	2,870	<0,05
	(3,00-9,00)	(3,00-8,00)		

*VAS-rest – интензитет бола у мировању

Табела 8.11. Интензитет бола при активним покретима пре и након терапије

Група	*VAS-activity		t	p
	$\bar{X} \pm SD$ (min-max)			
	пре терапије	после терапије		
Група А	6,33±1,73	4,60±1,28	10,052	<0,001
	(3,00-10,00)	(3,00-7,00)		
Група Б	6,57±1,83	5,30±1,56	11,894	<0,001
	(3,00-9,00)	(3,00-8,00)		
Група Ц	6,20±1,90	5,53±1,68	3,568	<0,01
	(4,00-9,00)	(3,00-7,00)		

*VAS-activity- интензитет бола при активним покретима лумбалног дела кичме

8.10.2. Покретљивост лумбалног сегмента кичме пре и после терапије

Покретљивост лумбалног сегмента кичме процењена је код испитиваних пацијената следећим тестовима:

◆ Проба прсти-под

Између испитиваних група, пре почетка терапије није постајала статистички значајна разлика у односу на измерене вредности ППД ($F=0,84$; $p>0,05$).

Просечне вредности \pm SD ($\bar{X} \pm SD$) ППД измерене пре и након спроведене терапије, приказане су табеларно за све испитиване групе (Табела 8.12).

У све три испитиване групе је након спроведене терапије утврђено статистички значајно смањење вредности ППД и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p<0,001$) (Табела 8.12).

Табела 8.12. Прсти-под дистанца пре и након терапије

Група	*ППД (cm)		t	p
	$\bar{X} \pm SD$ (min-max)			
	пре терапије	после терапије		
Група А	23,87 \pm 3,78 (20,00-34,00)	13,18 \pm 3,64 (7,50-20,00)	21,995	<0,001
Група Б	25,08 \pm 4,82 (20,50-37,00)	18,98 \pm 3,82 (12,00-28,00)	11,795	<0,001
Група Ц	25,57 \pm 5,81 (18,00-37,00)	20,50 \pm 4,26 (16,00-28,00)	6,775	<0,001

*ППД - дистанца прсти-под

◆ **Schober тест**

Између испитиваних група група, пре почетка терапије није утврђена статистички значајна разлика у односу на вредности Schober теста ($\chi^2 = 2.007$; $p > 0,05$).

Вредности Schober теста измерене пре и након спроведене терапије приказане су табеларно за све испитиване групе (Табела 8.13).

Утврђено је након спроведене терапије статистички значајно повећање вредности Schober теста, у групи А и Б и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$). У групи Ц је такође, након терапије остварено статистички значајно повећање вредности Schober теста, али на нивоу статистичке значајности од $p < 0,01$ (Табела 8.13).

Табела 8.13. Schober тест пре и након терапије

Група	Schober тест (cm)		z	p
	mediana (min-max)			
	пре терапије	после терапије		
Група А	3,50 (1,50-4,50)	5,00 (4,50-5,00)	-4,829	<0,001
Група Б	3,00 (1,50-4,50)	4,00 (3,00-5,00)	-4,837	<0,001
Група Ц	3,50 (1,50-4,50)	4,50 (3,50-5,00)	-3,111	<0,01

Претходно наведене анализе вредности ППД и Schober теста показују да се након терапије, статистички значајно повећава покретљивост лумбалног дела кичме, у све три испитиване групе (Табела 8.12 и 8.13).

8.10.3. Груба моторна снага плантарних и дорзалних флексора стопала пре терапије

Просечне вредности \pm SD ($\bar{X} \pm SD$) ГМС плантарних и дорзалних флексора стопала утврђене пре спроведене терапије приказане су табеларно за све испитиване групе (Табела 8.14). Пошто испитивани пацијенти нису имали значајан моторни дефицит, није процењиван ефекат физикалних процедура на ГМС плантарних и дорзалних флексора стопала.

Табела 8.14. Груба моторна снага плантарних и дорзалних флексора стопала пре терапије

Група	* ГМС ($\bar{X} \pm SD$)	
	ПФ	ДФ
Група А	3,03 \pm 0,18	3,00 \pm 0,00
Група Б	3,27 \pm 0,45	3,20 \pm 0,41
Група Ц	3,20 \pm 0,41	3,07 \pm 0,26

* ГМС - груба моторна снага; ПФ- плантарни флексори стопала; ДФ- дорзални флексори стопала

8.10.4 Теста истезања по Лазаревићу пре и после терапије

Између група, пре почетка терапије није утврђена статистички значајна разлика у односу на појаву радикуларног бола при елевацији захваћеног доњег екстремитета између 30-70⁰ (позитиван тест истезања по Лазаревићу) ($\chi^2 = 0,085$; $p > 0,05$).

Структура испитиваних група у односу на присуство радикуларног бола при елевацији оболелог доњег екстремитета између 30-70⁰, пре и после спроведене терапије приказана је табеларно (Табела 8.15.)

Табела 8.15. Теста истезања по Лазаревићу пре и након терапије

Група	Тест истезања по Лазаревићу				z	p
	пре терапије		после терапије			
	-	+	-	+		
Група А	11	19	28	2	5,042	<0,001
Група Б	11	19	20	10	1,755	>0,05
Група Ц	5	10	6	9	0,230	>0,05

У групи А је статистички значајно смањен број пацијената, код којих се репродукује радикуларни бол при елевацији оболелог доњег екстремитета између 30-70⁰ и то на максималном нивоу статистичке значајности ($z = 5,042$; $p < 0,001$).

Насупрот наведеном, у групи Б и Ц није статистички значајно смањен број пацијената, код којих се репродукује радикуларни бол при елевацији доњег екстремитета између 30-70⁰ ($p > 0,05$).

8.11. ФУНКЦИОНАЛНА СПОСОБНОСТ ИСПИТИВАНИХ ПАЦИЈЕНАТА ПРЕ И ПОСЛЕ ТЕРАПИЈЕ

Између испитиваних група, пре почетка терапије није утврђена статистички значајна разлика у односу на функционалну способност пацијената ($F=1,07$; $p > 0,05$). У све три испитиване групе просечне вредности ODI скора припадале су истој групи тј. групи изражене онеспособљености (41-60%).

Просечне вредности $\pm SD$ ($\bar{X} \pm SD$) ODI утврђене пре и након спроведене терапије, приказане су табеларно за све испитиване групе (Табела 8.16).

Статистички значајно смањење вредности ODI скора утврђено је након спроведене терапије у све три испитиване групе и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$). Након терапије, просечне вредности ODI скора у све три испитиване групе, остају и даље у опсегу 41-60%, који одговара израженој

онеспособљености. Међутим, добијена просечна вредност ODI скора ($41,33 \pm 11,40\%$) у групи А налази се на доњој граници опсега који одговара израженој онеспособљености (41-60%). (Табела 8.16).

Табела 8.16. Функционална способност пацијената пре и након терапије

Група	* ODI (%)		t	p
	$\bar{X} \pm SD$ (min-max)			
	пре терапије	после терапије		
Група А	$52,27 \pm 11,04$ (24,00-70,00)	$41,33 \pm 11,40$ (12,00-62,00)	17,241	<0,001
Група Б	$55,20 \pm 13,99$ (28,00-76,00)	$47,60 \pm 13,23$ (20,00-68,00)	13,136	<0,001
Група Ц	$49,60 \pm 11,96$ (30,00-68,00)	$44,53 \pm 11,60$ (26,00-62,00)	11,767	<0,001

*ODI - Oswestry Disability Index

8.12. ПОРЕЂЕЊЕ ТЕРАПИЈСКИХ ЕФЕКТА ФИЗИКАЛНИХ ПРОЦЕДУРА ИЗМЕЂУ ИСПИТИВАНИХ ГРУПА

Ради поређења терапијских ефеката примењених физикалних процедура, између испитиваних група упоређиване су разлике између вредности добијених пре и после терапије, за параметре клиничког и функционалног испитивања.

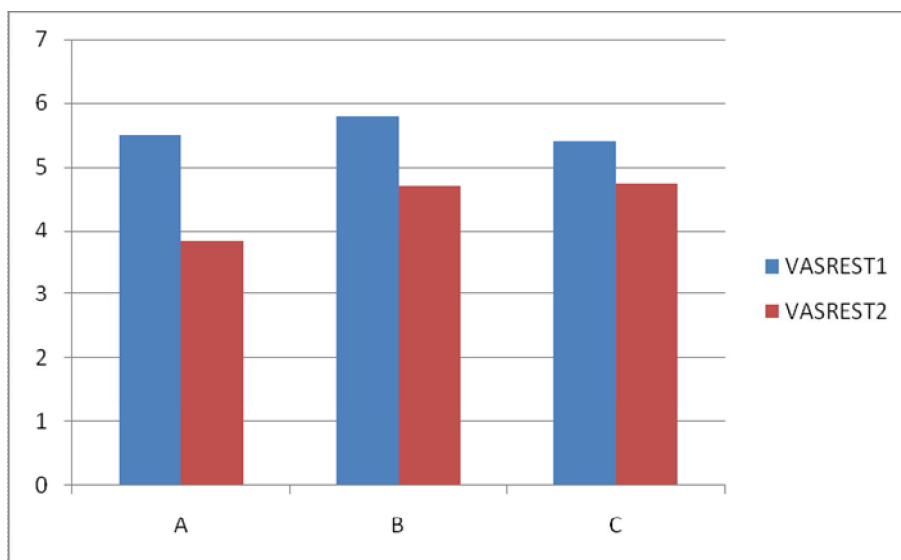
8.12.1. Поређење интензитета бола

Разлике између вредности добијених пре и после терапије за интензитет бола (VAS-rest и VAS-activity), упоређиване су између испитиваних група (А-Б, А-Ц, Б-Ц). Статистичка анализа је показала да је бољи терапијски ефекат у редукцији бола (VAS-rest и VAS-activity) остварен у групи А него у групи Б, на нивоу

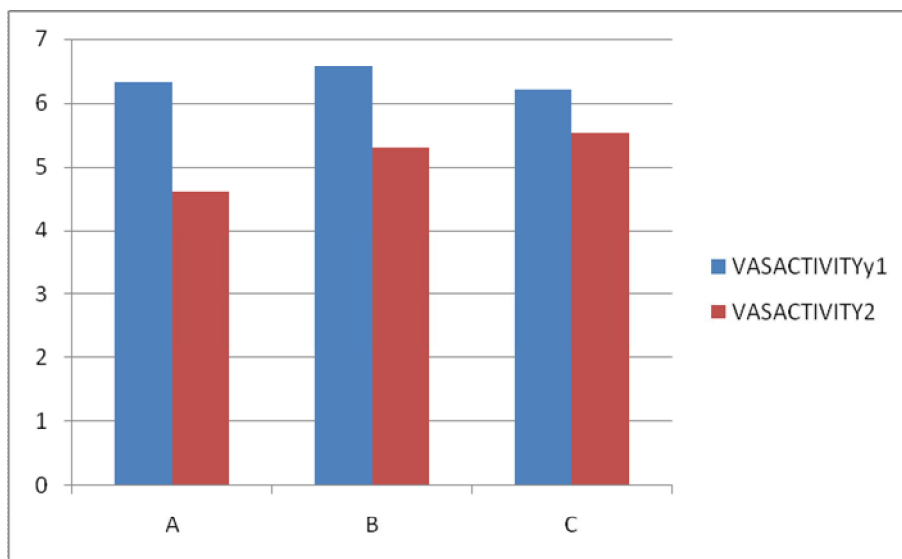
статистичке значајности од $p < 0,05$. Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра показују да је остварена разлика у аналгетском ефекту између групе А и Б средње величине ($0,2 < d < 0,8$) (Табела 8.17).

Поред тога, постигнут је бољи аналгетски ефекат (VAS-rest и VAS-activity) у групи А него групи Ц и то на нивоу статистичке значајности од $p < 0,01$. Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра показују да између групе А и Ц постоји велика разлика у постигнутом аналгетском ефекту (VAS-rest и VAS-activity) ($d > 0,8$) (Табела 8.17).

Насупрот наведеном, између групе Б и Ц није утврђена статистички значајна разлика у терапијском ефекту, који се односи на интензитет бола у мировању (VAS-rest) ($p > 0,05$). Међутим, између наведених група утврђена је статистички значајна разлика у терапијском ефекту, који се односи на интензитет бола при активним покретима лумбалног дела кичме (VAS-activity) ($p < 0,01$). Коенов (Cohen's d) d параметар показује да је између групе Б и Ц наведена разлика у терапијском ефекту средње величине ($0,2 < d < 0,8$) (Табела 8.17).



Графикон 8.4. Бол у мировању пре и након терапије (VAS-rest 1– интензитет бола у мировању пре терапије; VAS-rest 2 – интензитет бола у мировању након терапије)



Графикон 8.5. Бол при активним покретима пре и након терапије (VAS-activity 1- интензитет бола при активним покретима пре терапије; VAS-activity 2- интензитет бола при активним покретима након терапије)

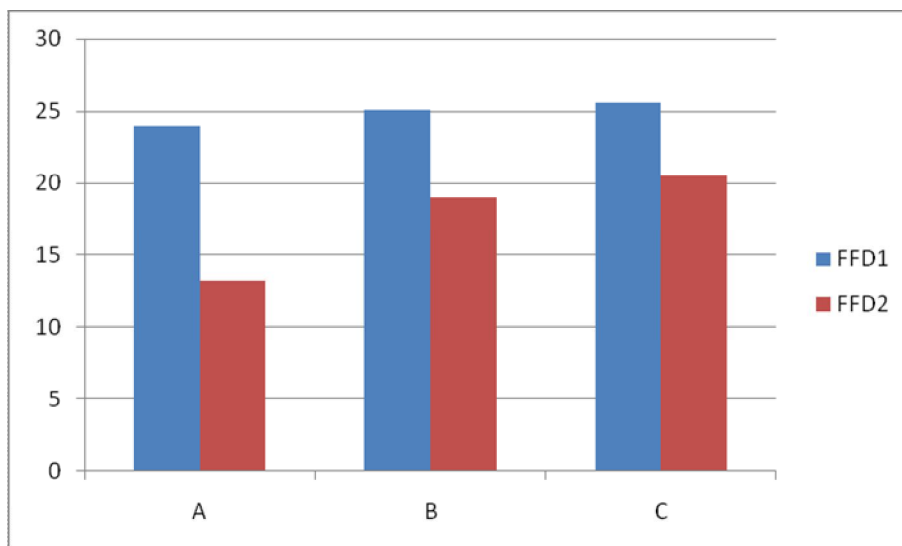
Највеће смањење вредности интензитета бола у мировању (VAS-rest), као и интензитета бола при активним покретима лумбалног сегмента кичме (VAS-activity) остварено је након терапије у групи А (Графикон 8.4 и 8.5). Претходно наведено указује да је најбољи аналгетски ефекат постигнут у групи А.

8.12.2. Поређење покретљивости лумбалног дела кичме

◆ Проба прсти-под

Разлике између вредности добијених пре и после терапије за ППД упоређиване су између испитиваних група (А-Б, А-Ц, Б-Ц). Статистичка анализа је показала да се бољи терапијски ефекат у редукцији ППД постиже у групи А него у групи Б и то на нивоу максималне статистичке значајности ($p < 0,001$). На истом нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$) постигнут је бољи терапијски ефекат у групи А него у групи Ц. Коенов (Cohen's d) d параметар показује да је између групе А и Б, као и између групе А и Ц, остварена велика разлика у терапијском ефекту који се односи на редукцију ППД ($d > 0,8$) (Табела 8.17).

За разлику од наведеног, између групе Б и Ц није утврђена статистички значајна разлика у односу на редукцију вредности ППД ($p > 0,05$) (Табела 8.17).



