

UNIVERZITET U BEOGRADU

MEDICINSKI FAKULTET

Olivera Č. Đorđević

KORELACIJA KLINIČKOG I FUNKCIONALNOG SA
ULTRAZVUČNIM NALAZOM MIŠIĆA DUBOKIH
STABILIZATORA LUMBOSAKRALNOG SEGMENTA
KIČMENOG STUBA KOD ISPITANIKA SA
LUMBALNIM SINDROMOM

Doktorska disertacija

Beograd, 2015

UNIVERSITY OF BELGRADE

SCHOOL OF MEDICINE

Olivera Č. Djordjević

CORRELATION BETWEEN CLINICAL AND
FUNCTIONAL WITH ULTRASOUND FINDINGS OF
DEEP STABILIZING MUSCLES OF LUMBAR SPINE IN
SUBJECTS WITH LOW BACK PAIN

Doctoral disertation

Belgrade, 2015

MENTOR:

Prof. Dr Ljubica Konstantinović, profesor Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

ČLANOVI KOMISIJE:

Prof.dr Milica Lazović, profesor Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Doc.dr Goran Radunović, docent Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Prof.dr Vladislava Vesović Potić, profesor Medicinskog fakulteta Univerziteta U Beogradu u penziji

Datum odbrane:

Izjave zahvalnosti

Želim da se iskažem posebnu zahvalnost prof.dr Ljubici Konstantinović, koja je bila izuzetan mentor, i čiji su saveti su bili od sušinskog i neprocenjivog značaja za realizaciju ove studije.

Takodje se zahvaljujem članovima komisije za odbranu ove doktorske teze prof. dr Milici Lazović, doc.dr Goranu Radunoviću i prof.dr Vladislavi Vesović Potić koji su svojim vrednim komentarima i pitanjima učinili da kompletnije sagledam implikacije ove studije.

Posebnu zahvalnost dugujem Doc. Dr Nadici Miljković, Goranu Bijeliću i čitavom istraživačkom timu Tecnalía, Srbija. Saradnja sa ovim timom je za mene bila izuzetno profesionalno i lično zadovoljstvo.

Takodje se zahvaljujem svim ispitanicima i kolegama sa Klinike za rehabilitaciju „dr Miroslav Zotović“ u Beogradu na pomoći i podršci tokom rada na ovoj studiji.

KORELACIJA KLINIČKOG I FUNKCIONALNOG SA ULTRAZVUČNIM NALAZOM MIŠIĆA DUBOKIH STABILIZATORA LUMBOSAKRALNOG SEGMENTA KIČMENOG STUBA KOD ISPITANIKA SA LUMBALNIM SINDROMOM

Olivera Č. Đorđević

REZIME

Uvod i cilj rada: Lumbalni bol (LB) je veoma učestali i etiološki nehomogen klinički sindrom. U literaturi se, klasično navodi da akutna forma bola u leđjima ne predstavlja veći terapijski problem, ali da oko 10% slučajeva zadobije hroničnu formu. Novija istraživanja ukazuju da čak kod 82% pacijenata sa recidivantim tegobama, bolove osećaju i nakon godinu hronične forme, recidiv i pojava hroniciteta nisu zanemarljivi fenomeni. Nameće se pretpostavka da bi, među razlozima za to, mogli da budu i nedostaci u proceni i lečenju pacijenata u akutnoj fazi LB. Sa druge strane, sudeći po statistikama dužine lečenja i povratka na posao, hronična forma LB se nedovoljno uspešno tretira. Terapijske preporuke za hronični LB su relativno nekonzistentne i nedovoljno utemeljene na dokazima. Na žalost, evolucija u hroničan lumbalni bol je nedovoljno proučena. Hroničan LB je udružen sa mišićnom slabošću i funkcionalnom onesposobljenoscu. Jedan od često navodjenih faktora hroniciteta je slabost dubokih stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba, pre svega m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM). Dostupni klinički testovi nam ne daju pun uvid u njihovu funkciju i ne koreliraju sa strukturnim i funkcionalnim promenama koje su zabeležena metodama vizuelizacije i funkcionalnim ispitivanjima. Zlatni standard ispitivanja mišićne aktivacije, iglena EMG, nije idelana metoda za duboke mišiće trupa, posebno za tanak, blizu peritonealne membrane postavljen m.transversus abdominis. Tako, do sada u rutinskom kliničkom radu i istraživačkim potrebama za ispitivanje većeg uzorka ispitanika, nije bilo lako objektivno proceniti ni strukturne ni funkcionalne osobine ove muskulature, čija je slabost vezana za hroničan lumbalni bol. Mi ne znamo kakva je priroda te veze između slabosti dubokih stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba i hroničnog bola u leđjima; ne znamo da li je bol uzrokovan tom slabošću ili je njihova slabost deo (mal)adaptacije na bol, ili oba ova fenomena imaju drugu zajedničku podlogu. Ne znamo ni da li postoji bilo kakva veza između najvažnijih kliničkih fenomena u LB koje rutinski ispitujemo i kojima se rukovodimo u krojenju terapijskog koncepta i proceni oporavka

pacijenta, kao što su stepen onesposobljenosti, jačina bola, radikulopatski fenomeni (bol, mišićna slabost, senzitivni fenomeni) sa strukturalnim I funkcionalnim promenama dubokih mišića trupa. U pokušaju razjašnjavanja te veze, primarni cilj ove studije bio je da ispitamo odnos između navedenih kliničkih fenomena i elektromiografski procenjenog stepena kontrakcije sa ultrazvučnim merama veličine aktivacije m.tranversus abdominis I m.multifidus lumborum . Osim toga, sekundarni ciljevi studije su podrazumevali: ispitivanje pouzdanosti ultrazvucnog merenja ovih mišća u klinički realnim situacijama, proveravanje razlike u velični aktivacije TrA i LM tokom klinički relevantne aktivnosti ovih mišića, veličina oporavka ispitanika sa LB nakon terapije kao i ispitivanje odnosa između ultrazvučnih mera veličine aktivacije TrA i LM sa kliničkim merama na kraju rehabilitacionog tretmana, tj.sa ishodom terapije.