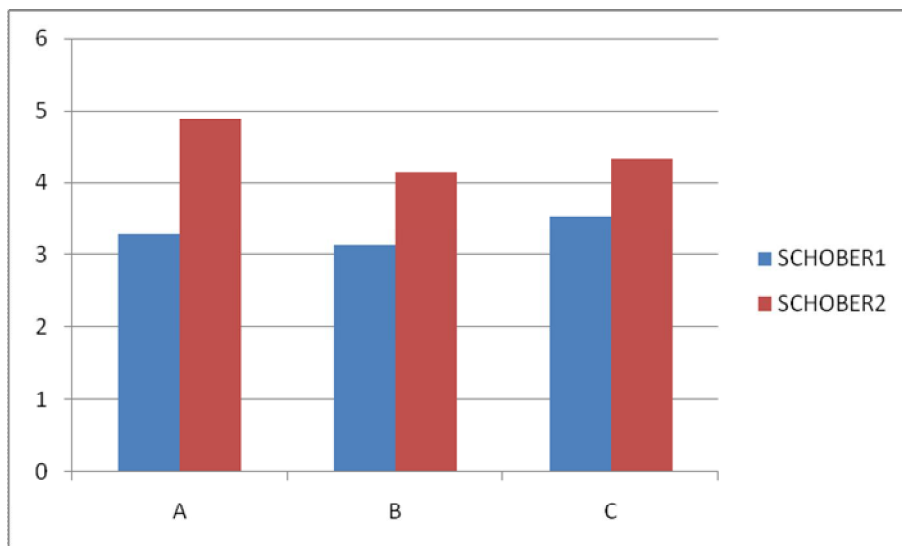
Графикон 8.6. Дистанца прсти-под пре и после терапије (FFD 1 - дистанца прсти под пре терапије; FFD 2 - дистанца прсти под после терапије)

Највеће смањење вредности ППД је након терапије постигнуто у групи А (Графикон 8.6).

◆ Schober тест

Разлике између вредности добијених пре и после терапије за Schober тест упоређиване су између испитиваних група (А-Б, А-Ц, Б-Ц). Статистичком анализом утврђено је да се бољи терапијски ефекат у повећању вредности Schober теста постиже у групи А него у групи Б и то на нивоу статистичке значајности од $p < 0,01$. На истом нивоу статистичке значајности ($p < 0,01$) постигнут је бољи терапијски ефекат у групи А него у групи Ц. Вредности Коенов (Cohen's d) d параметра показују да је између групе А и Б, као и између групе А и Ц, постигнута велика разлика у терапијском ефекту који се односи на повећање вредности Schober теста ($d > 0,8$) (Табела 8.17).

За разлику од наведеног, између групе Б и Ц, није утврђена статистички значајна разлика у односу на повећање вредности Schober теста ($p>0,05$) (Табела 8.17).



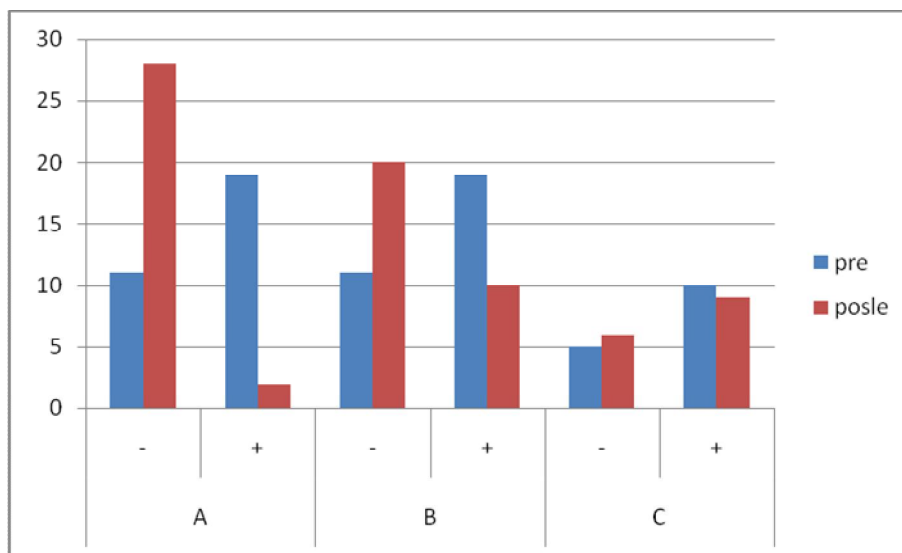
Графикон 8.7. Schober тест пре и после терапије (Schober 1– Schober тест пре терапије; Schober 2 - Schober тест после терапије)

Највеће повећање вредности Schober теста је након терапије постигнуто у групи А (Графикон 8.7).

Претходне анализе дистанце прсти-под и Schober теста указују да је највећа покретљивост лумбалног дела кичме постигнута у групи А (Графикон 8.6 и 8.7).

8.12.3. Поређење теста истезања по Лазаревићу

Највећи број пацијената (28 пацијената; 37,33%), који након терапије има негативан тест истезања по Лазаревићу, припада групи А (Графикон 8.8). Претходно наведено указује да је најбољи терапијски ефекат у односу на тест истезања по Лазаревићу постигнут у групи А.

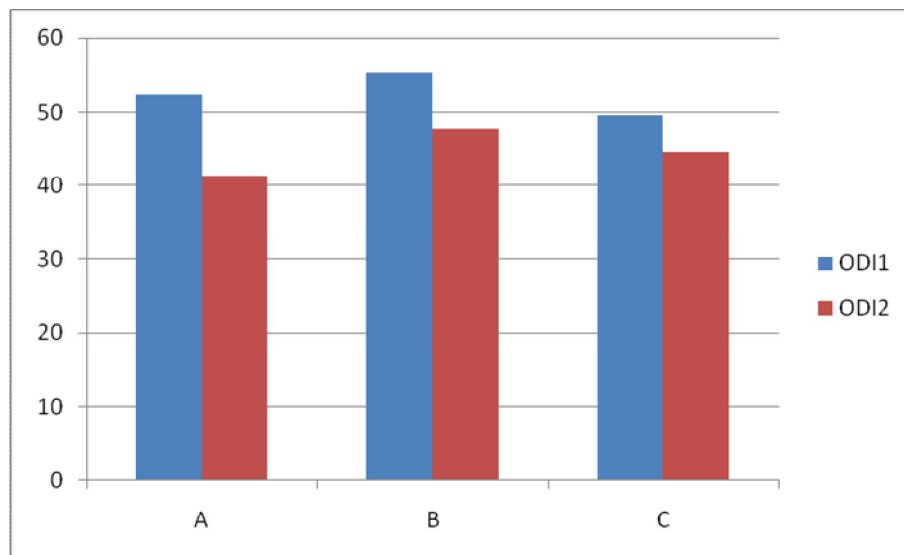


Графикон 8.8. Тест истезања по Лазаревићу пре и након терапије
 ((+)-позитиван тест истезања; (-)-негативан тест истезања по Лазаревићу)

8.13. ПОРЕЂЕЊЕ ФУНКЦИОНАЛНЕ СПОСОБНОСТИ ПАЦИЈЕНАТА

Разлике између вредности добијених пре и после терапије за ODI скор упоређиване су између испитиваних група (А-Б, А-Ц, Б-Ц). Статистичком анализом је утврђено да се бољи терапијски ефекат у редукцији ODI скорa постиже у групи А него у групи Б и то на нивоу максималне статистичке значајности од $p < 0,001$. На истом нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$) постигнут је бољи терапијски ефекат у групи А него у групи Ц. Коенов (Cohen's d) d параметар показује да је између групе А и Б, као и између групе А и Ц, остварена велика разлика у терапијском ефекту који се односи на функционалну способност пацијента ($d > 0,8$) (Табела 8.17).

Осим наведеног, између групе Б и Ц је утврђена статистички значајна разлика у односу на редукцију ODI скорa, на нивоу статистичке значајности од $p < 0,01$. На основу Коеновог (Cohen's d) d параметра учачамо да између групе Б и Ц постоји велика разлика у терапијском ефекту, који се односи на функционалну способност пацијента ($d > 0,8$) (Табела 8.17).



Графикон 8.9. Функционална способност пацијената пре и након терапије (ODI 1- Oswestry Disability Index пре терапије; ODI 2- Oswestry Disability Index након терапије)

Највеће смањење вредности ODI скова је након терапије остварено у групи А (Графикон 8.9). Претходно наведено указује да је најбоља функционална способност постигнута код пацијената у групи А.

Табела 8.17. Процена разлике у терапијском ефекту између испитиваних група

	Група			Интергрупна статистика					
	А	Б	Ц	А-Б		А-Ц		Б-Ц	
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	t	d	t	d	t	d
VASrest2 - VASrest1	-1,67±0,96	-1,10±0,80	-0,67±0,90	-2,44 [§]	-0,63	-3,29*	-1,04	-1,60	-0,51
VASactiv2 - VASactiv1	-1,73±0,94	-1,27±0,58	-0,67±0,72	-2,26 [§]	-0,58	-3,76*	-1,19	-2,93*	-0,93
ППД2 – ППД1	-10,68±2,66	-6,10±2,83	-5,07±2,90	-6,35**	-1,64	-6,33**	-2,00	-1,12	-0,35
Schober2 – Schober1	1,60±0,72	1,02±0,50	0,80±0,70	3,57*	0,92	3,45*	1,09	1,16	0,37
ODI 2 – ODI 1	-10,93±3,47	-7,60±3,17	-5,07±1,67	-3,82**	-0,99	-6,06**	-1,91	-2,84*	-0,90

VAS-rest 1 – интензитет бола у мировању пре терапије; VAS-rest 2 – интензитет бола у мировању након терапије;
 VASact1- интензитет бол при активним покретима пре терапија; VASact2- интензитет бола интензитет бол при активним покретима након терапије; ППД 1 - дистанца прсти под пре терапије; ППД 2 - дистанца прсти под након терапије;
 Schober 1 – Schober тест пре терапије; Schober 2 - Schober тест после терапије ODI 1- Oswestry Disability Index пре терапије; ODI 2- Oswestry Disability Index након терапије; **p <0,001 *p <0,01 [§]p<0,05

9. ДИСКУСИЈА

Лумбосакрална радикулопатија је једна од честих дијагноза у амбулантама лекара опште медицине, неурологије и физикалне медицине [27] [172]. Темелј основног дијагностичког приступа пацијенту са радикуларним болом чине анамнеза и физикални преглед [4]. Поред тога, у циљу прецизне дијагнозе лумбосакралне радикулопатије потребне су информације о функцији корена спиналог нерва, као и структурним променама на кичми, те се користе допунске дијагностичке процедуре: елетродијагностичко испитивање (ЕМНГ), MRI или СТ [5]. Налазе клиничког, морфолошког и функционалног испитивања може да допуни испитивање инфрацрвеном термовизијском камером, које има посебну улогу у процени значаја мањих структурних промена виђених на налазу СТ и/или MRI, као и у процени недовољно јасних налаза претходно наведених дијагностичких процедура [6] [110].

Пошто се највећи део топлоте са површине коже губи емитовањем инфрацрвених зрака, применом инфрацрвене термовизијске камере могу да се визуализују и прецизно детектују абнормалне промене температуре коже оболелог подручја [7]. Квалитативном анализом термограма, уколико је пристан патолошки

процес уочава се температурна асиметрија условљена температурном разликом између оболелог и контралатералног подручја [82]. Поред тога, нове генерације термовизијских камера омогућавају регионалну анализу температуре коже са специфичним квантитативним мерењем [7] [71]. Квантитативном анализом термограма верификујемо вредност температурне асиметрије, коју одређује температурна разлика између симетричних хомологних подручја [8]. Вредност температурне асиметрије може помоћи у детекцији и објективној процени болести које директно или индиректно утичу на васкуларни тонус микроциркулације, који је регулисан аутономним нервним системом [8] [104].

Предност IRT у односу на друге методе је у томе што је неинвазивна, безболна, не излаже пацијента јонизујућем зрачењу и једноставна је за примену [8] [9] [10]. Међутим, примена IRT је ограничена на унилатерални облик патолошког процеса, пошто се процена вазомоторне дисфункције врши на основу вредности температурне асиметрије, која у случају билатерног облика не постоји [9]. Дијагностичку вредност термографије умањује запажање да абнормалне промене температуре коже не прате дистрибуцију дерматома, па стога у већини случајева налаз термограма коректно не идентификује ниво радикулопатије, одређен клиничким и електордијагностичким испитивањем [108] [109] [173]. Због претходно наведеног, не постоји могућност да се применом инфрацрвене термовизијске камере установи ниво хернијације диска, без додатних информација. Поред наведеног, значајан недостатак термографије је висока подложност дејству егзогених фактора, чији се утицај на резултате може елиминисати уколико се обезбеде идентични услови за све пацијенте, при термографском снимању [88] [97].

Могућа примена инфрацрвене термовизијске камере у детекцији и процени унилатералне лумбосакралне радикулопатије, заснива се на вазомоторној дисфункцији, насталој услед иритације или оштећења корена спиналног нерва [6] [8] [105] [106] [107]. Имајући у виду могућност инфрацрвене термовизијске камере да архивира термограме, испитиван је њен допринос објективном избору терапијских процедура. Студије у области термографије указују да се компарацијом термограма добијених пре и после спроведене терапије, добијају информације о ефекту примењених терапијских процедура. Међутим, овом анализом термограма поред процене терапијског ефекта, постоји могућност да се упореди ефекат

разлиитих терапијских процедура у лечењу појединих болести. На основу претходно наведеног, термографија би могла имати улогу објективног водича за избор терапијских процедура [7] [9].

Лечење лумбосакралне радикулопатије може бити конзервативно или оперативно. За разлику од хирушких интервенција, које се користе само уколико постоје индикације за оперативно лечење, терапијски модалитети конзервативног лечења се примењују у сва три стадијума болести [42] [68] [114].

У оквиру конзервативног лечења лумбосакралне радикулопатије присутан је широк спектар разноврсних физикалних процедура, из којег избор појединих процедура, зависи од клиничке манифестације болести и трајања симптома [15] [42]. У вези примене физикалних процедура у лечењу лумбосакралне радикулопатије могуће су контроверзе, јер не постоје чврсти докази о терапијској ефикасности већине ових процедура [15] [16]. Поред тога, међу физикалним процедурама које се користе у лечењу лумбосакралне радикулопатије, није познато које су од њих супериорне у односу на друге, у погледу терапијског ефекта који постижу [15] [174]. Ово истиче значај истраживања спроведених у циљу процене и поређења терапијског ефекта физикалних процедура код лумбосакралне радикулопатије.

У овој студији испитивана је могућност примене инфрацрвене термовизијске камере у дијагнози и процени унилатералне лумбосакралне радикулопатије, али и процени терапијског ефекта физикалних процедура код лумбосакралне радикулопатије. Поред тога, терапијски ефекат примењених физикалних процедура је процењен и на основу параметара клиничког и функционалног испитивања.

У студији је учествовало 75 пацијента са унилатералном лумбосакралном радикулопатијом, по 30 у групи А и Б и 15 пацијента у групи Ц. У оквиру детаљно узете анамнезе, добијени су демографски и антропометријски подаци о пацијентима (старост, пол, степен образовања, телесна висина, телесна маса), као и подаци о њиховим штетним навикама (пушење).

Међу испитиваним пацијентима било је 34 мушкараца (45,3%) и 41 жена (54,7%), што указује на благу доминацију женског пола. У овој студији структура пацијената у односу на пол, није у складу са студијом која истиче да мушкарци чешће оболевају него жене и то у односу 3:2 [31]. Насупрот претходно наведеном, истраживање Tagulli и сар. истиче да је лумбосакрална радикулопатија подједнако заступљена међу оба пола [27].

Старост испитаника ове студије кретала се у опсегу од 39 до 79 година. Само 5,3% испитаника (4 испитаника) је припадало старосној групи 30-39 година, да би следећој старосној групи 40-49 година припадало 34,7% испитаника (26 испитаника), што је у складу са запажањем других аутора да се инциденца лумбосакралне радикулопатије повећава са годинама. Међутим, исти аутори уједно истичу да инциденца лумбосакралне радикулопатије опада након 65 године живота, што такође иде у прилог старосној структури испитаника ове студије, пошто само 6,7% (5 испитаника) испитаника припада старосној групи 70-79 година [26]. Просечна старост испитаника ове студије је $54,07 \pm 10,33$ година, што припада опсегу година (45-64 година), који представља индивидуални фактор ризика за појаву лумбосакралне радикулопатије [30].

Спроведена је и анализа испитиваних пацијената у односу на статус пушења. С обзиром да је пушење фактор ризика за појаву лумбосакралне радикулопатије, очекивали смо да пушачи доминирају у групи испитаника. Међутим, уочавамо да је број непушача већи ($n=43$; 57,3%) у односу на број пушача ($n=32$; 42,7%;), али без статистичке значајности ($p>0,05$). Као једно од могућих објашњења треба размотрити утицај пасивног пушења цигарета на појаву радикулопатије, с обзиром да су Uei и сар. показали да пасивно пушење цигарета изазива промене у генској експресији, које претходе хистолошким променама интервертебралног диска [175].

Такође је спроведена и анализа испитиваних пацијената у односу на степен образовања. Највећи број пацијената ($n=44$) је имао завршену средњу школу (58,67%), док је њих 11 (14,67%) имало основно образовање, а 20 пацијената (26,67%) високо.

Вредност ВМІ испитиваних пацијената креће се у опсегу од 18,81 kg/m² до 39,47 kg/m². Просечна вредност ВМІ од $26,91 \pm 3,88$ kg/m² указује на прекомерну телесну тежину, која је фактор ризика за појаву лумбосакралне радикулопатије [32].

Између испитиваних група нису утврђене статистички значајне разлике у односу на пол, старост, ниво образовања, статус пушења и индекс телесне масе ($p>0,05$), што указује да ови параметри нису утицали на резултате истраживања.

Након узете анамнезе урађено је клиничко, функционално, електродијагностичко и термографско испитивање.

9.1. ДИЈАГНОСТИЧКА ВРЕДНОСТ ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ

У циљу испитивања дијагностичке вредности налаза инфрацрвене термографије урађено је клиничко, електродијагностичко (ЕМНГ) и термографско испитивање.

Електромионеурографско испитивање

Код свих пацијената ове студије, клиничка дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије потврђена је електродијагностичким испитивањем (ЕМНГ). Електромионеурографским испитивањем одређиван је ниво и степен лезије коренова спиналних нерава. Утврђено је да су сви испитивани пацијенти имали лезију L5 и/или S1 корена спиналног нерва, што је у складу са запажањем аутора, који истичу да захваћеност ових спиналних коренова има највећу учесталост [17] [18]. Лезија једног спиналног корена је била присутна код 7 пацијената (9,33%), док је код преосталих 68 (90,67%) била присутна лезија два корена. У циљу испитивања повезаности лезије спиналних коренова са регионалном температурном асиметријом узиман је тежи степен оштећења, уколико је била присутна радикулопатија на два нивоа.

Термографско испитивање

Такође, испитивани пацијенти су снимани инфрацрвеном термовизијском камером, а затим је урађена квалитативна и квантитативна анализа добијених термограма. Да би се елиминисао утицај фактора околине на емитовање топлоте, као и утицај базалног метаболизма и метаболизма узрокованог мишићном активношћу на температуру коже били су обезбеђени једнаки услови за све пацијенте током термографског снимања [88] [89].

У оквиру овог истраживања, термографско испитивање је било усмерено на доње екстремитете, слично већини истраживања о лумбосакралној радикулопатији у области термографије [6] [106] [176] [177].

Квалитативном анализом термограма испитиваних пацијената уочена је регионална хипотермија на оболелом доњем екстремитету, што је запажено и у другим студијама [6] [176] [177]. Сматра се да је регионална хипотермија последица симпатичког вазоконстрикторног рефлекса који настаје услед иритације дорзалног корена спиналног нерва [6] [111]. Неки аутори хипотермију објашњавају атрофијом мишића насталом услед денервације или инактивитета [108] [178].

У овој студији је запажено да дистрибуција регионалног термалног дефицита оболелог доњег екстремитета не прати дистрибуцију дерматома, што је у сагласности са налазима других аутора [108] [109]. Могуће објашњење за то је да је дистрибуција крвних судова коже доњих екстремитета сасвим другачија од дистрибуције сензитивних нерава у истом региону. Претходно наведено указује да термографијом не може да се одреди ниво радикулопатије, који се иначе одређује електродијагностичким испитивањем, што умањује дијагностичку вредност термографије.

Квантитативном анализом добијених термограма одређена је вредност регионалне темепатурне разлике између РОИ оболелог и контралатералног доњег екстремитета. У најмање једној од 4 снимане РОИ, код сваког пацијената забележен је вредност $\Delta T \geq 1^{\circ}\text{C}$. Само један пацијент је имао вредност $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$, док је код осталих вредност $\Delta T > 1^{\circ}\text{C}$. Мада се препоручују разне смернице за вредност температурне асиметрије значајне за детекцију патолошког процеса, нема сумње да је патолошки процес присутан када је $\Delta T > 1.0^{\circ}\text{C}$ [72] [84]. Према претходно наведеном, код 74 пацијената ове студије термографски је потврђена дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије, што показује повезаност између термографског и клиничког налаза (98,67%). Такође, ово испитивање показује повезаност термографског налаза са налазом ЕМНГ у 98,67% (n=74). Наведени резултати су у складу са резултатима других студија, који такође показују повезаност налаза ових метода, али у опсегу од 63,6% до 71% [8] [108] [109].

Поред испитиване повезаности термографског налаза са налазом ЕМНГ, у циљу процене дијагностичке вредности термографије испитивана је повезаност налаза термографије са налазима других дијагностичких метода. Резултати ових студија показују значајну повезаност налаза термографије са налазима следећих

дијагностичких метода: СТ (80-100%), MRI (85%-94%), мијелографије (95%) и дискографије (81,4%) [8] [106] [109] [179] [180] [181].

Значајно је истраживање Jong Yun Ra и сар, које истиче да тип хернијације диска (латерални/централни тип хернијације диска) утиче на дијагностичку вредност термографије. У поређењу са MRI налазом који верификује латерални тип хернијације диска, сензитивност термографије се креће од 87.5% до 91.7%, а специфичност у опсегу од 50,8 до 62,5%, у зависности од посматране РОИ. Док у случају централног типа хернијације диска, термографија нема дијагностичку вредност. У поређењу са налазом ЕМГ, нађена је сензитивност термографије од 63.6% , а специфичност 77,0% [108].

Истраживање Chafetz и сар. указује да су сви пацијенти са патолошким СТ налазом на кичми, показали значајне промене температуре коже на термограмима, што указује на сензитивност од 100% [179]. Резултати истраживања Harper и сар. показују да се сензитивност термографије у поређењу са другим визуализационим методама креће од 78% до 94%, а специфичност је одређена у опсегу од 20% до 44% [173]. Насупрот резултатима претходно наведених студија, Takahashi и сар. процењују сензитивност термографије на само 30%, али у поређењу са клиничким параметрима. Међутим, ово истраживање указује на специфичност термографије од 80% [176]. Разлике у вредностима сензитивности и специфичности термографије наведених студија, могуће је објаснити различитом методологијом студија и то у кључном елементу, као што је поређење са различитим дијагностичким методама.

Анализа резултата ове студије, као и резултата претходно наведених студија, указује да би термографија могла да се користи као једна од допунских дијагностичких процедура за лумбосакралну радикулопатију са ограничењем на унилатерални облик. Разлог томе је немогућност одређивања вредности темературне асиметрије у случају билатералног облика радикулопатије, услед чега се могу добити лажно негативни резултати [6] [111]. Примену термографије такође, ограничава присуство средстава за имобилизацију (гипс, завој) која не могу да се уклоне са коже, пошто је неопходно да РОИ буде без одеће, при термографском снимању [87] [89].

Примена термографије у дијагностичке сврхе добија посебан значај уколико пацијенти имају имплантиран пејсмекер, метална страна тела, транскутани електрични стимулатор или користе антикоагулантну терапију, као и уколико су

трудни, изражено анксиозни или клаустрофобични, пошто је код ових пацијената примена ЕМГ и/или MRI контраиндикована [42] [54] [63]. Код наведених пацијената, примена термографије је могућа, с обзиром да је неинвазивна, безболна, не излаже пацијента јонизујућем зрачењу и једноставна је за примену [8] [9] [10].

Поред наведених предности, примена термографије у циљу дијагнозе унилатералне лумбосакралне радикулопатије, може да обезбеди значајну финансијску уштеду, избегавајући потребу за скупљом истрагом.

9.1.1. Улога инфрацрвене термографије у објективној процени унилатералне лумбосакралне радикулопатије

У овој студији, у циљу испитивања улоге термографије у објективној процени унилатералне лумбосакралне радикулопатије, испитивана је повезаност вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са тежином лезије спиналних коренова. Поред тога, испитивана је и повезаност вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са клиничким параметрима и функционалним стањем пацијента.

Ради процене повезаности претходно наведених параметара, коришћен је Pearson-ов коефицијент корелације (Pearson correlation coefficient) за податке који су имали нормалну дистрибуцију или Spearman-ов коефицијент корелације (Spearman correlation coefficient) за податке који нису имали нормалну дистрибуцију. За корелациону анализу са описном варијаблом са две категорије (тест истезања по Лазаревићу) коришћен је Point –biserijski коефицијент корелације.

Испитивана је и повезаност вредности регионалног термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са тежином лезије спиналних коренова, за чију процену је коришћен ЕМНГ налаз. Утврђена је позитивна статистички значајна корелација средњег интензитета између претходно наведених параметара, која показује да веће вредности регионалног термалног дефицита прати тежи степен лезије спиналних коренова ($r=0,300$; $p<0,05$).

Поред наведене корелације испитивана је повезаност вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са интензитетом радикуларног бола, за чију процену је коришћена VAS, која представља 100 mm хоризонталну скалу,

градуирану од 0-100, с тим што 0 представља стање без бола, 100 представља најгори могући бол [166]. Корелациона анализа је посебно урађена за интензитет бола у мировању (VAS-rest) и за интензитет бола који се јавља током активних покрета лумбалног дела кичме (VAS-activity). Између претходно наведених параметара утврђена је позитивна статистички значајна корелација јаког интензитета, што показује да се интензитет бола (VAS-rest и VAS-activity) повећава са повећањем вредности термалног дефицита ($r_{\text{vas-rest}}=0,887/r_{\text{vas-activity}}=0,871$; $p<0,001$).

Резултати овог испитивања су у сагласности са резултатима других аутора, који су уочили корелацију температурне асиметрије и радикуларног бола, што показује да би термографија могла бити ефикасна у објективној диференцијацији присуства или одсуства бола [6] [105] [176] [182]. Такође је показано да је термографија не само објективни показатељ присуства субјективног осећаја бола, већ да може да се користи и за процену његовог интензитета. У прилог томе су резултати, који показују да се са повећањем вредности регионалног термалног дефицита повећава интензитет бола. Ову корелацију Conwell и сар. објашњавају ексцитацијом ноцицептора, који секундарно изазивају вазоконстрикцију [183]. Позитвну корелацију између интензитета бола и температурне асиметрије на доњим екстремитетима показује и истраживање Zaproudine и сар., код пацијената са унилатералним хроничним лумбалним болом [111].

Насупрот налазима наведених студија, Jong Yun Ra и сар. нису нашли јасну корелацију између температурне асиметрије и интензитета радикуларног бола. Делимично објашњење за ово разилажење резултата, би могло бити то што је у наведеној студији дијагноза унилатералне радикулопатије постављена само на основу клиничког налаза, док је патолошки налаз електрофизиолошког испитивања био присутан само код 43% пацијената. Налази магнетне резонанце су овој студији показали хернијацију диска код 86% пацијената, али се у 30% радило о централном типу хернијације, за који није уобичајна компресија нерва, нити денервације мишића [108].

Поред тога, испитивана је повезаност вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са покретљивошћу лумбалног дела кичме, за чију процену је коришћена: а) проба прсти-под (ППД) која подразумева мерење флексије лумбалног дела кичме као растојање од врха трећег прста до пода, изражено у см

[167] б) Schober тест, који је процењиван мерењем промене растојања између 2 ознаке на кичменом стубу, до које долази када се пацијент максимално савије пут напред са испруженим коленима [168]. Утврђена је статистички значајна корелација између вредности термалног дефицита и ограничене покретљивости лумбалног дела кичме, с тим да се ради о позитивној корелацији термалног дефицита са ППД ($r = 0,732$, $p < 0,001$), а негативној корелацији са Schober тестом ($\rho = 0,782$, $p < 0,001$). Према наведеним вредностима коефицијента корелације (r/ρ), утврђене корелације су јаког интензитета. Повезаност претходно испитиваних параметара показује да се покретљивост лумбалног дела кичме смањује са повећањем вредности термалног дефицита. Уочена корелација између регионалног термалног дефицита и ограничене покретљивости лумбалног дела кичме, могла би да се објасни присуством бола, с обзиром да бол условљава ограничену покретљивост кичме.

Корелација између абнормалних промена у температури површине тела и ограничене покретљивости, уочена је у студији Gabrhel и сар, код пацијената са болним синдромом у пелвио-феморалном региону [184].

Такође је испитивана повезаност вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са грубом моторном снагом дорзалних и плантарних флексора стопала, за чију процену је коришћен ММТ и то на следећи начин: оцена 0 је када нема мишићне активности; оцена 1 када је мишићна контракција у трагу тј. када се може палпирати или визуализовати; оцена 2 када је мишић способан да савлада пун обим покрета, док је искључена сила Земљине теже; оцена 3 када је мишићном контракцијом могуће савладати пун обим покрета, без искључења Земљине теже; оцена 4 када је мишићном контракцијом могуће савладати пун обим покрета, против силе Земљине теже и благог отпора и оцена 5 када мишић може да савлада пун обим покрета, уз максималан отпор који мануелно пружа физиотерапеут [170]. Корелационом анализом није утврђена статистички значајна корелација вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са ГМС дорзалних флексора стопала ($\rho = -0,001$; $p > 0,05$), нити са ГМС плантарних флексора стопала ($\rho = -0,096$; $p > 0,05$). Поред тога што испитивани пацијенти нису имали значајан моторни дефицит, приликом сагледавања ове корелационе анализе потребно је узети у обзир да је регионални термални дефицит последица дисфункције васкуларног тонуса који је регулисан аутономним нервним системом, за разлику од моторног дефицита који је последица дисфункције моторног нерва.

Анализом повезаности вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са појавом радикуларног бола при елевацији болесног доњег екстремитета између 30-70⁰ (тест истезања по Лазаревићу) утврђена је статистички значајна, али слаба корелација ($r = 0,247$; $p < 0.05$).

Корелација између вредности термалног дефицита и појаве радикуларног бола при елевацији болесног доњег екстремитета између 30-70⁰, утврђена је у студији Zargoudine и сар, код пацијената са унилатералним хроничним лумбалним болом [111].

Осим тога, испитивана је повезаност вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета са функционалним стањем пацијента, за чију процену је коришћен упитник Oswestry Disability Index (ODI), који је састављен од 10 питања са по 6 понуђених одговора који се оцењују од 0-5 поена. Збир поена је изражаван у процентима у односу на максималан број поена (50). Степен онеспособљености је према вредностима ODI (0-100%) процењиван на следећи начин: 0-20% минимална онеспособљеност, 21-40% умерена онеспособљеност, 41-60% изражена онеспособљеност, 61-80% веома изражена онеспособљеност која утиче на све аспекте свакодневног живота, 81-100% потпуна онеспособљеност која везује за постељу [171]. Утврђена је позитивна статистички значајна корелација јаког интензитета вредности термалног дефицита са ODI скором, што показује да се функционално стање пацијената погоршава са повећањем вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета ($r=0,691$; $p < 0.001$). Резултати ODI упитника показују да су испитивани пацијенти имали ограничене активности свакодневног живота, што је могуће објаснити присуством бола.

Корелација између вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета и функционалног стања пацијента, забележена је у студији Zargoudine и сар, код пацијената са унилатералним хроничним лумбалним болом [111].

Утврђена је статистички значајна корелација средњег интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и степена лезије спиналних коренова. Поред наведене корелације, утврђене су статистички значајне корелације вредности регионалног термалног дефицита са интензитетом бола, са покретљивошћу лумбалног дела кичме и функционалним стањем пацијента. Ове корелације су јаког интензитета. Претходно наведени резултати указују да би вредност термалног

дефицита оболелог доњег екстремитета могла да представља квантификовани показатељ дисфункције корена спиналног нерва, којим би се објективно проценила унилатерална лумбосакрална радикулопатија.

Међу испитиваним корелацијама, издваја се корелација између вредности термалног дефицита захваћеног доњег екстремитета и интензитета радикуларног бола, с обзиром да присуством радикуларног бола може да се објасни ограничена покретљивост лумбалног дела кичме, као и ограничене активности свакодневног живота.

Корелација између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета радикуларног бола добија посебан значај, јер указује на могућност термографије да објективно процени интензитет бола, који се иначе субјективно процењује помоћу VAS. Примена информација о интензитету бола, добијених на основу вредности термалног дефицита оболелог доњег екстремитета, могла би да има велики значај у психосоцијално измењеној популацији и то посебно код пацијената који симулирају постојање бола у циљу продужења боловања или промене радног места.