Metod: Nasa klinička studija pre - posle obavljena je na Klinici za rehabilitaciju “dr Miroslav Zotovic” u Beogradu, tokom 2012 i 2013. godine. Od 292 ispitanika čije je učešće u studiji razmatrano, 194 je bilo sa LB, od čega je njih 70 zadovoljilo kriterijume za uključivanje u studiju, dok smo 41 zdravog ispitanika regrutovali od 98 njih koji su bili iz kruga porodice i prijatelja ispitanika sa LB. Kriterijmi za isključivanje iz studije su bili: uzrast mlađi od 18 godina, trudnoća, prelomi, operacije, tumori i infektivni procesi na kičmi, spina bifida, uznapredvane forme spinalnih deformiteta, bolesti kukova, neuromišićne slabosti, primena kortikosteroidne terapije najmanje mesec dana pre uključivanja u studiju. Prikupljeni su podaci iz grupe demografskih, antropometrijskih, kliničkih podataka i to: jačina bola u leđjima i nozi, procenjeno vizuelnom analognom skalom, trajanje bola i prisustvo neuropatske komponente bola procenjeno DN4 neuropatskim skorom, stepen onsesposobljenosti procenjeno Oswestry Disability skorom, stepen depresivnosti procenjeno Beck Depression Inventory skorom, obimom pokreta u lomosakralnom segmentu kičmenog stuba, mišićnom snagom i senzitivnim fenomenima u donjim ekstremitetima procenjeno manuelnim mišićnim testom i senzitivnim skorom prema ASIA skali, testom istezanja, veličina amplitude elektromiografskog signala prikupljenog površinskim elektrodama sa m.tranversus abdominis i m.multifidus lumborum, i ultrazvučna merenja debljine ovih misica u miru i tokom klinički relevantne aktivnosti. Svi ispitanici sa LB su bili podvrgnuti terapiji koja se sastojala iz jednokratne edukacije o zaštitnim položajima i pokretima, tronedeljne aplikacije fizikalnih agenasa i to transkutane elektricne nervne stimulacije (TENS) i lasera male snage, i šestonedeljne kineziterapije koja je podrazumevala ciljane vežbe jačanja stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba. Na retesiranje nakon terapije odazvalo se 27 ispitanika

sa LB. Statistička analiza: Pokazatelje deskriptivne statistike smo koristili za prikaz demografskih, antropometrijskih, kliničkih karakteristika i distribuciju ispitanika po gradusima određenih kliničkih obeležja izraženu u procentima. U cilju evaluacije slaganja merenja kod pojedinačnog i između dva ispitivača, izabrali smo dvostruki miksnii model koeficijenta korelacije unutar klase (*intraclass* koeficijent korelacije ICC_{2,k}). Da bi se ustanovila razlika između demografskih, antropometrijskih, kliničkih parametara između dve grupe ispitanika, primenili smo: Studentov t test za dva nezavisna uzorka, hi kvadrat test i Fišerov test tačne verovatnoće. Za testiranje razlika između grupa u debljinama mišića i normalizovane EMG sa TrA i LM, primenjena je dvostruka ANOVA. Efekat veličine (*effect size*) razlike za studentov t test je računat kao Cohen-ov d, a za dvostruku ANOVA-u je računat kao parcijalni η^2 . Da bi se ustanovila promena kliničkih i ehosonografskih parametara u grupi sa LB posle terapije upotrebljeni su t test za dva zavisna uzorka, Wilcoxon test ekvivalentnih parova i dvofaktorska ANOVA. Povezanost promene debljine mišića sa kliničkim i elektromiografskim obeležjima u svakoj grupi testirali smo korelacionom analizom. Vezu između obeležja promena debljine mišića kod grupe sa lumbalnim bolom pre terapije sa kliničkim obeležjima izmerenim u toj grupi posle terapije ispitali smo regresionom analizom.

Rezultati : Ispitanici sa LB se razlikuju od zdravih u svim ispitivanim kliničkim parametrima (obim pokreta u lumbalnom segmentu, mišićnoj snazi i skor u senzibiliteta) ($p < 0.05$), sEMG amplitudama (efekat grupe (LB vs zdravi) za TrA $p < 0.000$, za LM $p = 0.0173$ i relativnim promenama debljine dobijene na osnovu ultrazvučnih merenja za TrA i LM (efekat grupe (LB vs zdravi) za TrA $p < 0.0001$, za LM $p = 0.01$). Ispitanici sa LB, a sa neuropatskom komponentom bola, su imali značajno veći skor onesposobljenosti, jačinu bola u nozi, manji obim pokreta lumbalnog segmenta kičmenog stuba u pravcu ekstenzije, manje skorove mišićne snage i senzibiliteta ($p < 0.05$) i relativnu promenu debljine TrA (efekat grupe neuropatski vs neneuropatski $p = 0.037$) od ispitanika sa LB bez neuropatskog bola. Ispitivanja pouzdanosti ultrazvučnog merenja ukazuju na dobru ($ICC > 0.60$) do odličnu pouzdanost ($ICC > 0.75$) za istog i između ispitivača (intra i inter-rater) za merenje debljine TrA i LM u miru i kontrakciji, za ispitanike sa LB i zdrave, i za iskusnog i za manje iskusnog ispitivača. Značajna je korelacija između relativne promene debljine TrA pri klinički relevantnoj aktivnosti sa brojnim kliničkim parametrima u grupi sa LB : sa ODS ($p < 0.05$), jačinom bola u leđima i nozi ($p < 0.05$), DN4 skorom ($p < 0.05$), obimom pokreta u lumbalnom segmentu kičmenog stuba ($p < 0.05$), delimično sa MMT skorom na donjim ekstremitetima (levi TrA

$p < 0.05$). Relativna promena debljine LM je kod ispitanika sa LB pokazala manji “korelacioni potencijal”, pa je tako pokazana značajna korelacija sa obimom pokreta (ekstenzijom) u lumbalnom segmentu (levi LM $p < 0.05$) i, delimično, mišićnom snagom donjih ekstremiteta (desni LM $p < 0.05$). Relativne promene TrA i LM su značajno korelirale sa sEMG signalom sa odgovarajućeg mišića kod ispitanika sa LB i zdravih ($p < 0.05$), osim u slučaju levog LM kod ispitanika sa LB ($p = 0.351$). Nakon terapije, kod ispitanika sa LB su značajno smanjio skor onesposobljenosti i jačina bola u leđjima ($p < 0.05$), i povećala se relativna promena debljina TrA (efekat grupe (pre vs posle terapije) $p = 0.0019$)), dok se ona nije promenila za LM. Prateći oporavak u okviru grupe sa LB nakon 6 nedelja terapije, između ispitanika sa i bez neuropatskog bola, zaostaje značajna razlika u veličini DN4 skora, skora senzibiliteta za dodir i jačine bola u nozi ($p < 0.05$). Ispitujući odnos raznih kliničkih parametara nakon terapije (ishod rehabilitacije) sa relativnom promenom debljine TrA i LM pre terapije, pokazan je da su relativne promene debljine ova dva mišića pri relevantnoj aktivnosti na početku ispitivanja bile zadovoljavajće prediktor Oswestry Disability skora (ODS) i nekih kliničkih parametara koje ispitujeemo u svakodnevnoj kliničkoj praksi (obima pokreta, MMT i skora senzibiliteta), ali ne i prediktor jačine bola nakon 6-nedeljne terapije.

Zaključak: Ultrazvučno merenje debljine u miru, kontrakciji i promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum je pouzdan i precizan metod merenja u grupi ispitanika sa LB i zdravih, za jednog i između ispitivača. Relativna promena debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum je značajno različita između ispitanika sa LB i zdravih. Relativna promena debljine m.transversus abdominis, i u manjoj meri, m.multifidus lumborum značajno korelira sa brojnim kliničkim parametrima, pokazateljima bola i onesposobljenosti izazvanom lumbalnim bolom. Rezultati korelacije između relativne promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum kod zdravih i ispitanika sa LB sa sEMG odgovarajućih mišića ukazuju da možemo da razmotrimo njihovu upotrebu kao objektivnu meru aktivnosti ove muskulature. Relativna promena debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum su zadovoljavajće prediktor Oswestry Disability skora (ODS) i nekih od kliničkih parametara koje ispitujeemo u svakodnevnoj kliničkoj praksi, ali ne i jačine bola nakon 6-nedeljne terapije. Rano uvođenje ciljanog jačanja m.transversus abdominis u bezbednim položajima, bi mogao da bude značajan doprinos kineziterapijskom tretmanu pacijenata sa lumbalnim bolom.

Ključne reči: lumbalni bol, onesposobljenost, motorna kontrola, m.transversus abdominis, m.multifidus lumborum, klinička merenja, ultrazvučna merenja

CORRELATION BETWEEN CLINICAL AND FUNCTIONAL WITH ULTRASOUND FINDINGS OF DEEP STABILIZING MUSCLES OF LUMBAR SPINE IN SUBJECTS WITH LOW BACK PAIN

Olivera Č. Djorđević

ABSTRACT

Background and aim: Low back pain (LBP) is a highly prevalent clinical syndrome with a heterogenous etiological background. It is usually stated that the acute low back pain has a good natural history and that approximately 10% of these subject develop a chronic form of LBP (cLBP). Recent studies suggest that 82% of non recent-onset patients suffer pain one year later. Even if the prevalence remained within the less pessimistic ranges, recurrent and chronic LB would still represent significant phenomenon with significant socio-economic impact and disease burden which tends to increase in future. The incidence of cLBP could be influenced by the initial evaluation and treatment in the acute phase of LBP. Judging by the estimation of activity limitation and work absence due to cLPB, we have not fully mastered the treatment of the cLBP. The recommendation for therapy are relatively inconsistent and not sufficiently evidence-based. Unfortunately, the evolution from acute to chronic LBP is not completely clarified. CLBP is associated with muscle weakness and disability in the activity of daily living and activities. One of the factors associated with the occurrence of cLBP is incompetent motor control of the muscles that act as deep stabilizers of the lumbar spine, especially transversal abdominal (TrA) and lumbar multifidi (LM) muscle. Structural and functional changes have been identified in these muscles in subjects with cLBP.

Unfortunately, routine clinical tests can not give us the full insight into their function. Fine needle electromyography, which is the gold standard in estimation the level of muscle function, is not suitable for deep trunk muscles. So far, the objective assessment of these muscles structure and function in routine clinical practise and research designs which require a larger sample of subjects was not easily feasible. Apart from the described insufficient motor control of the muscles that act as key lumbar stabilizers and cLBP, we do not know whether their morphological and functional deficits, are primary event or adaptive behavior regarding to pain occurrence. We are also not aware if there is any relationship between the most significant clinical phenomenons which we examine in routine clinical practice and by which are we guided while tailoring therapy strategies in subject with LBP, and structural and functional changes in TrA and LM. Attempting to clarify this relationship, the primary aim of

this study was to examine the relationship between the clinical parameters, electromyography and measures of transversal abdominal and lumbar multifidi muscle activation acquired by ultrasound. Secondary aims were examining the reliability of measures of these muscles acquired by ultrasound at rest, contraction in subject with and without LBP, establishing the difference in the level of activation of TrA and LM during clinically relevant contraction between subjects with and without LBP, recovery of subjects with cLBP after therapy and examining the relationship between the the outcome of the rehabilitation treatment and baseline relative thickness change of TrA and LM acquired by ultrasound.

Methods: This clinical study before- after was conducted at Rehabilitation Clinic „dr Mirsoslav Zotovic“ in Belgrade, Serbia during 2012/2013. From a total of 292 subjects who were tested for eligibility (194 with, 98 without LBP) 70 subject with and 41 without LBP met the eligibility criteria. Exclusion criteria were: age > 18, pregnancy, fractures, surgery, tumors and inflammatory spinal disease, spina bifida, advanced forms of spinal deformities, hip disease, neuromuscular disorders, corticosteroid therapy in recent 30 days prior to the inclusion in the study. We acquired the following data: demographic (age, sex, education level), anthropometric (body mass and weight), clinical data related to pain (low back pain and leg pain intensity self-rated according to visual analog scale, duration of pain, the neuropathic pain component using Neuropathic Pain Questionnaire DN4), disability due to LBP rated according to Oswestry Disability Questionnaire, depression score according to Beck Depression Inventory, set of standard clinical examination for LBP (range of motion of lumbar spine, assessed by flexible goniometers; muscle strength and sensibility in lower extremities assessed by ASIA scores, straight leg test), surface electromyography signal acquired from TrA and LM and the thickness of TrA and LM at rest and during clinically relevant activity acquired by the ultrasound. The relative thickness change was calculated based on absolute muscle thickness measured at rest and contraction. After the baseline measurement, all the subject with low back pain were treated by instructions for protection of their low back and advice about activities of daily living and health behaviours, application of modalities (transcutaneous electrical nerve stimulation and low level laser therapy) during 3 weeks and core strengthening exercises during 6 weeks. 27 subject with LBP were retested after the therapy. Statistical analysis: For descriptive purposes, each dependent variable was presented as mean \pm SD calculated as the average across the two raters and 3 study days. Because our aim was to evaluate the agreement within and between the two raters, a two-way mixed model ICC_{2,k} was selected. T test, Hi square test and exact Fisher test (contingency

table 2x2) were applied for estimating the difference between LBP and healthy subjects in demographic, anthropometric and clinic characteristics. Repeated measures (in rest and contraction) ANOVA with side (right/ left) and groups (LBP/ healthy) as factors is conducted for estimating the effects of the two factors on the LM and TrA thickness at rest and contraction. ANOVA with side and group as factors is conducted for estimating the effects of the two factors on the LM and TrA relative thickness change . Two way ANOVA was calculated for estimating the effects of the group and side on relative thickness change and normalized EMG amplitudes of TrA and LM. The effect size for students t test was calculated as Cohens' s d, and for two way ANOVA was calculated as partial η^2 and interpreted according to Cohen's benchmarks. Students's t tests for two dependants samples , Wilcoxon signed-rank test and two way ANOVA were applied for estimating the difference in clinical and echosonographic parameters in LBP before and after the therapy. Pearson and Spearman coefficient of correlation were calculated for evaluating the relation between muscle's relative thickness change with clinical parameters and normalized EMG signal amplitude for the corresponding muscle on each side for LBP and healthy subjects. Regresion analysis was conducted for evaluation the relationship between the relative thickness change of TrA and LM before and clinical characterisctis after the therapy.