9.2. ДОПРИНОС ИНФРАЦРВЕНЕ ТЕРМОГРАФИЈЕ ОБЈЕКТИВНОМ ИЗБОРУ ТЕРАПИЈСКИХ ПРОЦЕДУРА

У циљу испитивања могућности термографије да процени и упореди терапијски ефекат примењених физикалних процедура, пацијенти су снимани инфрацрвеном термовизијском камером пре и након терапије, а затим су квантитативном анализом термограма утврђене вредности температурне асиметрије упоређиване. Пре почетка терапије, добијене су следеће просечне вредности ($\bar{X} \pm SD$) max ΔT : у групи А $1,32 \pm 0,310^\circ\text{C}$, у групи Б $1,29 \pm 0,22^\circ\text{C}$, у групи Ц $1,29 \pm 0,27^\circ\text{C}$. Између испитиваних група, није постајала статистички значајна разлика у односу на почетне вредности max ΔT ($p > 0,05$). Након спроведене терапије, добијене су следеће просечне вредности ($\bar{X} \pm SD$) max ΔT : у групи А $0,63 \pm 0,15^\circ\text{C}$, у групи Б $0,85 \pm 0,16^\circ\text{C}$, у групи Ц $0,79 \pm 0,20^\circ\text{C}$.

Ради процене терапијског ефекта примењених физикалних процедура унутар група, упоређиване су вредности температурне асиметрије добијене на почетку и на крају терапије. У све три групе је након терапије утврђено статистички значајно смањење вредности температурне асиметрије ($p < 0,001$), што указује да су примењене физикалне процедуре (ласер мале снаге, ТЕНС, кинезитерапија) у оквиру терапијских протокола оствариле добар терапијски ефекат у лечењу лумбосакралне радикулопатије.

У циљу компарације терапијског ефекта примењених физикалних процедура, између испитиваних група (А-Б, А-Ц, Б-Ц) упоређиване су разлике између вредности температурне асиметрије добијених на почетку и на крају терапије.

Утврђено је да се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постиже статистички значајно веће смањење вредности температурне асиметрије него комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$). Према утврђеном Коеновом (Cohen' d) d параметру остварена разлика у смањењу вредности температурне асиметрије, након примене претходно наведених терапијских протокола је велика ($d = 1,26$).

Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије, такође се постиже статистички значајно веће смањење вредности температурне асиметрије него самосталном применом кинезитерапије, али на нивоу статистичке значајности од $p < 0,01$. Разлика у смањењу вредности температурне асиметрије, постигнута након примене претходно наведених терапијских протокола је велика ($d = 0,95$).

Наведени резултати показују да се након терапије, комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постиже најбољи терапијски ефекат у односу на термални дефицит оболелог доњег екстремитета.

За разлику од претходних резултата, комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије није остварена статистички значајна разлика у смањењу вредности температурне асиметрије у односу на самосталну примену кинезитерапије ($p > 0,05$). У складу с тим, између претходно наведених терапијских протокола не постоји значајна разлика у постигнутом терапијском ефекту у односу на термални дефицит оболелог доњег екстремитета.

Резултати ове студије, показују да се применом инфрацрвене термовизијске камере може квантификовати одговор на терапијске процедуре, што доприноси објективнијем избору физикалних процедура приликом планирања терапијског протокола.

У погледу процене терапијског ефекта појединих физикалних процедура применом инфрацрвене термовизијске камере, резултати овог испитивања су у сагласности са резултатима других аутора. Истраживање Накгüder и сар, термографијом испитује ефекат ласера мале снаге код пацијената са миофасцијалном болом и указује на статистички значајно веће побољшање испитиваних параметара у групи у којој је примењена терапија ласером уз кинезитерапију, у односу на групу у којој је примењивана само кинезитерапија [185]. Chin-Li Wu и сар. су вршећи процену ефеката мануелне масаже у комбинацији са краткоталасном дијатермијом, код пацијената са кокцигодињом, истакли предност термографије, као објективне методе за праћење динамике болести, над субјективном проценом бола [186]. Такође је показано да инфрацрвена термовизијска камера може послужити у визуелизацији ефеката традиционалне и ласерске акупунктуре [187].

Gardiner и сар. су термографијом испитивали терапијски ефекат модулисане видљиве светлости ниског интензитета, код пацијената са CRPS типа I и код здравих особа. У наведеној студији је након спроведене терапије, утврђено статистички значајно веће смањење температуре коже, код пацијената са CRPS -ом I, него код здравих особа [188]. Коцић и сар. су термографски вршили процену терапијског ефекта физикалних процедура у лечењу CRPS I. У наведеној студији, применом ласера мале снаге постигнута је статистички значајно већа редукција вредности температурне асиметрије него применом интерферентних струја и тиме показан бољи терапијски ефекат ласера мале снаге код пацијената са CRPS-ом I [13].

Ping и сар. су утврдили корелацију вредности температурне асиметрије доњих екстремитета и знакова иритације нервних коренова пре и након спроведене терапије. Ова корелација истиче могућност термографије да након терапије објективно укаже на редукцију иритације нервних коренова код пацијента са лумбалном интервертебралном хернијацијом диска, а тиме и процени одговор пацијента на спроведену конзервативну терапију (спиналну манипулацију) [182].

Roу и сар. су термографијом испитивали терапијски ефекат спиналне манипулације упоређујући вредности температуре параспиналне регије код испитаника са хроничним лумбалним болом и испитаника без хроничног лумбалног бола. У наведеној студији је након спроведене терапије, утврђено повећање вредности температуре параспиналне регије код испитаника са хроничним лумбалним болом, али и даље нижој од вредности температуре коју су имали асимптоматски испитаници [14].

Bales је термографијом испитивао механизам деловања појединих физикалних процедура (ласера мале снаге и импулсног манетног поља (ИМП) код здравих особа. Анализом термограма добијених након сваке појединачно спроведене физикалне процедуре, запазио је да након примене ИМП нема значајних промена вредности температуре у односу на базичне вредности, док након примене ласера мале снаге долази до значајних темепатурних промена. Наведени аутор истиче да добијени резултати указују да ИМП нема утицај на локалну циркулацију, док ласеротерапија има значајан утицај, који остварује дејством на симпатички нервни систем [189].

9.3. ПРОЦЕНА И ПОРЕЂЕЊЕ ТЕРАПИЈСКОГ ЕФЕКТА ФИЗИКАЛНИХ АГЕНАСА КОД ЛУМБОСАКРАЛНЕ РАДИКУЛОПАТИЈЕ

У овој студији, ради процене и поређења терапијског ефекта физикалних процедура код лумбосакралне радикулопатије, изабране су физикалне процедуре (ласер мале снаге и ТЕНС) са израженим аналгетским дејством, пошто радикуларни бол доминира клиничком сликом лумбосакралне радикулопатије.

9.3.1. Терапијски ефекат комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије

Код пацијената са лумбосакралном радикулопатијом анализирани су ефекти комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије, поређењем резултата на почетку и на крају терапије.

Утврђено је да се након комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије, постиже статистички значајно побољшање следећих параметара: интензитета бола (VAS-rest; VAS-activity); покретљивости лумбалног дела кичме (ППД; Schober тест) и функционалног стања пацијената (ODI) и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$). Такође, у односу на тест истезања по Лазаревићу, комбинована примена ласера и кинезитерапије је довела до статистички значајнијих промена ($p < 0,001$).

У групи пацијената који су имали само кинезитерапију, утврђено је такође статистички значајно побољшање функционалног стања пацијената (ODI) на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$), док је побољшање интензитета бола (VAS-rest; VAS-activity) и покретљивости лумбалног дела кичме (ППД; Schober тест) постигнуто на nižем нивоу статистичке значајности. Једино у односу на тест истезања по Лазаревићу, примена кинезитерапије као монотерапије није довела до статистички значајних промена ($p > 0,05$).

У циљу процене терапијског ефекта ласера мале снаге, између групе са комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије и групе са самосталном применом кинезитерапије, упоређиване су разлике између вредности добијених на почетку и на крају терапије, за параметре клиничког и функционалног испитивања.

Утврђено је да се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије, постиже значајно бољи аналгетски ефекат (VAS-rest и VAS-activity) него самосталном применом кинезитерапије ($p < 0,01$). Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра за VAS-rest од 1,04 и за VAS-activity од 1,19, показују да је између наведених терапијских протокола постигнута велика разлика у аналгетском ефекту ($d > 0,8$).

Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије, такође се постиже статистички значајно бољи терапијски ефекат у повећању покретљивости лумбалног дела кичме (ППД; Schober тест), него самосталном применом кинезитерапије. Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра за ППД од 2,00 и за Schober тест од 1,09 показују да је између наведених терапијских протокола постигнута велика разлика у повећању покретљивости лумбалне кичме ($d > 0,8$).

Такође се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постиже значајно боља функционална способност пацијената (ODI) са лумбосакралном радикулопатијом, него самосталном применом кинезитерапије ($p < 0,01$). Разлика у повећању функционалне способности пацијената, постигнута након примене претходно наведених терапијских протокола је велика ($d=1,91$).

Наведени резултати показују да се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постиже бољи терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије, него самосталном применом кинезитерапије и то у односу на све праћене параметре (интензитет бола, покретљивост лумбалног дела кичме и функционална способност пацијента). Утврђено статистички значајније побољшање испитиваних параметара код пацијената који су у терапијском протоколу имали ласер мале снаге, могуће је објаснити превасходно израженим аналгетским деловањем ласеротерапије, али и њеним антиинфламаторним и биостимулативним дејством. Услед значајне редукције интензитета радикуларног бола долази до повећане покретљивости лумбалног дела кичме и олакшаног обављања свакодневних активности. Осим тога, захваљујући редукцији радикуларног бола омогућена је и боља толеранција вежби и последично бољи терапијски ефекат кинезитерапије.

Vallone и сар. су испитивали аналгетски ефекат комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије код пацијената са хроничним лумбалним болом. Они су утврдили статистички значајно већу редукцију интензитета лумбалног бола у групи која је имала комбиновану примену ласера мале снаге и кинезитерапије у односу на групу која је имала само кинезитерапију и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$) [190]. Насупрот овим резултатима, Gur и сар. истичу да примена ласера мале снаге самостално или у комбинацији са кинезитерапијом у односу на самосталну примену кинезитерапије, доводи до веће редукције бола, али она није статистички значајна [191].

Поједине студије су испитивале дужину трајања аналгетског ефекта комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије код пацијената са хроничним лумбалним болом [192] [193]. Alayat и сар. показују да се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије у односу на одвојену примену наведених физикалних процедура постиже статистички значајно већа редукција

интензитета бола и функционалне онеспособљености пацијената, као и повећање покретљивости лумбалног дела кичме. Они указују да се ефекат примењених терапија смањује након 12 недеља, али истичу да и даље постоји статистички значајна разлика у постигнутом терапијском ефекту између наведених група [193]. Djavid и сар. непосредно након завршене терапије, комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије нису утврдили статистички значајно већу редукцију интензитета бола у односу на самосталну примену кинезитерапије. Међутим, након 6 недеља од завршетка терапије, у групи у којој је примењивана комбинована примена ласера мале снаге и кинезитерапије добијена је статистички значајно већа редукција интензитета бола него у групи у којој је примењивана само кинезитерапија [192]. За разлику од претходно наведених студија, Basford и сар. су нашли да статистички значајан аналгетски ефекат постигнут непосредно након завршене терапије ласером мале снаге има ограничено трајање, пошто су утврдили да се смањује након месец дана [194].

Друге студије су поред аналгетског ефекта, испитивале утицај ласера мале снаге на функционалну способност пацијената са лумбалним болом [135] [194] [195] [196]. Basford и сар. су утврдили статистички значајно веће побољшање функционалне способности пацијената након примене ласера мале снаге као монотерапије у односу на плацебо [194]. Такође, David Ip и сар. су показали повољан утицај ласеротерапије на функционалну способност пацијената са болом у леђима дискогеног порекла. Наведена студија истиче да је ефекат ласеротерапије на функционалну способност дуготрајан, пошто је утврђено да се побољшање функционалне способности одржава годину дана и 5 година касније. Пацијенти укључени у ову студију нису имали повољан терапијски одговор на комбинацију NSAID, што још више истиче значај резултата наведене студије. Поред тога, треба имати у виду да је примењен ласер мале снаге у дози од 5,4J/тачки, 3 пута недељно у трајању од 12 недеља [195]. За разлику од претходно наведених студија, Huang и сар. у мета-анализи истичу да још увек недостају докази који подржавају ефекат ласеротерапије на функционалну способност пацијената са неспецифичним хроничним лумбалним болом, као и на покретљивост лумбалног дела кичме [135]. Ау и сар. су испитивали ефекат ласеротерапије на бол и побољшање функционалне способности пацијената. Наведена студија указују да ласеротерапија не остварује

повољан терапијски ефекат код пацијената са акутним лумбалним болом, нити код пацијената са хроничним лумбалним болом дискогеног порекла [196].

Један од главних разлога зашто није обезбеђена кохерентна слика о терапијском ефекту ласера мале снаге је нестандардизована методологија истраживања ефекта ласера мале снаге. У различитим студијама су примењене различите фреквенце, таласне дужине и дозе ласера, као и различит начин и место апликације. Поред тога хетерогеност параметара ласеротерапије односи се и на укупан број терапијских процедура и учесталост примене терапијских процедура. Резултати истраживања Јовичић и сар. показују да су три различите дозе (0,1 J/ тачки; 1J/тачки; и 4J/тачки) ласера мале снаге подједнако ефикасне у редукцији радикуларног бола. Међутим, у наведеној студији највећи ефекат на покретљивост лумбалног сегмента кичме нађен је у групи у којој је примењена највећа доза ласеротерапије (4 J/тачки) [118].

Поред тога, различите резултате претходно наведених студија је могуће објаснити хетерогеном групом испитиваних пацијената, који имају заједнички симптом, али различиту етиологију лумбалног бола.

9.3.2. Терапијски ефекат комбиноване примене транскунтане електричне нерве стимулације и кинезитерапије

Код пацијената са лумбосакралном радикулопатијом анализирани су ефекти комбиноване примене ТЕНС-а и кинезитерапије, поређењем резултата на почетку и на крају терапије.

Утврђено је да се након комбиноване примене ТЕНС-а и кинезитерапије, постиже статистички значајно побољшање следећих параметара: интензитета бола (VAS-rest; VAS-activity); покретљивости лумбалног дела кичме (ППД; Schober тест) и функционалног стања пацијената (ODI) и то на максималном нивоу статистичке значајности ($p < 0,001$). Једино у односу на тест истезања по Лазаревићу, комбинована примена ТЕНС-а и кинезитерапије није довела до статистички значајних промена ($p > 0,05$).

Ради процене терапијског ефекта ТЕНС-а, између групе са комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије и групе са самосталном применом

кинезитерапије, упоређиване су разлике између вредности добијених на почетку и на крају терапије, за параметре клиничког и функционалног испитивања.

Утврђено је да се комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије, постиже статистички значајно боља редукција интензитета бола при активним покретима лумбалног дела кичме (VAS-activity), него самосталном применом кинезитерапије ($p < 0,01$). Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра од 0,93 показују да је између наведених терапијских протокола постигнута велика разлика у аналгетском ефекту ($d > 0,8$). Међутим, у односу на редукцију бола у мировању (VAS-rest) није остварена статистички значајна разлика између примењених терапијских протокола ($p > 0,05$).

Комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије није постигнут значајно бољи терапијски ефекат у повећању покретљивости лумбалног дела кичме (ППД; Schober тест), него самосталном применом кинезитерапије ($p > 0,05$).

У односу на функционалну способност, комбинована примена ТЕНС-а и кинезитерапије доводи до статистички значајно боље функционалне способности пацијената (ODI), него самосталном применом кинезитерапије ($p < 0,01$). Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра од 0,90 показују да је између наведених терапијских протокола постигнута велика разлика у повећању функционалне способности пацијената ($d > 0,8$).