Results: Subject with LBP had significantly different clinical parameters (lumbar range of motion, muscle strength and sensibility score: $p < 0.05$) comparing to healthy group, sEMG signal amplitudes (group effect (LBP vs nonLBP) for TrA $p < 0.000$, for LM $p = 0.0173$ and relative thickness change for TrA and LM(group effect (LB vs nonLBP) for TrA $p < 0.0001$, for LM $p = 0.01$). Subjects with LBP and neuropathic pain had significantly higher Oswestry Disability Score, low back pain and leg pain intensity, smaller lumbar range of motion, muscle strength and sensibility scores ($p < 0.05$) and smaller relative thickness change for TrA (group effect (neuropathic vs nonneuropathic $p = 0.037$) from LBP subjects without neuropathic component. The reliability analysis indicates good ($ICC > 0.60$) to excellent ($ICC > 0.75$) inter- and intra-rater reliability of ultrasound imaging measures of TrA and LM thickness during rest and contraction in LBP and healthy subjects for both the experienced and the novice rater. Low measurement errors ($SEM < 1\text{mm}$) provide reliable indicators for determining a true change in thickness over time. We found significant correlation between relative thickness change of TrA and ODS ($p < 0.05$), low back pain and leg pain intensity ($p < 0.05$), DN4 score ($p < 0.05$), lumbar range of motion ($p < 0.05$), partially with muscle strength score in lower extremities (left TrA $p < 0.05$). The relative thickness change of LM

significantly correlated with the lumbar extension (left LM $p < 0.05$) and partially with the muscle strength score (right LM $p < 0.05$). Relative thickness change of TrA and LM significantly correlated with the EMG signal from the corresponding muscle in both LBP and healthy subjects ($p < 0.05$), except for left LM in LB group ($p = 0.351$).

After the therapy, subjects with LBP had significantly lower disability score, back pain and leg pain intensity ($p < 0.05$), and increased relative thickness change of TrA (group effect (before vs. after therapy) $p = 0.0019$), while it did not change for LM. LBP subject with neuropathic pain have significantly higher DN4 score, lower sensibility and higher pain intensity ($p < 0.05$) comparing to LBP subjects without neuropathic pain, after the therapy. Examining the relationship between the outcome of the treatment and baseline relative thickness change of TrA and LM, we found that the relative thickness change of TrA and LM may have some predictive validity for disability score and clinical parameters such as lumbar range of motion, muscle strength and sensibility scores, but not for pain intensity after the 6 weeks of treatment.

Conclusion: Ultrasound imaging measurement of thickness of transversal abdominal and lumbar multifidi muscle at rest, contraction and for relative change of the thickness is reliable and precise method in LBP and healthy subjects, inter- and intra-rater. The relative thickness change of transversal abdominal and lumbar multifidi muscle is significantly different between LBP and healthy subjects. The relative thickness change of TrA, and to a lesser degree, of LM, significantly correlates with the clinical parameters, pain intensity and disability. Correlation results between by ultrasound imaging acquired relative thickness change of transversal abdominal and lumbar multifidi muscle with the sEMG signal from the corresponding muscle during relevant activity imply that we could consider the use of relative thickness muscle change of these muscles as the objective measure of their activation level. Baseline relative thickness change may have some predictive validity for the disability score and some parameters of clinical outcome, but not for the pain intensity after the 6 weeks of treatment. Adopting the transversal abdominal muscle training in automatic activation improvement and strengthening early in rehabilitation treatment may have beneficial effects in LBP patients.

Keywords: low back pain, disability, motor control, transversal abdominal muscle, lumbar multifidi muscle, clinical measurements, ultrasound imaging measurementse, clinical measurements, ultrasound imaging measurements

Sadržaj

| | |
|---|-------------------------|
| 1. Uvod | 1 |
| 1.1 Epidemiologija | 1 |
| 1.2 | Etiologija 2 |
| 1.3 Patofiziologija degenerativnog oštećenja kičmenog stuba | 3 |
| 1.4 Klinička slika i terapija | 4 |
| 1.5 Bol i motorno ponašanje | 6 |
| 1.6 Ultrazvučna evaluacija dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba | 7 |
| 1.7 | Radna hipoteza 14 |
| 1.8 | Ciljevi istraživanja 15 |
| | |
| 2. | Metod 16 |
| 2.1 | Ispitanici 16 |
| 2.2 | Procedura 19 |
| 2.3 Statistička | obrada podataka 28 |
| | |
| 3. Rezultati | 32 |
| 3.1 Demografski i antropometrijski podaci | 32 |
| 3.2 Pouzdanost i greške UZ merenja | 37 |
| 3.21 Pouzdanost merenja između dva ispitivača za prosečna merenja tokom tri dana (dani 1-3) | 38 |
| 3.22 Pouzdanost merenja za istog ispitivača (intra-rater reliability) (dani 1-3) | 39 |
| 3.23 MDC ₉₅ za istog i između ispitivača | 39 |
| 3.24 | Bland-Altman analiza 40 |
| 3.3 Značajnost razlika između grupe sa lumbalnim bolom i zdravih ispitanika | 44 |
| 3.31 Demografski i antropometrijski podaci | 44 |
| 3.32 Razlike između LBP i zdravih po kliničkim, funkcionalnim, EMG i UZ merama | 44 |
| 3.33 Motorni skor (MMT) i skorovi senzibiliteta (Sd, Sb)..... | 44 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.34 | Obimi pokreta u LS segmentu kičmenog stuba | 44 |
| | | |
| 3.35 | EMG | 45 |
| | | |
| 3.36 | Debljine mišića merene ultrazvukom | 45 |
| | | |
| 3.37 | Razlike između DN4+ i DN4- ispitanika sa lumbalnim bolom | 48 |
| | | |
| 3.4 | Korelacija debljine TrA i LM sa starošću, indeksom telesne mase, kliničkim parametrima (onesposobljenošću, jačinom bola, testom istezanja, obimom pokreta LS, MMT, senzibilitetom, BDI skorom, DN4 skorom, EMG) | 50 |
| | | |
| 3.41 | Korelacija debljine i promene debljine mišića sa starošću | 50 |
| | | |
| 3.42 | Korelacija sa indeksom telesne mase (BMI) | 50 |
| | | |
| 3.43 | Korelacija UZ sa ODS | 53 |
| | | |
| 3.44 | Korelacija UZ sa jačinom bola u leđjima i nozi | 53 |
| | | |
| 3.45 | Korelacija UZ sa obimom pokreta u LS segmentu kičmenog stuba, MMT skorom, skorovima senzibiliteta, testom istezanja | 56 |
| | | |
| 3.46 | Korelacija UZ sa DN4 skorom za neuropatski bol | 60 |
| | | |
| 3.47 | Korelacija UZ sa skorom depresivnosti BDI | 60 |
| | | |
| 3.48 | Korelacija UZ između TrA i LM | 60 |
| | | |
| 3.49 | Ostale korelacije između funkcionalnih i kliničkih mera | 62 |
| | | |
| 3.5 | Oporavak subjekata sa LBP | 63 |
| | | |
| 3.51 | Razlika između ispitanika sa LB pre i posle terapije | 63 |
| | | |
| 3.52 | Razlika između ispitanika sa LB nakon terapije i zdravih | 67 |
| | | |
| 3.53 | Korelacija između promene debljine mišića pre i posle terapije kod ispitanika sa LB | 69 |
| | | |
| 3.54 | Odnos promene debljine mišića pre terapije sa kliničkim parametrima nakon terapije u grupi sa LB | 70 |
| | | |
| 4. | Diskusija | 74 |
| | | |
| 4.1 | Pouzdanost UZ merenja debljine TrA i LM | 74 |
| | | |

| | |
|--|------------|
| 4.11 Pouzdanost merenja za istog i medju ispitivačima (Inter- and intra-rater reliability) | 75 |
| | |
| 4.2 Razlike izmedju ispitanika sa LB i zdravih | 77 |
| 4.3 Korelacija izmedju UZ i kliničkih parametara | 80 |
| 4.31 Korelacija izmedju UZ merenja i površinskog EMG signala | 83 |
| 4.4 Oporavak | 86 |
| 5. Zaključak | 90 |
| 6. Literatura | 91 |
| 7. Prilozi | 104 |

1. Uvod

Lumbalni sindrom obuhvata grupu različitih oboljenja i poremećaja čiji je zajednički simptom bol u lumbalnom ili lumbosakralnom segmentu kičmenog stuba, sa ili bez iradijacije u donje ekstremitete. Predstavlja jedan od najučestalijih bolnih sindroma (118). Najčešće je izazvan degenerativnim oboljenjima intervertebralnih zglobova lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba (21).

1.1 Epidemiologija

Procenjeno je da oko je 9.2% svetske populacije pogodjeno lumbalnim bolom (146), a da, u proseku, 70% (103) ljudi u razvijenim zemljama pati od njega. Nove epizode lumbalnog bola se duplo češće događaju ljudima koji su ranije patili od njega. Najugroženija populacija je u uzrasnoj grupi 25 – 64 godine (149). Trajanje akutne epizode lumbalnog bola ce često završi unutar 3-4 nedelje (21, 81). Medjutim, kod 42 do 75% pacijenata sa akutnim lumbalnim bolom, on se ponovo javlja unutar prvih 12 meseci, a kod još toliko nakon prvih godinu dana (2, 47, 142) dok u oko 10% zadobija hronični karakter (21). Nameće se pretpostavka da bi, medju razlozima za to, mogli da budu i nedostaci u proceni i lečenju pacijenata u akutnoj fazi LB. Hronični lumbalni sindrom je najčešći razlog radne nesposobnosti kod ljudi mlađjih od 45 godina (114), pri čemu povratak na posao nakon 6 meseci bolovanja zbog lumbalnog sindroma iznosi manje od 50%, a šansa za povratak na posao nakon 2 godine je skoro jednaka nuli (139). Ako se uzme u obzir da je ovo jedan od najčešćih razloga za odlazak kod lekara uopšte, kao i da je jedna od najčešćih indikacija za operativno lečenje, jasno je da ovo stanje ima ogromne socioekonomske posledice. Tako je u jednoj sistematskoj analizi globalnog opterećenja bolestima procenjeno da je lumbalni bol medju 10 bolesti i povreda sa najvećim brojem DALYs (*disease-adjusted life years*, mera ukupnog opterećenja bolešću, usvojena od strane Svetske Zdravstvene Organizacije, izražena brojem godina izgubljenih zbog bolesti, onesposobjenosti ili rane smrti) (138).

1.2 Etiologija

LB je izazvan degenerativnim promenama intervertebralnih zglobova (nespecifični lumbalni sindrom) u najvećem (oko 85%) broju slučajeva (21), prolapsom intervertebralnog diskusa (1-3%) (21), spondilolistezom, tumorima ili sekundarnim tumorskim depozitima (oko 1%) (21), kompresivnim frakturama pršljenova torakolumbalnog prelaza i lumboskaralnog segmenta kičmenog stuba (4%) (21), infekcijama (najčešće tuberkulozni spondilodiscitis zastupljen u oko 1-5% populacije) (128) sa i zapaljenskim bolestima lumbalne kičme (ankilozirajući spondilitis) (4). (tabela1).

Tabela 1. Etiološki faktori lumbalnog bola

| Spinalni mehanički uzroci | Spinalni uzroci ne-degenerativne etiologije | Ekstraspinalni uzroci |
|--|---|---|
| Istegnuća i prenaprezanja | Neoplazme | Bolesti male karlice (prostatitis, endometrioza, upalni procesi jajnika i jajovoda) |
| Degenerativno oboljenje kičmenog stuba (intevertebralni diskus, faset zglobovi, difuzna hiperostoza) | Infekcije (TBC, herpes zoster, borelioza) | Renalne bolesti (nefrolitijaza, pijelonefritis, perinefritični abscess) |
| Spondilolisteza Stenoza spinalnog kanala | Inflamatorni artitisi i autoimune bolesti (ankilozantni spondilitis, seronegativne artropatije) | Vaskularne bolesti (aneurizma aorte, aortoilična stenoza) |
| Frakture | Osteohondroza | Gastrointestinalne bolesti (holecistitis, pancreatitis, perforacija debelog creva) |
| Kongenitalne deformacije (skolioza, kifoza) | Pedžetova bolest | |

Tabela modifikovana prema (7)