Наведени резултати показују да се комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије постиже бољи терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије него самосталном применом кинезитерапије, у односу на интензитет бола при активним покретима лумбалног дела кичме и функционалну способност пацијента. Захваљујући значајној редукцији радикуларног бола, и то оног који се јавља за време активних покрета лумбалног дела кичме, омогућена је боља толеранција вежби и последично бољи терапијски ефекат кинезитерапије.

Недостатак утицаја ТЕНС-а на интензитет бола у мировању подржава хипотезу да ТЕНС остварује аналгетски ефекат кроз смањење хипералгезије [197] [198]. Досадашња истраживања показују да смањење хипералгезије није у складу са редукцијом интензитета бола у мировању. Међутим, пошто хипералгезија доприноси интензитету бола при покрету, редукција интензитета бола при активним покретима лумбалног дела кичме је вероватно посредована смањењем

хипералгезије. У прилог томе су и резултати истраживања Rakel и сар. који су испитивали ефекат ТЕНС-а након абдоминалне хирушке интервенције, као процедуре додате фармаколошкој аналгезији. Они су утврдили значајну редукуцију постоперативног бола при активним покретима (током шетње и дубоког дисања), као и значајан функционални опоравак пацијента (брзина хода, пређена дистанца) [197]. За разлику од резултата ове студије, Deуо и сар. указују да се комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије не постиже бољи терапијски ефекат у лечењу хроничног лумбалног бола, у односу на самосталну примену кинезитерапије [199].

У неким студијама испитиван је ефекат ТЕНС-а као монотерапије код пацијената са хроничним лумбалним болом [199] [200]. Vuchmuller и сар. показују да самостална примена ТЕНС-а код хроничног лумбалног бола са или без радикулопатије, значајно редукује интензитет бола у односу на базичне вредности. Поред тога, у наведеној студији се истиче значајно већа редукација бола постигнута применом ТЕНС-а у односу на плацебо и то нарочито изражена у подгрупи пацијената са радикуларним болом [200]. Насупрот резултатима наведене студије, Deуо RA и сар. после самосталне примене ТЕНС-а нису утврдили значајно већу редукуцију хроничног лумбалног бола у односу на плацебо [199].

Друге студије поред аналгетског ефекта, показују значајан утицај ТЕНС-а на побољшање квалитета живота и функционалне способности пацијента са хроничним лумбалним болом [201] [202]. У складу с тим, резултати истраживања Jarzem и сар. показују да се применом ТЕНС-а повољно утиче на већину параметара клиничког испитивања код пацијената са хроничним лумбалним болом [203]. За разлику од наведених студија Vuchmuller и сар. указују да се применом ТЕНС-а не постиже повољан ефекат на функционалну способност пацијената са хроничним лумбалним болом [200].

Различите резултате наведених студија је могуће објаснити разликама у кључним тачкама методологије, као што су различити модалитети ТЕНС-а, место апликације електрода, укупан број и учесталост терапијских процедура, али и хетерогена група пацијената услед различите етиологије лумбалног бола.

У прилог томе су резултати студије Tulgar и сар, који указују на разлике остварене у аналгетском ефекту, након примене различитих модалитета ТЕНС-а (конвенционални ТЕНС; ТЕНС у салвама; ТЕНС са модулационом фреквенцом).

Наведена студија истиче да се бољи аналгетски ефекат постиже применом ТЕНС-а са модулатионом фреквенцом или ТЕНС-а у салвама него применом конвенционалног ТЕНС-а [204]. Насупрот наведеној студији, Ториз О и сар. показују да између примене конвенционалног и нискофреквентног ТЕНС-а не постоје значајне разлике у терапијском ефекту, код хроничног лумбалног бола [201]. Могућа разлика у клиничкој ефикасности између конвенционалног и нискофреквентног ТЕНС-а још увек није добро дефинисана, нити је јасна. Поједини аутори истичу да је одговор пацијента на различите модалитете ТЕНС-а индивидуалан [141].

Поред наведеног, на терапијски ефекат ТЕНС-а може утицати место на коме се апликују електроде, што показују резултати истраживања Bloodworth и сар. Они истичу да се бољи аналгетски ефекат постиже уколико се електроде апликују на леђа, него када се апликују на доњи екстремитет [205].

9.3.3. Предност ласера мале снаге у односу на транскутану електричну нервну стимулацију у лечењу лумбосакралне радикулопатије

Циљ ове студије је био и поређење терапијског ефекта ласера мале снаге и ТЕНС-а. У складу с тим, између групе са комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије и групе са комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије, упоређиване су разлике између вредности добијених на почетку и на крају терапије, за параметре клиничког и функционалног испитивања.

Утврђено је да се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постиже статистички значајно бољи аналгетски ефекат (VAS-rest и VAS-activity) него комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије ($p < 0,05$). Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра за VAS-rest од 0,63 и за VAS-activity од 0,58, показују да је између ласера мале снаге и ТЕНС-а постигнута разлика средњег интензитета у аналгетском ефекту ($0,2 < d < 0,8$).

Поред тога, комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постигнут је статистички значајно бољи терапијски ефекат у повећању покретљивости лумбалног дела кичме (ППД; Schober тест), него комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије. Вредности Коеновог (Cohen's d) d параметра за ППД од 1,64 и за Schober тест од 0,92 показују да је између ласера мале снаге и

ТЕНС-а остварена велика разлика у повећању покретљивости лумбалне кичме ($d > 0,8$).

Такође, комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постиже се статистички значајно боља функционална способност пацијента (ODI) са лумбосакралном радикулопатијом, него применом ТЕНС-а и кинезитерапије ($p < 0,001$). Разлика у повећању функционалне способности пацијента постигнута након примене претходно наведених терапијских протокола је велика ($d = 0,99$).

Наведени резултати ове студије, истичу да је примена ласера мале снаге у поређењу са применом ТЕНС-а постигла статистички значајно боље резултате у лечењу лумбосакралне радикулопатије, у односу на све праћене параметре клиничког и функционалног испитивања. Предност ласера мале снаге у односу на ТЕНС у лечењу лумбосакралне радикулопатије, могуће је објаснити аналгетским, антиинфламаторним и биостимулативним деловањем ласеротерапије.

Клиничке и експерименталне студије показују да је антиинфламаторни ефекат ласера мале снаге најважнији у терапији радикулопатије, што објашњава сазнање да је инфламација сама по себи или удружена са компресивним фактором, главни патофизиолошки механизам радикулопатије [3] [43].

Примена ласера мале снаге модулише запаљење, смањењем концентрације инфламаторних медијатора. У прилог томе, резултати истраживања Sakurai Y и сар. показују инхибиторни ефекат ласера мале снаге на продукцију простагландина E2 (PGE2) и циклооксигеназе 2 (енгл. *cyclooxygenase 2*; COX-2) [206]. Неке студије истичу да се применом ласеротерапије редукује концентрација фактора некрозе тумора алфа (енгл. *tumor necrosis factor alpha*; TNF- α) и интерлеукина 1 бета (IL-1 β) [207] [208]. Постоји студија која показује да ласеротерапија у поређењу са NSAIL-мелоксикамом (*meloxicam*), постиже сличне ефекте у односу на редукацију фибриногена и PGE2, код експериментално индуковане инфламације [209].

Поред студија које испитују ефекат самосталне примене ласера мале снаге, уочена је студија која процењује ефекат комбиноване примене ласера мале снаге и NSAIL. Константиновић и сар. су показали да се комбинованом применом ласера мале снаге и NSAIL-нимулида (*nimesulide*) постиже бољи терапијски ефекат код акутне лумбалне радикулопатије, него само применом нимулида. Допринос ласера мале снаге, као терапијске процедуре додате нимулиду (*nimesulide*), огледа се у

статистички значајно већој редукцији интензитета бола и функционалне онеспособљености, као и статистички значајном повећању покретљивости лумбалног сегмента кичме и побољшању квалитета живота пацијената са акутним лумбалном радикулопатијом [3].

Појава радикуларног бола насталог услед хернијације диска није само последица механичког фактора тј. компресије корена спиналног нерва, него и хемијске иритације настале услед инфламаторног одговора индукованог контактом *nucleus pulposus* и нервних структура. Показано је да су ослобођени специфични цитокини у инфламаторном процесу, као што су TNF- α , IL-1 β , IL-3, IL-6 и IL-8 укључени у развој хипералгезије. У складу с тим, инхибицијом наведених цитокина редукује се хипералгезија [3] [208] [210]. Претходно наведено, указује да је аналгетски ефекат ласеротерапије могуће остварити поред примарних механизма елиминације бола (модулација перцепције бола по принципу теорије капије и повећана продукција ендогених опоида) и секундарно редукцијом инфламаторног одговора, што додатно истиче значај антиинфламаторног дејства ласеротерапије [127] [129] [208].

Постоји могућност да се применом ласера мале снаге побољша микроциркулација и размена материја у ткиву, повећа оксигенација ћелија, стимулише синтеза АТФ у митохондријама, што за последицу има значајну стимулацију пролиферације фибробласта и репарацију везивног ткива [191] [195]. Неке студије указују да применом ласера мале снаге може да се убрза процес регенерације оштећеног периферног нерва [208] [211] [212]. У студији Chen и сар. показатељ регенерације нерва је значајно повећана експресија GAP-43 протеина (*енгл. growth-associated protein-43 GAP-43*) [208]. Наведен повољан утицај примене ласера мале снаге на регенерацију нерва, потврђују и резултати имуноцитохемијског истраживања Shin и сар [211].

У оквиру студија које испитују дејство ласеротерапије на процес регенерације оштећеног периферног нерва, постоје студије које испитују функционални опоравак периферног нерва [212] [213]. Резултати истраживања Hsieh и сар. показују да се применом ласера мале снаге поред морфолошког опоравка, може значајно побољшати и функција повређеног периферног нерва (*n. ischiadicus*, *n. tibialis*, *n. peroneus*) [213]. Rochkind и сар, истичу биостимулативно дејство ласера

мале снаге на основу електрофизиолошке активности повређеног периферног нерва (n. ischiadicus) [212].

За разлику од наведених могућих деловања ласера мале снаге (аналгетско, антиинфламаторно, биостимулативно), ТЕНС стимулацијом сензитивних нервних завршетака у кожи остварује само аналгетско дејство[141] [138].

У доступној литератури није нађено истраживање које упоређује ефекте ласеротерапије и ТЕНС-а код лумбосакралне радикулопатије. Међутим, Ozdinler упоређује ефикасност ласера мале снаге, ТЕНС-а и комбиноване примене ласера мале снаге и ТЕНС-а у лечењу болног рамена. Резултати поменутог истраживања показују да најбољи терапијски ефекат има комбинована примена ласера мале снаге и ТЕНС-а и то у односу на функционалну способност пацијента, док је најмања ефикасност терапије уочена након самосталне примене ласеротерапије [214]. За разлику од претходно наведеног истраживања, Карабеговић и сар. истичу бољу ефикасност ласера мале снаге него ТЕНС-а, код пацијената код којих је након цереброваскуларног инсульта присутан синдром болно раме и синдрома раме-шака [215].

У овој студији, утврђено је да се комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије, као и комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије постиже добар терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије. Међутим, поређењем промена вредности испитиваних параметара, након примене наведених терапијских протокола, утврђена је значајна предност терапијског протокола који укључује примену ласера мале снаге и то у односу на интензитет бола, покретљивост лумбалног дела кичме и функционалну способност пацијента.

Иако је лумбосакрална радикулопатија широко распрострањена, не постоји опште прихваћен терапијски протокол. За лечење лумбосакралне радикулопатије постоје смернице, које се разликују, посебно у области која се односи на избор физикалних процедура. Ово сазнање истиче значај могућности термографије да процени и упореди терапијски ефекат примењених физикалних процедура. Поред тога, у овој студији је терапијски ефекат примењених физикалних процедура процењен и на основу параметара клиничког и функционалног испитивања.

Поређењем вредности испитиваних параметара (вредност регионалног термалног дефицита, интензитет бола, покретљивост лумбалног дела кичме и функционална способност пацијента) добијених на почетку и на крају терапије, утврђено је да су сва три терапијска протокола ефикасна у лечењу лумбосакралне радикулопатије. Међутим поређењем њихове ефикасности, истиче се предност комбиноване примене ласера мале снаге и кинезитерапије. У сагледавању резултата, треба имати у виду да су пацијенти праћени током кратког периода и да није сагледан утицај психосоцијаних карактеристика пацијената на терапијски исход.

Постоји евидентна потреба за даља истраживања у области терапије лумбосакралне радикулопатије, што укључује и област прецизне дијагнозе и објективне евалуације болести.

10. ЗАКЉУЧЦИ

◆ Дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије постављена на основу клиничких параметара и ЕМНГ налаза је термографски потврђена у 98,67%.

- Квантитативном анализом термограма на почетку испитивања, код 74 пацијената је утврђен значајан регионални термални дефицит ($\Delta T > 1^{\circ}\text{C}$), у најмање једној од четири снимане РОИ. Овим је термографски потврђена клинички и ЕМНГ постављена дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије у 98,67% (n=74).
- Квалитативном анализом термограма је запажено да дистрибуција регионалног термалног дефицита не прати дистрибуцију дерматома, што указује да применом инфрацрвене термовизијске камере не може да се одреди ниво радикулопатије.

◆ Утврђена је статистички значајна корелација регионалног термалног дефицита са степеном лезије спиналних коренова, као и са параметрима клиничког и функционалног испитивања, што указује да применом инфрацрвене термовизијске камере може објективно да се процени унилатерална лумбосакрална радикулопатија.

- Утврђена је позитивна статистички значајна корелација средњег интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и степена лезије спиналних коренова.
- Утврђена је позитивна статистички значајна корелација јаког интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета бола у мировању.
- Утврђена је позитивна статистички значајна корелација јаког интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета бола за време активних покрета.
- Утврђена јака корелација између вредности регионалног термалног дефицита и интензитета бола у мировању и за време активних покрета има посебан значај, јер пружа могућност објективне процене радикуларног бола.
- Утврђена је позитивна статистички значајна корелација јаког интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и ППД.
- Утврђена је негативна статистички значајна корелација јаког интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и Schober теста.
- Утврђена је статистички значајна корелација слабог интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и теста истезања по Лазаревићу.
- Утврђена је статистички значајна позитивна корелација јаког интензитета између вредности регионалног термалног дефицита и ODI скорa.

- ◆ Упоредна анализа термограма добијених пре и после терапије, показала је да применом инфрацрвене термовизијске камере може да се процени терапијски ефекат физикалних процедура.
 - Сва три терапијска протокола (*комбиноване примена ласера мале снаге и кинезитерапије; комбиноване примена ТЕНС-а и кинезитерапије; самостална примена кинезитерапије*) имају добар терапијски ефекат код унилатералне лумбосакралне радикулопатије, у односу на вредност регионалне температурне асиметрије.
 - Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постигнут је значајно бољи терапијски ефекат, у поређењу са самосталном применом кинезитерапије, у односу на вредност регионалне температурне асиметрије.
 - Комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије постигнут је значајно бољи терапијски ефекат, у поређењу са самосталном применом кинезитерапије, у односу на вредност регионалне температурне асиметрије.
 - Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије постигнут је значајно бољи терапијски ефекат, у поређењу са комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије, у односу на вредност регионалне температурне асиметрије.
- ◆ Сва три терапијска протокола (*комбинована примена ласера мале снаге и кинезитерапије; комбинована примена ТЕНС-а и кинезитерапије; самостална примена кинезитерапије*) имају добар терапијски ефекат код унилатералне лумбосакралне радикулопатије, у односу на параметре клиничког и функционалног испитивања.
 - Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије, постигнуто је статистички значајно побољшање свих испитиваних параметара: интензитета бола у мировању, интензитета бола при активним покретима, покретљивости лумбалног дела кичме, теста истезања по Лазаревићу, функционалне способности пацијента.

- Комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије, постигнуто је статистички значајно побољшање следећих параметара: интензитета бола у мировању, интензитета бола при активним покретима, покретљивости лумбалног дела кичме и функционалне способности пацијента, док у односу на тест истезања по Лазаревићу није постигнута статистички значајна промена.
- Самосталном применом кинезитерапије, постигнуто је статистички значајно побољшање следећих параметара: интензитета бола у мировању, интензитета бола при активним покретима, покретљивости лумбалног дела кичме и функционалне способности пацијента, док у односу на тест истезања по Лазаревићу није постигнута статистички значајна промена.
- ◆ Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије у поређењу са самосталном применом кинезитерапије, постигнут је статистички значајно бољи терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије, у односу на све испитиване параметре.
- ◆ Комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије у поређењу са самосталном применом кинезитерапије, постигнут је статистички значајно бољи терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије, само у односу на интензитет бола при активним покретима лумбалног дела кичме и функционалну способност пацијента.
- ◆ Комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије у поређењу са комбинованом применом ТЕНС-а и кинезитерапије, постигнут је статистички значајно бољи терапијски ефекат код лумбосакралне радикулопатије, у односу на све испитиване параметре.

11. ОПШТИ ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду изнете закључке у претходном поглављу, издвајају се општи закључци:

- ◆ Дијагноза унилатералне лумбосакралне радикулопатије постављена на основу клиничких параметара и ЕМНГ налаза је термографски потврђена у 98,67%. У складу с тим, инфрацрвена термографија би могла да се користи као допунска дијагностичка процедура за унилатералну лумбосакралну радикулопатију, што има посебан значај код пацијената код којих су друге допунске дијагностичке процедуре контраиндиковане.
- ◆ Применом инфрацрвене термовизијске камере може објективно да се процени унилатерална лумбосакрална радикулопатија, Могућност објективне процене бола добија посебан значај, код пацијената који симулирају постојање бола у циљу продужења боловања или промене радног места.
- ◆ Применом инфрацрвене термовизијске камере може да се процени и упореди терапијски ефекат примењених физикалних процедура код унилатералне лумбосакралне радикулопатије. У складу с тим, примена инфрацрвене

термовизијске камере доприноси објективнијем избору физикалних агенаса приликом планирања терапијског протокола.

- ◆ Сва три терапијска протокола (*комбинована примена ласера мале снаге и кинезитерапије; комбинована примена ТЕНС-а и кинезитерапије; самостална примена кинезитерапије*) су ефикасна у лечењу лумбосакралне радикулопатије, с тим што је најбољи терапијски ефекат постигнут комбинованом применом ласера мале снаге и кинезитерапије .

12. Литература

1. Bošković K, Todorović-Tomasević S, Naumović N, Grajić M, Knezević A. The quality of life of lumbar radiculopathy patients under conservative treatment. *Vojnosanit Pregl.* 2009; 66 (10): 807-12.
2. Malanga GA. Lumbosacral radiculopathy.
Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/95025-overview#a6>
3. Konstantinović LM, Kanjuh ZM, Milovanovic AN, Cutovic MR, Djurovic AG, Savic VG et al. Acute low back pain with radiculopathy: a double blind, randomized, placebo-controlled study. *Photomed Laser Surg.* 2010; 8(4): 553-60.
4. Vroomen PC, de Krom MC, Wilminck 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: 630–634.
5. Lee JH, Lee SH. Physical examination, magnetic resonance imaging, and electrodiagnostic study of patients with lumbosacral disc herniation or spinal stenosis. *J Rehabil Med* 2012; 44: 845–50.
6. Uematsu S, Jankel WR, Edwin DH, Kim W, Kozikowski J, Rosenbaum A et al. Quantification of thermal asymmetry. Part 2: Application in low-back pain and sciatica. *J Neurosurg* 1988; 69: 556-61.

7. Herry CL, Frize M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Bio Med Eng Online*. 2004. Available from: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/3/1/19>.
8. AMA Council. Thermography in neurological and musculoskeletal conditions. *Thermol* 1987; 2: 600-7
9. Hooshmand H, Hashmi M, Phillips EM. Infrared thermal imaging as a tool in pain management – an 11 year study. Part I of II. *Thermol Inter* 2001; 11: 53-65.
10. Nahm FS. Infrared Thermography in pain medicine. *Korean J Pain* 2013; 26: 219-22
11. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel)* 2010; 10(5): 4700-15.
12. Wu CL; Yu KL; Chuang HY; Huang MH; Chen TW; Chen CH. The Application of infrared thermography in the assessment of patients with coccygodynia before and after manual therapy combined with diathermy. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009; 32(4): 287–93.
13. Kocić M, Lazović M, Dimitrijević I, Mancić D, Stanković A. Procena terapijskog efekta lasera male snage i interferentnih struja kod bolesnika sa kompleksnim regionalnim bolnim sindromom primenom infracrvene termovizijske kamere. *Vojnosanit Pregl*. 2010; 67(9): 755-60.
14. Roy RA, Boucher JP, Comtois AS. Comparison of paraspinal cutaneous temperature measurements between subjects with and without chronic low back pain. *J Manipulative Physiol Ther*. 2013; 36(1): 44-50.
15. Luijsterburg PA, Verhagen AP, Ostelo RW, van Os TA, Peul WC, Koes BW. Effectiveness of conservative treatments for the lumbosacral radicular syndrome: a systematic review. *Eur Spine J*. 2007; 16(7): 881-99.
16. Luijsterburg PA, Lamers LM, Verhagen AP, et al. Cost-effectiveness of physical therapy and general practitioner care for sciatica. *Spine*. 2007; 32(18): 1942–8.
17. Lee-Robinson A, Lee AT. Clinical and Diagnostic Findings in Patients with Lumbar Radiculopathy and Polyneuropathy. *Am J Clin Med*. 2010; 7(2):80-5.
18. Cvijanović M, Ilin M, Banić-Horvat S, Jovin Z, Simić S, Kopitović A. Radiculopathies. *Aktuelnosti iz neurologije, psihijatrije i graničnih područja*. 2007; 15: 28-34.

19. Stafford MA, Peng P, Hill DA. Sciatica: a review of history, epidemiology, pathogenesis, and the role of epidural steroid injection in management. *Br J Anaesth* 2007; 99(4): 461–73.
20. Gruber P, Boeni T. History of spinal disorders. In: Boos N, Aebi M [eds]. *Spinal Disorders: Fundamentals of Diagnosis and Treatment*. Berlin Heidelberg New York: Springer 2008:1-34.
21. Windsor RE. Lumbosacral Disc Injuries.
Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/94554-overview#a6>
22. American Academy of Orthopedic Surgeons. Lumbar disk herniation.
Available from: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00534>.
23. Hsu PS, Armon C, Levin K. Lumbosacral radiculopathy: Pathophysiology, clinical features, and diagnosis. Available from:
<http://cursoenarm.net/UPTODATE/contents/mobipreview.htm?25/35/26161?source=HISTORY>.
24. Boxem KV, Cheng J; Patijn J; van Kleef M; Lataster A, Mekhail N et al. Evidence-based interventional pain medicine according to clinical diagnoses. 11. Lumbosacral radicular pain. Available from: <http://library.sgu.ru/ftp/18-may/51.pdf>
25. Iversen T, Solberg TK, Wilsgaard T, Waterloo K, Brox JI, Ingebrigtsen. Outcome prediction in chronic unilateral lumbar radiculopathy: prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015; 16(1): 17.
26. Nachemson AL, Waddell G, Norlund AI. Epidemiology of neck and low back pain. In: Nachemson AL, Jonsson E [eds]. *Neck and back pain: the scientific evidence of causes, diagnosis and treatment*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000: 165-188.
27. Tarulli AW, Raynor EM. Lumbosacral radiculopathy. *Neurol Clin*. 2007; 25(2): 387–405.
28. Trager RJ. Lumbosacral radiculopathy: Causes and mimics of sciatica and low back nerve root disorders. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
29. Adebajo A, Fabule J. Management of radicular pain in rheumatic disease: insight for the physician. *Ther Adv Musculoskelet Dis*. 2012; 4(3): 137–47.
30. Koes BW, van Tulder MW, Peul WC. Diagnosis and treatment of sciatica. *BMJ*. 2007; 334(7607): 1313–17.

31. Berkeley M. Lumbar Disc Herniation.
Available from: <http://morphopedics.wikidot.com/lumbar-disc-herniation>
32. Heuch I, Hagen K, Heuch I, Nygaard Ø, Zwart JA. The impact of body mass index on the prevalence of low back pain: the HUNT study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(7): 764-8.
33. Takatalo J, Karppinen J, Taimela S, Niinimäki J, Laitinen J, Blanco Sequeiros R et al. Body mass index is associated with lumbar disc degeneration in young Finnish males: subsample of Northern Finland birth cohort study 1986. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013; 14:87.
34. Kauppila LI. Atherosclerosis and disc degeneration/low-back pain—A systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2009; 37(6): 661-70.
35. Jhavar BS, Fuchs CS, Colditz GA, Stampfer MJ. Cardiovascular risk factors for physician-diagnosed lumbar disc herniation. *Spine J*. 2006; 6(6): 684-91.
36. Tian W, Qi H. Association between intervertebral disc degeneration and disturbances of blood supply to the vertebrae. *Chin Med J (Engl)*. 2010; 123(2): 239-43.
37. Alkherayf F, Agbi C. Cigarette smoking and chronic low back pain in the adult population. *Clin Invest Med*. 2009; 32(5): 360–67.
38. Modic MT, Ross JS. Lumbar Degenerative Disk Disease. *Radiology*. 2007; 245(1): 43-61.
39. Manek NJ, MacGregor AJ. Epidemiology of back disorders: prevalence, risk factors, and prognosis. *Curr Opin Rheumatol*. 2005; 17(2): 134-40.
40. van Tulder M, Becker A, Bekkering T, Breen A, del Real MT, Hutchinson A et al. COST B13 Working Group on Guidelines for the management of acute low back pain in primary care. Chapter 3. European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *Eur Spine J*. 2006; 15 (2): 169-91.
41. Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, Takala EP, Riihimäki H. Individual factors, occupational loading, and physical exercise as predictors of sciatic pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002; 27(10): 1102-9.
42. Švirtlih L, Antunović V, Samardžić M. Lumbalna discus hernija - radikularna kompresija. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1996.

43. Yavuz F, Taşkınatan MA, Aydemir K, Özgül A, Tan AK. The Efficacy of Intradiscal Steroid Injections in Degenerative Lumbar Disc Disease. *Turk J Phys Med Rehab.* 2012; 58: 88-92.
44. Younis F, Shahzad R, Rasool F. Correlation of magnetic resonance patterns of lumbar disc disease with clinical symptomatology of patients. *Annals.* 2011; 17: 41-7.
45. Apostolski S, Bulat P, Bumbaširević Lj, Carevac N, Dragašević N, Jančić J i sar. *Neurologija.* Beograd: Medicinski fakultet u Beogradu, 2007: 345-50.
46. Beattie P. The relationship between symptoms and abnormal magnetic resonance images of lumbar intervertebral disks. *Phys Ther.* 1996; 76: 601- 8.
47. Malanga GA. Lumbosacral radiculopathy. Clinical presentation. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/95025-clinical#showall>
48. Windsor RE. Lumbosacral disc injuries clinical presentation. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/94554-clinical>
49. Miller KJ. Physical assessment of lower extremity radiculopathy and sciatica. *J Chiropr Med.* 2007; 6(2): 75-82.
50. Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med.* 2001; 344(5): 363-70.
51. Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, Cross JT, Shekelle P et al. Diagnosis and Treatment of Low Back Pain: A Joint Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med.* 2007; 147(7): 478-91.
52. Malanga GA. Lumbosacral radiculopathy. Workup. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/95025-workup#showall>
53. Patel ND, Broderick DF, Burns J, Deshmukh TK, Fries IB, Harvey HB et al. Expert panel on neurologic imaging. ACR Appropriateness Criteria® low back pain. Reston (VA): American College of Radiology (ACR) 2015. Available from: <http://www.guideline.gov/content.aspx?id=49915&search=acr+appropriateness+criteria%C2%AE+low+back+pain>.
54. NASS Evidence-Based Clinical Guidelines Committee. Clinical guidelines for diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. Burr Ridge: North American Spine Society, 2012.

55. Weishaupt D, Zanetti M, Hodler J, Min K, Fuchs B, Pfirrmann CW, Boos N. Painful lumbar disk derangement: relevance of endplate abnormalities at MR imaging. *Radiology*. 2001;218(2):420-7.
56. Maus TP. Imaging of the spine and nerve roots. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2002; 13(3): 487-544.
57. Aprill C, Bogduk N. High-intensity zone: a diagnostic sign of painful lumbar disc on magnetic resonance imaging. *Br J Radiol*. 1992;65(773): 361-9.
58. van der Windt DA, Simons E, Riphagen II, Ammendolia C, Verhagen AP, Laslett M et al. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain *Cochrane Database Syst Rev*. 2010; 17(2): CD007431. doi: 10.1002/14651858.CD007431.pub2.
59. Windsor RE. Lumbosacral Disc Injuries Workup.
Avaible from: <http://emedicine.medscape.com/article/94554-workup>
60. Cho SC, Ferrante MA, Levin KH, Harmon RL, So YT. Utility of electrodiagnostic testing in evaluating patients with lumbosacral radiculopathy: An evidence-based review. *Muscle Nerve*. 2010; 42(2): 276-82.
61. Barr K. Electrodiagnosis of lumbar radiculopathy. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2013; 24(1): 79-91.
62. Hasankhani EG, Omid-Kashani F. Magnetic resonance imaging versus electrophysiologic tests in clinical diagnosis of lower extremity radicular pain. *ISRN Neuroscience* 2013.
Avaible from: <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/952570/>
63. Chémali KR, Tsao B. Electrodiagnostic testing of nerves and muscles: when, why, and how to order. *Cleve Clin J Med*. 2005; 72(1): 37-48.
64. Mihajlović V. Fizikalna medicina. Beograd: Obodsko slovo Rijeka Crnojevića, 2002.
65. Mayo Clinic Staff. Herniated disk.
Avaible from: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/herniated-disk/basics/prevention/con-20029957>
66. Lei-Rivera L. Lumbar radiculopathy.
Avaible from: <http://hamptoninternal.com/hl/?/886486/Lumbar-Radiculopathy>

67. Zhang YG, Sun Z, Zhang Z, Liu J, Guo X; Risk factors for lumbar intervertebral disc herniation in Chinese population: a case-control study. *Spine*. 2009; 34(25): 918-22.
68. Blagojević T, Vesović Potić V, Grajić M, Dragin A, Dubljanin Raspopović E, Konstantinović Lj i sar. *Osnovi fizikalne medicine i rehabilitacije*. Beograd: Medicinski fakultet u Beogradu, 2009.
69. Haugen AJ, Brox JI, Grøvle L, Keller A, Natvig B, Soldal D et al. Prognostic factors for non-success in patients with sciatica and disc herniation. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012; 13:183. doi: 10.1186/1471-2474-13-183.
70. Peul WC, Brand R, Thomeer RT, Koes BW. Influence of gender and other prognostic factors on outcome of sciatica. *Pain*. 2008; 138(1): 180-91.
71. Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M. Quantification of thermal asymmetry. Part 1: Normal values and reproducibility. *J Neurosurg*. 1988; 69(4): 552-5.
72. Clinical Research Team Medicores Co. Clinical solution for the pain diagnosis with thermography.
Available from: http://medi-core.com/download/Show_Me_the_Pain.pdf
73. Berz R, Sauer H. The medical use of infrared-thermography history and recent applications. Available from: <http://www.ndt.net/article/dgzfp-irt-2007/Inhalt/v04.pdf>
74. Ring EFJ. History of thermology and thermography: pioneers and progress. *EAT2012 Book of Proceedings – Appendix 1 of Thermol Int*. 2012; 22(3): 3-8.
75. Vujičić M, Durrigl T. *Termografija u reumatologiji*. Osijek: Jugoslovenska akademija znanosti i umetnosti, 1987.
76. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infr Phys & Tech*. 2012; 55(4): 221–35.
77. Pochaczewsky R, Wexler CE, Meyers PH, Liquid crystal thermography of the spine and extremities, *J Neurosurg*. 1982; 56 (3): 386-95.
78. Ring EFJ. The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology (Oxford)*. 2004; 43(6): 800-2.
79. Prokoski F, Sebastian RL. 3D-IR for enhanced visualization thermal imaging, *Thermol Int*. 2005; 15 (3): 116-17.
80. Skala K, Lipić T, Sović I, Gjenero L, Grubišić I. 4D thermal imaging system for medical applications. *Period biol*. 2011; 113 (4): 407-16.