1.3 Patofiziologija degenerativnog oštećenja kičmenog stuba

Degenerativno oštećenje kompleksa intervertebralnih zglobova, sa ili bez migracije intervertebralnog diskusa, je najčešći etiološki faktor lumbalnog bola. Degeneracija intervertebralnog diskusa i zigoapofizealnih (fasetnih) zglobova je komplikovan biološki proces, koji zavisi od genetskih osobenosti, mehaničkog opterećenja i nutritivnih faktora (99-100). Verovatno nastaje u miljeu poremećene ravnoteže između anaboličkih i kataboličkih procesa metabolizma u intervertebralnim zglobovima, koji rezultuju smanjenjem sadržaja vode i degradacijom makromolekula proteoglikana iz intervertebralnog diskusa. Na ovaj način, smanjuje se visina intervertebralnog diskusa, njegova rezistencija na ponavljana ekscentrična i torziona opterećenja i njegov potencijal za zarastanje mikrolezija. Sa redukcijom visine diskusa, biomehanička osovina opterećenja lumbalnog segmenta kičmenog stuba se pomera unazad, na zadnje artikularne intervertebralne strukture tj. fasetne zglobove. Oni, na ovaj pojačani biomehanički stres, reaguju koštanim rastom u formi osteofita, u cilju stabilizacije kompleksa intervertebralnih zglobova. Rekurentna mikrotrauma lakše dovodi do češćih cirkumferencijalnih i/ili radijalnih ruptura anulus fibrosus intervertebralnog diskusa, koji se ne repariraju u dovoljnoj meri. To može da dovede do odvajanja pokrovnih ploča intervertebralnih zglobova, čime se kompromituje difuzija vode i malih molekula u intervertebralni diskus, a to znači još lošije hidriranje i ishranu intervertebralnog diskusa. Kroz ove pukotine može da dodje do migracije nucleus pulposus u epiduralni prostor, što dalje dovodi do iritacije i kompresije neuralnih struktura. Hipertrofija fasetnih zglobova i koštanih ivica pokrovnih ploča kičmenih pršljenova doprinose stenozi intervertebralnog otvora i kičmenog kanala. Sa zadebljanjem ligamenta flavuma i migracijom intervertebralnog diskusa i dalje se sužavaju prostori kroz koje prolaze nervne strukture ovog segmenta.

Obim degenerativnih promena na intervertebralnim zglobovima nije u direktnoj srazmeri sa pojavom i intenzitetom spinalnog i/ili radikularnog bola, pa je klasičnom, mehaničkom tumačenju etiologije spinalnog bola, pridružena i kombinovana inflamatorno-mehanička teorija (3, 99). Biohemijska i neurofiziološka ispitivanja degenerativno izmenjenog intervertebralnog segmenta su pokazala lokalno prisustvo neuropeptida (supstance P, calcitonin gene related peptid, vazoaktivnog intestinalnog peptida) i inflamatornih biohemijskih faktora (interleukina IL1, IL6, IL10, tumor necrosis factor alfa i prostaglandina

E2, proteaza, kolagenaza, azot monoksida) (3,100). Ovi faktori mogu da iniciraju i da prodube inflamatorna oštećenja lokalnih struktura, ali i da modulišu intenzitet i trajanje bolnih signala. U prilog ovoj kombinovanoj teoriji govore i histološke studije bolnih degenerisanih intervertebralnih diskusa koje su pokazale prisustvo inflamatornog granulacionog tkiva, sa opsežnom neoinervacijom duž ruptura u anulus fibrosusu (120) i masivnom ekspresijom nekih faktora rasta (90, 99, 126) .

U ostale razloge lumbalnog bola, spadaju iritacija sinovertebralnog nerva, pojava miofascijalnog bola u lokalnoj muskulaturi (41) , kao i razvoj neuropatskog bola (41). Na žalost, ne postoje klinički instrumenti kojima bi mogli da povežemo aktuelnu kliničku sliku sa mehanizom nastanla lumbalnog bola.

1.4 Klinička slika i terapija

Glavne kliničke forme lumbalnog sindroma su akutna, subakutna i hronična, uključujući i hroničnu rekurentnu. Iako su akutna i subakutna faza više definisani kliničkim simptomima i znacima, a manje trajanjem, većina autora smatra da se lumbalni bol (LB) koji traje duže od 12 nedelja može smatrati hroničnim (21). U kliničkoj slici LB dominira bol, koji može da bude unilateralan ili obostran, bilo gde u predelu od 12.-og rebra do infraglutealne brazde (76) i smanjena izdržljivost u osnovnim životnim aktivnostima. Hronični LB, osim bola, dominantno karakterišu slabost mišića i funkcionalna onesposobljenost. Mišićna slabost u hroničnom lumbalnom bolu je složen fenomen, koji može da bude posledica smanjene aktivnosti pacijenta ili neupotrebe, neuromodulatornog nociceptivnog uticaja na motornu kontrolu na spinalnom i supraspinalnom nivou, kao i zbog direktne iritacije spinalnih nervnih korenova u okviru radikulopatske lezije. Funkcionalna onesposobljenost podrazumeva redukciju ili značajnu modifikaciju aktivnosti dnevnog života pacijenta, i prekid složenijih i socijano rekreativnih aktivnosti tokom dužeg vremenskog perioda. Funkcionalna onesposobljenost u hroničnom LB je nedovoljno istražen fenomen, na čiji razvoj verovatno utiču hronični bol, mišićna slabost, premorbidna patološka stanja i psihosocijalni uticaji (71).

LB može da bude praćen radikulopatijom, odnosno radikularnim simptomima i znacima (bol, senzitivni fenomeni duž lumbosakralnih dermatoma, slabost u lumbosakralnim miotomima), poremećajem funkcije mokraćne bešike i debelog creva. Patofiziologija radikulopatije nije u potpunosti razjašnjena. Predloženi mehanizmi su kompresija spinalnog nerva sa aksonalnom disfunkcijom, ishemija, inflamacija, i biohemijski uticaji. Za razliku od drugih perifernih nerava, propustljivost krvno-nervne barijere u spinalnim korenovima nije baš tako strogo

kontrolisana, pa bi i efekti pomenutih mehanizama na kičmene korenove mogli da budu agresivniji.

Dijagnoza LB se postavlja na osnovu anamneze, kliničkog pregleda, dopunskih dijagnostičkih procedura koje podrazumevaju metode vizuelizacije LS segmenta kičmenog stuba i lokalnih mekih tkiva i neurofiziološka ispitivanja. Široko je prihvaćen algoritam dijagnostike LB prema kome se neuroradiološko ispitvanje tipa magnetne rezonance indikuje kod pacijenata sa simptomima koji traju duže od mesec dana a da nisu operisani, povrednjeni, sa osteoporozom ili na dugotrajnoj terapiji kortikosteroidima; magnetna rezonanca se hitno indikuje kod prisustva sindroma caudae equinae, težeg ili progresivnog neurološkog deficita, sumnje na tumore, infekcije. U slučaju sumnje na kompresivnu frakturu ili ankilozirajući spondilitis indikuje se radiografija LS segmenta kičmenog stuba (21).

Konzervativne (nehirurške) terapijske mere sastoje se u medikamentoznoj terapiji (paracetamol, nesteroidni antiinflamatorni lekovi, opioidi, mišićni relaksanti, antidepresivi, heterogena grupa analgetika koji ciljaju na neuropatski bol u koje spadaju antiepileptični lekovi kao karbamazepin, gabapentin, injekcije anestetika i kortikosteroida, epiduralne injekcije kortikosteroida, monoklonska antitela protiv tumor necrosis factor -alfa), kineziterapijskom tretmanu (jačanje mišića stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba sa ili bez ultrazvučkog ili EMG *biofeedback*-om, direkciono specifične vežbe, brojne autorizovane tehnike, škole ledja), fizikalni agensi, spinalna manipulacija, akupunktura. Hirurško lečenje podrazumava dekompresione i fuzione procedure na spinalnom dinamičkom segmentu (dva susedna pršljena i pripadajući intervertebralni zglobovi). Klasično navodjene indikacije za operaciju su prisustvo sindroma caudae equinae, progresija neurološkog deficita i hronični jak bol u trajanju od 6 meseci koji se ne kupira konzervativnom terapijom (98).