81. Arfaoui A, Polidori G, Taiar R, Popa C. Infrared thermography in sports activity. Available from: http://cdn.intechopen.com/pdfs/32034/InTech-Infrared_thermography_in_sports_activity.pdf
82. Tkachenko YA, Golovanova M, Ovechkin AM. Clinical thermography. [in Russian]. Nizhni Novogorod: Union of Western and Oriental Medicine, 1998.
83. Ammer K. Hyperthermic areas in thermal images. *Thermol Int.* 2005; 15(2):71.
84. Green J. Neurothermography. *Semin Neurol.* 1987; 7(4): 313-6.
85. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA, Carmona PMG, Cano SP, García-Concepción MA et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infr Phys & Tech.* 2015; 71: 22-58.
86. White P, Howell KJ, Smith RE, Black CM, Control factors affecting the quality and reproducibility of medical thermal imaging. *Thermol Int.* 2001; 11(2): 79-80.
87. The American Academy of Thermology. Guidelines for neuro-musculoskeletal thermography and infrared sympathetic skin response (SSR) studies. Available from <http://aathermology.org/organization/guidelines/guidelines-for-neuro-musculoskeletal-thermography/>. Issued 2006. Updated: 2009, 2012, 2015v2
88. Ring EFJ, Ammer K. The Technique of infrared imaging in medicine. *Thermol Int.* 2000; 10(1): 7-14.
89. Schwartz RG. Guidelines for neuromusculoskeletal thermography. *Thermol Int.* 2006; 16: 5-9.
90. Ring EFJ. Provocation tests in thermal imaginng. *Thermol Int.* 2001; 11(2): 80.
91. Youakim S. Infrared thermometry in the diagnosis of hand–arm vibration syndrome. *Occup Med (Lond).* 2010; 60(3): 225-30.
92. von Bierbrauer A, Schilk I, Lucke C, Schmidt JA. Infrared thermography in the diagnosis of Raynaud's phenomenon in vibration-induced white finger. *Vasa.* 1998; 27(2): 94-9.
93. Cohen JM. Thermography-clinical indications. In: Lee MHM, Cohen JM [eds]. *Rehabilitation medicine and thermography.* Meadows Loop, Wilsonville, Morrisville: Impress Publications, 2008: 67–88.
94. Gajton AC. *Medicinska fiziologija.* Beograd: Savremena administracija, 1996.
95. Kyung Joon Lim. Pain and thermography. *Korean J Pain.* 2004; 17: 29-35.

96. Schwartz RG. Infrared thermographic vasomotor mapping and differential diagnosis. In: Lee MHM, Cohen JM [eds]. Rehabilitation medicine and thermography. Meadows Loop, Wilsonville, Morrisville: Impress Publications, 2008:33-44.
97. Szentkuti A, Kavanagh HS, Grazio S. Infrared thermography and image analysis for biomedical use. *Period Biol.* 2011; 113: 385-92.
98. Ko EJ, No YA, Park KY, Li K, Seo SJ, Hong CK. The clinical significance of infrared thermography for the prediction of postherpetic neuralgia in acute herpes zoster patients. *Skin Res Technol.* 2016; 22(1): 108-14.
99. Brenner M, Braun C, Oster M, Gulko PS. Thermal signature analysis as a novel method for evaluating inflammatory arthritis activity. *Ann Rheum Dis.* 2006; 65: 306–11.
100. Haddad DS, Brioschi ML, Arita ES. Thermographic and clinical correlation of myofascial trigger points in the masticatory muscles. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012; 41: 621–29.
101. Niehof SP, Huygen F, van der Weerd RWP, Westra M, Zijlstra FJ. Thermography imaging during static and controlled thermoregulation in complex regional pain syndrome type 1: diagnostic value and involvement of the central sympathetic system. *Bio Med Eng Online* 2006 May; Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1479347>
102. Pochaczewsky R. Pochaczewsky R. Thermography in posttraumatic pain. *Am J Sports Med.* 1987; 15(3): 243-50.
103. Ming Z, Zaproudina N, Siivola J, Nousiainen U, Pietikainen S. Sympathetic pathology evidenced by hand thermal anomalies in carpal tunnel syndrome. *Pathophysiology.* 2005; 12(2): 137-41
104. Hooshmand H, Hashmi M, Phillips EM. Infrared thermal imaging as a tool in pain management - an 11 year study, part II: clinical applications. *Thermol Int.* 2001; 11(3): 117-29.
105. Feng T, Zhao P, Liang G. Diagnostic significance of topical image of infrared thermograph on the patient with lumbar intervertebral disc herniation--a comparative study on 45 patients and 65 normal control [in Chinese] [abstract]. *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi.* 1998; 18: 527-30.

106. Thomas D, Cullum D, Siahamis G, Langlois S. Infrared thermographic imaging, magnetic resonance imaging, CT scan and myelography in low back pain. *Br J Rheumatol.* 1990; 29: 268-7.
107. La Borde TC. Thermography in diagnosis of radiculopathies. *Clin J Pain.* 1989; 5: 249-53.
108. Ra JY, An S, Lee GH, Kim TU, Lee SJ, Hyun JK. Skin temperature changes in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. *Ann Rehabil Med.* 2013; 37: 355-63.
109. So YT, Amionff MJ, Olney RK. The role of thermography in the evaluation of lumbosacral radiculopathy. *Neurology.* 1989; 39(9): 1154-8.
110. Knowitz K. Thermography: A New perspective on an old test. Available from: <http://www.dynamicchiropractic.com/mpacms/dc/article.php?id=31740>
111. Zaproudina N, Ming Z, Hänninen OO. Plantar infrared thermography measurements and low back pain intensity. *J Manipulative Physiol Ther.* 2006; 29(3): 219-23.
112. Tahir NM. Thermography (Infrared thermal imaging). Sadasivan S [ed]. Health Technology Assessment Unit Medical Development Division Ministry Of Health Malaysia, 2005.
113. Vroomen PC, de Krom MC, Slofstra PD, Knottnerus JA. Conservative treatment of sciatica: a systematic review. *J Spinal Disord.* 2000; 13(6): 463-69.
114. Malanga GA. Lumbosacral radiculopathy. Treatment and management. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/95025-treatment>.
115. Chiado A. Lumbosacral radiculopathies: conservative approaches to management. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2002; 13:609-21
116. Hurley DA, McDonough SM, Dempster M, Moore AP, Baxter GD. A randomized clinical trial of manipulative therapy and interferential therapy for acute low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004; 29(20): 2207-16.
117. Unlu Z, Tasci S, Tarhan S, Pabuscu Y, Islak S. Comparison of 3 physical therapy modalities for acute pain in lumbar disc herniation measured by clinical evaluation and magnetic resonance imaging. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008; 31(3): 191-8.

118. Jovicić M, Konstantinović L, Lazović M, Jovicić V. Clinical and functional evaluation of patients with acute low back pain and radiculopathy treated with different energy doses of low level laser therapy. *Vojnosanit Pregl* 2012; 69(8): 656–62.
119. Jevtić MR. *Fizikalna medicina i rehabilitacija*. Kragujevac: Medicinski fakultet Kragujevac, 1999.
120. Geertzen JHB, van Wilgen CP, Schrier E, Dijkstra PU. Chronic pain in rehabilitation medicine. *Disabil Rehabil*. 2006; 28(6): 363–67.
121. Hahne AJ, Ford JJ. Functional restoration for a chronic lumbar disk extrusion with associated radiculopathy. *Phys Ther*. 2006; 86(12): 1668-80.
122. Stanković A. *Primena individualno koncipiranog kineziterapijskog tretmana i kognitivno-bihejvioralne terapije u lečenju hroničnog bolnog sindroma*. Doktorska disertacija. Niš: Medicinski fakultet Univerziteta u Nišu; 2016.
123. Jajić I. *Specijalne fizikalna medicina*. Zagreb: Školska knjiga, 1991.
124. Poitras S, Brosseau L. Evidence-informed management of chronic low back pain with transcutaneous electrical nerve stimulation, interferential current, electrical muscle stimulation, ultrasound, and thermotherapy. *Spine J*. 2008; 8(1): 226-33.
125. Chou R, Loeser JD, Owens DK, Rosenquist RW, Atlas SJ, Baisden J et al. Interventional therapies, surgery, and interdisciplinary rehabilitation for low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34(10): 1066-77.
126. Delitto A, George SZ, van Dillen LR, Whitman JM, Sowa G, Shekelle P, et al. Low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012; 42(4): A1-57. doi: 10.2519/jospt.2012.0301.
127. Lazović M. *Laseroterapija*. Beograd: Evropski centar za mir i razvoj (ECPD), 1997.
128. Lazović M. *Laseroterapija u fizikalnoj medicini*. *Acta Fac Med Naiss*. 1999; 16 (4): 190-93.
129. Fulop AM, Dhimmer S, Deluca JR et al. A meta-analysis of the efficacy of laser phototherapy on pain relief. *Clin J Pain*. 2010; 26(8): 729-36.
130. Hagiwara S, Iwasaka H, Hasegawa A, Noguchi T. Pre-irradiation of blood by gallium aluminum arsenide (830 nm) low-level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats. *Anesth Analg*. 2008; 107(3): 1058–63.

131. Chow R, Yan W, Armati P. Electrophysiological effects of single point transcutaneous 650 and 808nm laser irradiation of rat sciatic nerve: a study of relevance for low-level laser therapy and laser acupuncture. *Photomed Laser Surg.* 2012; 30 (9): 530–35.
132. Philadelphia Panel evidence-based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for low back pain. *Phys Ther.* 2001; 81(10): 1641–74.
133. Benedicenti S, Pepe IM, Angiero F, Benedicenti A. Intracellular ATP level increases in lymphocytes irradiated with infrared laser light of wavelength 904 nm. *Photomed Laser Surg.* 2008; 26: 451–3.
134. Chellini F, Sassoli C, Nosi D, Deledda C, Tonelli P, Zecchi-Orlandini S et al. Low pulse energy Nd: YAG laser irradiation exerts a biostimulative effect on different cells of the oral microenvironment:"an in vitro study". *Lasers Surg Med.* 2010 ; 42(6): 527-39
135. Huang ZY, Ma J, Chen J, Shen B, Pei FX, Kraus VB. The effectiveness of low-level laser therapy for nonspecific chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Res Ther.* 2015; 17: 360.
136. Hadi M, Ali SV, Isa MZ, Zeidi BM. Low level laser therapy (LLLT) for chronic low back pain (LBP). *Eur J Sci Res.* 2009; 29 (1): 76-81.
137. Sluka KA. The basic science mechanisms of TENS and clinical implications. Available from: <http://www.medsciencepro.com/library/4-articles/6-the-basic-science-mechanisms-of-tens-and-clinical-implications>
138. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain.* 2003; 4(3): 109-21.
139. Khalil Z, Merhi M. Effects of aging on neurogenic vasodilator responses evoked by transcutaneous electrical nerve stimulation relevance to wound healing. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000; 55(6): 257-63.
140. Machado AFP, Santana EF, Tacani PM, Liebano RE. The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on tissue repair: A literature review. *Can J Plast Surg* 2012; 20 (4): 237-40.

141. Khadilkar A, Milne S, Brosseau L, Robinson V, Saginur M, Shea B et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005; 20(3): CD003008. Review. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2008; (4): CD003008.
142. Leandri M, Brunetti O, Parodi CI. Telethermographic findings after transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther.* 1986; 66(2): 210-3.
143. Jajić I, Zrinka J. *Fizikalna i rehabilitacijska medicina.* Zagreb: Medicinska naklada, 2008.
144. Koes BW, van Tulder M, Lin CW, Macedo LG, McAuley J, Maher C. An updated overview of clinical guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care. *Eur Spine J* 2010; 19: 2075-94.
145. Kennedy DJ, Noh MY. The role of core stabilization in lumbosacral radiculopathy. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2011; 22(1): 91-103.
146. Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, Fredericson M. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep.* 2008; 7: 39–44.
147. Fritz JM, Erhard RE, Hagen BF. Segmental instability of the lumbar spine. *Phys Ther.* 1998; 78(8): 889-96.
148. Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002; 27(4): 399-405.
149. Richardson C, Jull G, Hodges P, Hides J. *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain.* New York: Churchill-Livingstone, 2004.
150. Kennedy DJ, Noh MY. The role of core stabilization in lumbosacral radiculopathy. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2011; 22(1): 91-103.
151. Vasseljen O, Fladmark AM. Abdominal muscle contraction thickness and function after specific and general exercises: a randomized controlled trial in chronic low back pain patients. *Man Ther.* 2010; 15(5): 482-9.
152. França FR, Burke TN, Hanada ES, Marques AP. Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain: a comparative study. *Clinics (Sao Paulo).* 2010; 65(10): 1013-7.

153. Ye C, Ren J, Zhang J, Wang C, Liu Z, Li F et al. Comparison of lumbar spine stabilization exercise versus general exercise in young male patients with lumbar disc herniation after 1 year of follow-up. *Int J Clin Exp Med*. 2015; 8(6): 9869-75.
154. Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara AV, Koes BW. Meta-analysis: exercise therapy for nonspecific low back pain. *Ann Intern Med*. 2005; 142(9): 765-75.
155. McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003; 13(4): 353-9.
156. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klüber-Moffett J, Kovacs F et al. COST B13 Working Group on Guidelines for Chronic Low Back Pain. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J*. 2006; 15 (2): S192-300.
157. Tomanova M, Lippert-Grüner M, Lhotska L. Specific rehabilitation exercise for the treatment of patients with chronic low back pain. *J. Phys. Ther. Sci*. 2015; 27: 2413–17.
158. Malanga GA. Lumbosacral radiculopathy. Medication. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/95025-medication#showall>
159. Levin K, Hsu PS, Armon C. Lumbosacral radiculopathy: Prognosis and treatment. Available from: <http://cursoenarm.net/UPTODATE/contents/mobipreview.htm?2/49/2847?source=HISTORY>
160. Balakrishnamoorthy R, Horgan I, Perez S, Steele MC, Keijzers GB. Does a single dose of intravenous dexamethasone reduce symptoms in emergency department patients with low back pain and RADiculopathy (SEBRA)? A double-blind randomised controlled trial. *Emerg Med J* 2015; 32(7): 525–30.
161. Humphreys S, Eck J. Clinical evaluation and treatment options for herniated lumbar disc. *Am Fam Physician*. 1999; 59(3): 575-82.
162. Windsor RE. Lumbosacral disc injuries treatment & management. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/94554-treatment>

163. van den Hout WB, Peul WC, Koes BW, Brand R, Kievit J, Thomeer RT 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): 1351–4.
164. Malanga GA. Lumbosacral radiculopathy. Follow-up. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/95025-followup>
165. World Health Organisation. BMI classification. Available from: http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html
166. Scott J, Huskisson EC. Graphic representation of pain. *Pain* 1976; 2:175-84.
167. Perret C, Poiraudau S, Fermanian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 1566-70.
168. Rezvani A, Ergin O, Karacan I. Validity and reliability of the metric measurements in the assessment of lumbar spine motion in patients with ankylosing spondylitis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012; 37: E1189-96.
169. Mageev DJ. Orthopaedic physical assessment. St. Louis: Saunders imprint of Elsevier, 2014.
170. Konforti N, Zec Ž. Ispitivanje snage mišića. Beograd: Naučna KMD, 2007.
171. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry disability index. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000; 25: 2940-52.
172. Spijker-Huiges A, Groenhof F, Winters JC, van Wijhe M, Groenier KH, van der Meer K. Radiating low back pain in general practice: Incidence, prevalence, diagnosis, and long-term clinical course of illness. *Scand J Prim Health Care*. 2015; 33(1): 27–32.
173. Harper CM , Low PA, Fealey RD, Chelimsky TC, Proper CJ, Gillen DA. Utility of thermography in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy. *Neurology*. 1991; 41(7): 1010-4.
174. Ford JJ, Hahne AJ, Chan AYP, Surkitt LD. A classification and treatment protocol for low back disorders Part 3 – Functional restoration for intervertebral disc related disorders. *Phys Ther Reviews* 2012; 17 (1): 55-75.
175. Uei H, Matsuzaki H, Oda H, Nakajima S, Tokuhashi Y, Esumi M. Gene expression changes in an early stage of intervertebral disc degeneration induced by passive cigarette smoking. *Spine* 2006; 31: 510-14.

176. Takahashi Y, Takahashi K, Moriya H. Thermal deficit in lumbar radiculopathy. Correlations with pain and neurologic signs and its value for assessing symptomatic severity. *Spine* 1994; 19: 2443-9.
177. Gillström P. Thermography in low back pain and sciatica. *Arch Orthop Trauma Surg* 1985; 104: 31-6.
178. Hyun JK, Lee JY, Lee SJ, Jeon JY. Asymmetric atrophy of multifidus muscle in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32: E 598-602.
179. Chafetz N, Wexler CE, Kaiser JA. Neuromuscular thermography of the lumbar spine with CT correlation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988 Aug; 13(8): 922-5.
180. Green J, Reilly A, Schnitzlein N, Clewell W. Comparison of neurothermography and contrast myelography. *Orthopedics*. 1986; 9(12): 1699-704.
181. Cho YE, Kim YS, Zhang HY. Clinical efficacy of digital infrared thermographic imaging in multiple lumbar disc herniations. *J Korean Neurosurg Soc*. 1998; 27(2):237-245.
182. Ping Z, You FT. Correlation study on infrared thermography and nerve root signs in lumbar intervertebral disk herniation patient: a short report. *J Manipulative Physiol Ther* 1993; 16: 150-4.
183. Conwell T. Distinct IR signatures result from neuropathic abnormalities of the limbs. *Thermol Int* 2013; 23: 34-5.
184. Gabrhel J, Popracová Z, Tauchmannová H, Chvojka Z. Thermal findings in pain syndromes of the pelvic-femoral region. *Thermol Int*. 2013; 23: 157-63.
185. Hakgüder A, Birtane M, Gürcan S, Kokino S, Turan FN. Efficacy of low level laser therapy in myofascial pain syndrome: An algometric and thermographic evaluation. *Lasers Surg Med* 2003; 33(5): 339-43.
186. Wu CL, Yu KL, Chuang HY, Huang MH, Chen TW, Chen CH. The application of infrared thermography in the assessment of patients with coccygodynia before and after manual therapy combined with diathermy. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009; 32(4): 287-93.
187. Litscher G, Wang L. Thermographic visualization of changes in peripheral perfusion during acupuncture. *Biomed Tech*. 1999; 44(5): 129-34.

188. Gardiner A, Florin RE, Haber C. Complex regional pain syndrome: A new approach to therapy. In: Waynant R, Tata DB [eds]. Proceedings of light-activated tissue regeneration and therapy conference; 2007 June 24–29; Tomar, Portugal. London, New York: Springer; 2008: 283–92.
189. Bales M. Integrative pain therapies monitored by thermal imaging. *Thermol Inter.* 2013; 23(1): 36.
190. Vallone F, Benedicenti S, Sorrenti E, Schiavetti I, Angiero F. Effect of diode laser in the treatment of patients with nonspecific chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg.* 2014; 32(9): 490-4.
191. Gur A, Karakoc M, Cevik R, Nas K, Sarac AJ, Karakoc M. Efficacy of low-power laser therapy and exercise on pain and function in chronic low back pain. *Lasers Surg Med.* 2003; 32: 233–38.
192. Djavid GE, Mehrdad R, Ghasemi M, Hasan-Zadeh H, Sotoodeh-Manesh A, Pouryaghoub G. In chronic low back pain, low level laser therapy combined with exercise is more beneficial than exercise alone in the long term: a randomised trial. *Aust J Physiother.* 2007; 53(3): 155-60.
193. Alayat MS, Atya AM, Ali MM, Shosha TM. Long-term effect of high-intensity laser therapy in the treatment of patients with chronic low back pain: a randomized blinded placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014; 29(3): 1065-73.
194. Basford JR, Sheffield CG, and Harmsen BS. Laser therapy: a randomised, controlled trial of the effects of low intensity Nd: YAG laser irradiation on musculoskeletal back pain. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1999; 80: 647–52.
195. Ip D. Fu. NY. Can intractable discogenic back pain be managed by low-level laser therapy without recourse to operative intervention? *J Pain Res* 2015; 8: 253–56.
196. Ay S, Doğan SK, Evcik D. Is low-level laser therapy effective in acute or chronic low back pain? *Clin Rheumatol.* 2010; 29(8): 905-10.
197. Rakel B, Frantz R. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation on postoperative pain with movement. *J Pain.* 2003; 4(8): 455-64.
198. DeSantana JM, Walsh DM, Vance C, Rakel BA, Sluka KA. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Curr Rheumatol Rep.* 2008; 10(6): 492-9.

199. Deyo RA, Walsh NE, Martin DC, Schoenfeld LS, Ramamurthy S. A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain. *N Engl J Med.* 1990; 322(23): 1627-34.
200. Buchmuller A , Navez M , Millette-Bernardin M , Pouplin S , Presles E, Lantéri-Minet M et al. Value of TENS for relief of chronic low back pain with or without radicular pain. *Eur J Pain* 2012; 16: 656–65.
201. Topuz O, Ozfidan E, Ozgen M, et al. Efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation and percutaneous neuromodulation therapy in chronic low back pain. *J Back Musculoskeletal Rehabil.* 2004; 17(3-4): 127–33.
202. Facci LM, Nowotny JP, Tormem F, Trevisani VF. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and interferential currents (IFC) in patients with nonspecific chronic low back pain: randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J.* 2011; 129(4): 206-16.
203. Jarzem PF, Harvey EJ, Arcaro N, Kaczorowski J. Transcutaneous electrical nerve stimulation [TENS] for short-term treatment of low back pain—randomized double blind crossover study of sham versus conventional TENS. *J Musculoskelet Pain.* 200; 13(2): 11–7.
204. Tulgar M, McGlone F, Bowsher D, Miles J. Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part I a pilot study. *Pain.* 1991; 47: 151–55.
205. Bloodworth DM, Nguyen BN, Garver W, Moss F, Pedroza C, Tran T, et al. Comparison of stochastic vs. conventional transcutaneous electrical stimulation for pain modulation in patients with electromyographically documented radiculopathy. *Am J Phys Med Rehabil.* 2004; 83(8): 584-91.
206. Sakurai Y, Yamaguchi M, Abiko Y. Inhibitory effect of lowlevel laser irradiation on LPS-stimulated prostaglandin E2 production and cyclooxygenase-2 in human gingival fibroblasts. *Eur J Oral Sci.* 2000; 108: 29–34.
207. Aimbiro F, Albertini R, Pacheco MT et al. Low level laser therapy induces dose-dependent reduction of TNF-alpha levels in acute inflammation. *Photomed Laser Surg.* 2006; 24: 33–37.
208. Chen YJ, Wang YH, Wang CZ, Ho ML, Kuo PL, Huang MH et al. Effect of low level laser therapy on chronic compression of the dorsal root ganglion. *PloS.* 2014; 9(3): e89894.

209. Campana VR, Moya M, Gavotto A, Soriano F, Juri HO, Spitale LS et al. The relative effects of He–Ne laser and meloxicam on experimentally induced inflammation. *Laser Ther.* 1999; 11:36–42.
210. de Souza Grava AL, Ferrari LF, Defino HL. Cytokine inhibition and time-related influence of inflammatory stimuli on the hyperalgesia induced by the nucleus pulposus. *Eur Spine J.* 2012; 21(3):537-45.
211. Shin DH, Lee E, Hyun JK, Lee SJ, Chang YP, Kim JW, Choi YS, Kwon BS. Growth-associated protein-43 is elevated in the injured rat sciatic nerve after low power laser irradiation. *Neurosci Lett.* 2003; 344(2): 71-4.
212. Rochkind S, Nissan M, Alon M, Shamir M, Salame K. Effects of laser irradiation on the spinal cord for the regeneration of crushed peripheral nerve in rats. *Lasers Surg Med.* 2001; 28(3): 216-9.
213. Hsieh YL, Chou LW, Chang PL, Yang CC, Kao MJ, et al. Low-level laser therapy alleviates neuropathic pain and promotes function recovery in rats with chronic constriction injury: possible involvements in hypoxia-inducible factor 1alpha (HIF-1alpha). *J Comp Neurol.* 2012; 520 (13): 2903–16.
214. Ozdincler AR. Effect of TENS and LEL on pain and functional performance of patients with shoulder pain. *J Med Sci.* 2005; 5 (4): 328-32.
215. Karabegović A, Kapidžić-Duraković S, Ljuca F. Laser therapy of painful shoulder and shoulder-hand syndrome in treatment of patients after the stroke. *Bosn J Basic Med Sci.* 2009; 9(1): 59-65.

13. Прилог

Прилог 1. Oswestry disability index (ODS)*

Овај упитник пружа информације лекару, о томе како Ваш бол у леђима и/или доњем екстремитету утиче на обављање свакодневних активности. Молимо Вас да одговорите на сваки део и означите у сваком делу само једну реченицу која се односи на Вас. Уколико сматрате да се две изјаве у било ком делу односе на Вас, молимо Вас само *означите једну реченицу која најближе описује ваш проблем.*

1 - Интензитет бола

- Немам болове у овом тренутку.
- Бол је веома благ у овом тренутку.
- Бол је умерен у овом тренутку.
- Бол је прилично озбиљан у овом тренутку.
- Бол је врло јак у овом тренутку.
- Бол је најгоре што могу замислити у овом тренутку.

2 - Лична нега

- Могу самостално да бринем о себи, без изазивања додатног бола.
- Могу самостално да бринем о себи, али то изазива додатни бол.
- Могу самостално да бринем о себи, али веома споро и опрезно, због додатног бола.
- Већину активности обављам сам, али за неке активности ми је потребна помоћ другог лица.
- Неопходна ми је помоћ другог лица за већину свакодневних активности.
- Не могу самостално да се обучем, нити да се умијем, углавном боравим у кревету.

3 - Подизање

- Могу да подигнем тешке предмете без бола.
- Могу да подигнем тешке предмете, али то изазива бол.
- Не могу да подигнем тешке предмете са пода, али их могу подићи са стола.
- Не могу да подигнем тешке предмете, али могу подићи лаке и средње тежине предмете са стола.
- Могу да подигнем само јако лаке предмете.
- Не могу да подигнем, нити да носим нешто.

4 - Ходање

- Могу да ходам без болова.
- Бол ме спречава да ходам више од 1 сата.
- Бол ме спречава да ходам више од 30 минута.
- Бол ме спречава да ходам више од 10 минута.
- Могу само да ходам помоћу штапа или штаке.
- Највише времена проводим у кревету, не могу да ходам.

5 - Седење

- Могу да седим у свакој столици, колико год желим.
- Могу да седим само у мојој омиљеној столици, онолико колико желим.
- Бол ме спречава да седим више од 1 сата.
- Боли ме спречава да седим више од 30 минута.
- Боли ме спречава да седим дуже од 10 минута.
- Не могу да седим.

6 - Стајање

- Могу да стојим, колико год желим, без додатног бола.
- Могу да стојим колико год желим, али то ми то изазива додатни бол.
- Бол ме спречава да стојим више од 1 сата.
- Боли ме спречава да стојим више од 30 минута.
- Боли ме спречава да стојим више од 10 минута.
- Боли ме спречава да стојим.

7 - Спавање

- Мој сан никада не ремети бол.
- Мој сан повремено ремети бол.
- Због болова имам мање од 6 сати сна.
- Због болова имам мање од 4 сата спавања.
- Због болова имам мање од 2 сата спавања.
- Бол ме спречава да спавам уопште.

8 - Друштвени живот

- Мој друштвени живот је непромењен.
- Мој друштвени живот је нормалан, али ми повећава степен бола.
- Мој друштвени живот је скоро нормалан, али ми значајно повећава степен бола (ограничава интересовање за плес, фолклор...).
- Бол ограничава моје друштвене активности и не излазим тако често.
- Бол ограничава моје друштвене активности у оквиру моје кући
- Немам друштвени живот због болова.

9 - Путовање

- Могу да путујем где желим.
- Могу да путујем где желим, али то ми изазива додатни бол.
- Бол је јак, али некако успевам да путујем више од 2 сата.
- Бол ограничава моја путовања на мање од 1 сата.
- Бол ограничава моја путовања на 30 минута.
- Бол спречава моја путовања.

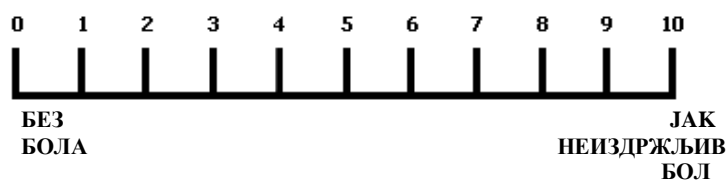
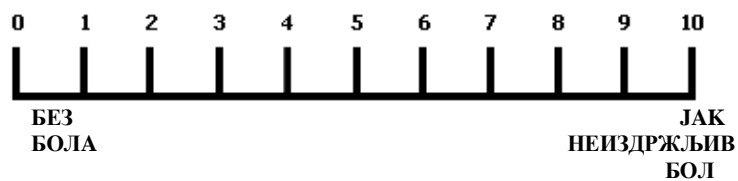
10 - Сексуални живот

- Мој сексуални живот је нормалан и не проузрокује додатни бол.
- Мој сексуални живот је нормалан, али понекад изазива додатни бол.
- Мој сексуални живот је скоро нормалан, али је праћен јаким болом.
- Мој сексуални живот је озбиљно ограничен болом.
- Мој сексуални живот скоро да не постоји због болова.
- Бол ме спречава да имам сексуални живот.

*Fairbank JC, Pynsent PB. *The Oswestry disability index. Spine (Phila Pa 1976) 2000; 25 (22): 2940-52.*

Прилог 2. Визуелна аналогна скала (engl. visual analog scale (VAS))

Молим Вас да заокружите број која најближе описује Ваш бол у леђима у претходних 7 дана:

БОЛ У СТАЊУ МИРОВАЊА**БОЛ ПРИ АКТИВНИМ ПОКРЕТИМА**

БИОГРАФИЈА

Др Ирена (Златановић) Димитријевић је рођена 08.11.1975. године у Нишу, где је завршила основну школу и гимназију. Медицински факултет Универзитета у Нишу уписала је школске 1994/1995.године, по шестогодишњем плану и програму. Студије је завршила 2001. године са просечном оценом 9.79 и одбранила дипломски рад на предмету физикална медицина и рехабилитација оценом 10.

Лекарски стаж је обавила у Клиничком центру у Нишу, по утврђеном плану и програму обављања приправничког стажа и положила стручни испит за доктора медицине 2002. године.

Као стипендиста Министарства за науку, технологију и развој Републике Србије, у току 2004. године била је распоређена у Иновационом центру за развој и примену информационих технологија на Машинском факултету у Нишу, где је била укључена у рад на иновационом пројекту „Развој информационих сервиса НИОнет научне и образовне информационе мреже“.

Марта 2005. године заснива радни однос у Институту за лечење и рехабилитацију „Нишка Бања“.

Постдипломске магистарске студије из физикалне медицине и рехабилитације завршила је одбраном магистарске тезе 2007. године. Магистарска теза под називом „*Термовизијска камера у праћењу болесника са комплексним регионалним болним синдромом*“ урађена је у оквиру научно-истраживачког пројекта „Примена термовизије, развој нових метода испитивања и софтвера за обраду термовизијских слика“ (ГР 6222), који је финансирало Министарство науке и заштите животне средине Републике Србије.

Специјалистички испит из физикалне медицине и рехабилитације положила је јуна 2014. године са одличном оценом.

Има објављена два ауторска и два коауторска рада на SCI листи из области физикалне медицине и рехабилитације.

Члан је Српског лекарског друштва-секције за физикалну медицину и рехабилитацију.

Удата је и мајка двоје деце.



ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом:

Примена инфрацрвене термовизијске камере у дијагностици и процени терапијског ефекта физикалних агенаса код лумбосакралне радикулопатије

која је одбрањена на Медицинском факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, _____

Потпис аутора дисертације:

Ирена М. Димитријевић
Ирена М. Димитријевић



**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Име и презиме аутора: *Ирена М. Димитријевић*

Наслов дисертације: *Примена инфрацрвене термовизијске камере у дијагностици и процени терапијског ефекта физикалних агенаса код лумбосакралне радикулопатије*

Ментор: *доц. др Мирјана Коцић*

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао/ла за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, истоветан штампаном облику.

У Нишу, _____

Потпис аутора дисертације:

Ирена М. Димитријевић
Ирена М. Димитријевић



ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

Примена инфрацрвене термовизијске камере у дијагностици и процени терапијског ефекта физикалних агенаса код лумбосакралне радикулопатије

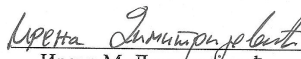
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, _____

Потпис аутора дисертације:


Ирена М. Димитријевић