Za razliku od akutnog lumbalnog sindroma koji se uglavnom efikasno leči i ima povoljnu prognozu, hronični lumbalni sindrom predstavlja složeniji terapijski problem. Fokus lečenja u akutnom LB je bol. Međutim, kardinalne karakteristike hroničnog LB, dugotrajan bol, mišićna slabost, funkcionalna onesposobljenost i psihosocijalno opterećenje, očekivano, čine njegovu terapiju složenijom, a uspeh lečenja manje izvesnim. Lečenje hronične forme LB je multimodalno, a u najkonzistentnije terapijske preporuke spadaju multidisciplinarni pristup, informisanje pacijenta (edukacija), vežbe, fizikalne i psihološke intervencije (kognitivno-bihejvioralna, relaksacija, suportivna, savetovanja) (101,146). Iako je kvalitet, na dokazima zasnovanih terapijskih smernica sve bolji, eksplicitne preporuke su nedovoljno precizne,

posebno kada se radi o kineziterapijskim postupcima, gde se suočavamo sa nedovoljno jasno definisanim indikacijama za različite kineziterapijske pristupe (stabilizacija vs. mobilizacija vs. direkciono specifične vežbe vs. trakcije). Činjenica je da, uprkos velikoj učestalosti i značajnom socio-ekonomskom uticaju, i dalje ne raspolažemo optimalim terapijskim strategijama u rešavanju hroničnog lumbalnog bola. Iako se većina pacijenata sa akutnim LB obezboli nakon primljene terapije, kod 34% će se javiti nove epizode bola koje će zahtevati ponovnu terapijsku intervenciju (142). Na žalost, mi ne znamo kod kojih će se pacijenata razviti rekurentna ili hronična forma ovog stanja. Razlog za ovo je nedovoljno razjašnjena etiopatogeneza evolucije LB u hroničnu formu.

1.5 Bol i motorno ponašanje

O povezanosti između fenomena bola i motornog ponašanja verovatno smo najviše saznali iz studija faktora evolucije LB u hroničnu formu. Ona se odvija se u kompleksnom miljeu brojnih i nepotpuno definisanih faktora, a na terenu degenerativno izmenjenog intervertebralnog diskusa, fasetnih i sakrolijačnog zgloba (11) kao verovatnih primarnih generatora bola. Ti faktori se mogu grupisati kao neuropatofiziološki, psihološki i tzv. faktori prepreke oporavku (tabela 2) (91). Među neuropatofiziološkim faktorima najčešće se navode poremećaj kontrole motorne kontrole (koje vodi u motorne obrasce koji će provocirati bol ili u izbegavanje aktivnosti) , slabost mišića stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba i patološko pojačanje osećanja bola po tipu periferne i/ili centralne senzitivacije, odnosno patološkog pojačanja bola u uslovima relativno kontinuirane nocicepcije. Psihološki faktori su grupisani kao bihevioralni, kognitivno-afektivni i psihofiziološki. Bihevioralni faktori podrazumevaju patološka ponašanja koja su posledica bola i smanjene pokretljivosti, a najčešće se u kliničkoj praksi sreću kao katastrofična razmišljanja (*catastrophising*) i izbegavanje aktivnosti zbog straha od pojačanja bola provociranog pokretom. Najvažniji kognitivno-afektivni faktor je depresivno ponašanje. Depresija i hronični bol su međusobno isprepletani entiteti, čija međuzavisnost i klinička slika mogu sinergistički biti pojačani i sličnim biohemijskim fenomenima u nervnom sistemu koji karakterišu oba patološka stanja. Među psihofiziološke mehanizme spadaju bolom izazvana generalizovana mišićna hiperaktivnost koja vodi u zamor i različite bolne sindrome kakve su tenziona mijalgija i tenziona glavobolja. U grupi faktora koji ometaju oporavak spadaju premorbidna stanja

(hronične bolesti, psihijatrijski poremećaji, povrede glave, kognitivni deficiti) i socijalni, koji se odnose na nezadovoljstvo i poremećaje u poslovnoj, u porodičnoj, legislativnoj, finansijskoj sferi.

Tabela 2. Faktori hroničnog lumbalnog bola LB , modifikovano prema (91)

| Neurofiziološki faktori | Psihološki faktori | Faktori prepreke oporavku |
|--|---|---|
| Poremećaj motorne kontrole | Bihevioralni (<i>catastrophising</i> , strah od pokreta i izbegavanje aktivnosti) | Premorbidna stanja (hronične bolesti, psihijatrijske bolesti) |
| Maladaptivni motorni odgovor | Kognitivno – afektivni (depesija) | Socijalni : porodična poslovna finansijska legislativna |
| Slabost stabilizatora LS segmenta Senzitizacija periferna centralna | Hipervigilanca | |

Faktor koji je često udružen sa evolucijom toka lumbalnog sindroma u hronični ili hronični rekurentan, je poremećaj motorne kontrole mišića koji su odgovorni za održavanje stabilnosti lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba.

1.6 Ultrazvučna evaluacija dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba

Muskulatura kojoj se pripisuje uloga stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba je paravertebralna (m.longissimus dorsi, m.erector spinae, mm.multifidii) i trbušna muskulatura (m.rectus abdominis, m.obliquus externus, m.obliquus internus i m.transversus abdominis) (20) ali ključni doprinos funkciji stabilizacije potiče od mm.multifidi (LM) i m.transversus

abdominis (TrA), (54, 55 , 87). Na žalost, s obzirom na anatomsku lokalizaciju i funkciju ovih mišića, uobičajni klinički testovi ne pružaju dovoljan uvid u stanje trofike i , posebno, funkcije ovih mišića. Premda se, za sada ne može tvrditi da je reč o uzročno-posledičnoj vezi, u brojnim studijama njihove morfologije, morfometrije i funkcije, je dokazan poremećaj strukture i motorne kontrole ovih mišića kod ispitanika sa lumbalnim bolom. Tako su kod ispitanika sa LB su pokazani sledeći strukturni poremećaji: hipotrofija (17, 27, 49, 63, 141), pojačana masna infiltracija (96), zadebljanje i poremećaj arhitektonike fascijalnih struktura oko ovih mišića (77), abnormalna distribucija brzih i sporih mišićnih vlakana u njima (82). Veza između prisustva bola i poremećaja funkcije mišića, koji se ogleda u motornoj diskoordinaciji, je pokazana u raznim hroničnim bolnim muskuloskeletnim poremećajima, kao što su LB (5, 55, 150) i bol u kolenu (14 , 24). Ovi poremećaji mišićne koordinacije se održavaju u opisanim hroničnim stanjima i nakon povlačenja epizode bola, pa hipotetički, mogu uticati na hroničnu ili rekurentnu pojavu bolova i onesposobljenosti tipičnim za navedena stanja. (59 , 134). Insuficijentna motorna kontrola hipotroficne muskulature izlaže vertebralne segmente abnormalnim silama smicanja pri uobičajenim aktivnostima dnevnog života. Poznata, privlačna i logična Panjabijeva hipoteza (20) o spinalnom stabilizacionom sistemu koga sačinjavaju pasivni muskuloskeletni podsistem (kičmeni pršljenovi, međjpršljenjski zglobovi, zglobne kapsule, intervertebralni diskusi i kičmeni ligamenti), aktivni podsistem (mišići i tetive oko kičmenog stuba) i podsistem neuralne kontrole (proprioceptori pokreta i sile u ligamentima, tetivama, mišićima i centralna neuralna kontrola) pretpostavlja da insuficijencija na nekom od ovih podsistema, koja nije adekvatno kompenzovana, može da dovede do spinalne nestabilnosti, hronične disfunkcije i bola (20) .

U prilog ovoj hipotezi govore poremećaji motorne kontrole stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba, kako na perifernom, efektorskom, tako i na centralnom, kortikalnom nivou kod ispitanika sa hroničnom formom LB. Tako je pokazano da je sekvenca anticipatorne aktivacije mišića trupa , koja je deo normalne preparatorne spinalne aktivnosti pred pokrete ekstremiteta (56, 57), narušena tj usporena kod ispitanika sa hroničnim LB i za LM (80) i za TrA (55, 56 , 57). Istovremeno, studije transkranijalne magnetne stimulacije kod ispitanika sa hroničnim LB pokazale su redukovanu centralnu aktivnost za m. erector spinae tokom maksimalne voljne kontrakcije (19), pomećenu reprezentaciju za TrA u motornoj kori (130) koja se restituiše nakon ciljanog uvežbavanja obrasca aktivacije ovih mišića; šta više, ova restoracija kortikalne reprezentacije TrA nakon vežbi za jačanje stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba, koincidira sa normalizacijom anticipatorne sekvence njihove aktivacije (129,

131). Klinički značaj ovog nalaza je naglašen rezultatima studije prema kojima je ova vrsta motornog učenja udružena i sa redukcijom bola i onesposobljenosti kod ispitanika sa hroničnim LB (35).

Kao što smo već spomenuli, uobičajeni klinički testovi nam ne dalju dovoljno informacija o funkciji dubokih stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba. Za sada, zlatni standard u evaluaciji mišićne funkcije, uopšte, je elektromiografija (EMG). Funkcija TrA i LM je evaluirana iglenom EMG tokom specifičnih aktivnosti u kontrolisanim laboratorijskim uslovima kod zdravih i ispitanika sa LB. (56, 57, 58, 80). Igljeni EMG je invanzivna procedura, koja zahteva posebno edukovano osoblje i kao takva, nije pogodna za rutinsku kliničku praksu ili istraživački dizajn koji podrazumeva ispitivanje većeg broja subjekata. Pored toga, to nije idealna metoda za ispitivanje aktivnosti većeg uzorka mišićnog tkiva (5, 34, 55, 60, 150). Zbog ovih ograničenja u primeni iglenog EMG-a, površinski EMG (sEMG) m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) se pojavljuju kao alternativa. Iako nedvosmisleno lakši za aplikaciju, on mora da se interpretira veoma pažljivo zbog interferiranja iz okolne muskulature tzv. *cross-talk* (59, 134). Najvažniji načini kontrole efekta *cross-talk*-a na validnost sEMG signala je pažljiv odabir pozicije elektroda (senzora) i motornog zadatka koji je specifičan za ispitivani mišić. SENIAM protokol (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) (38, 46) je predložio, između ostalog, i kliničke testove i lokalizaciju površinskih senzora (elektroda) za 30 mišića, uključujući i LM, ali ne i za TrA. Izbor kliničkih testova koji aktiviraju LM, među kojima se nalazi i preporuka SENIAM protkola, se svodi na ekstenziju ledja u raznim pozicijama i vrstama kontrakcije. (38, 46, 56, 69, 92). Na osnovu anatomskih odnosa mišića prednje-lateralnog trbušnog zida (85) i poredjenja amplitude dobijene iglenim i površinskim elektrodama (86) možemo da pretpostavimo da je pozicija senzora neposredno inferomedijalno od *spinae iliaca anterior superior* (SIAS) mesto izbora za registraciju signala površinskim EMG-om za TrA. Što se tiče specifične klinički relevantne aktivacije TrA, pokazano da manevar voljnog uvlačenja prednjeg trbušnog zida (*abdominal draw in*, ADIM) selektivno aktivira TrA (28, 42, 85, 119) i da je aktivnost površnije abdominalne muskulature minimalna tokom ovog motornog zadatka (66, 108, 133).

Ultrazvuk (UZ) je validan i pouzdan metod za procenu debljine i promene debljine TrA i LM kod zdravih ispitanika, i kod subjekata sa LB (66). Validnost UZ dokazana je u komparativnim studijama sa magnetnom rezonancom (MRI), koja je zlatni standard u spektru radioloških tehnika za evaluaciju morfologije mišića (50). Osim što je jeftinija, jednostavnija

i što kraće traje, glavna prednost UZ nad MRI mišića je što obezbedje pregled morfologije i morfometrije u realnom vremenu u miru i tokom kontrakcije, uključujući i dinamičke testove. Ovo može da bude korisno u identifikaciji ispitanika sa strukturnim i /ili funkcionalnim deficitima stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba, evaluaciji ishoda lečenja i obezbedjivanja *feedback*-a tokom terapijskih vežbi. B (brightness) (34, 50, 52, 68, 69, 73, 77, 79 , 124 , 141) i M (motion) (16 , 67, 83 , 88) mod ultravuka su primenjivani za merenje debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum. U B modu, dobijamo statičnu sliku preseka mišića sa čitave površine sonde. Ova slika je adekvatna za analiziranje strukture i dijametara mišića i njegove okoline. U kontinuirano pokretnoj slici dobijenoj u M modu, koja se formira od podataka primljenih od sredine ultrazvučne sonde, hiperehogene fascije i koštano-mišićne granice se bolje vide, što obezbedjuje lakše odredjivanje dimenzija mišića. Tako, M- mod nije idealan za analizu strukture, ali je veoma pogodan za procenu dijametara mišića.

Klasično navodjena mana UZ pregleda muskuloskeletronog sistema je tzv. *long learning curve*, što neizbežno nameće pitanje pouzdanosti ultrazvučne metode. Drugim rečima, da bi bili sigurni u interpretaciju rezultata merenja ultrazvukom, potrebno je da prethodno ustanovimo stepen pouzdanosti merenja. Ključni aspekti pouzdanosti merenja su ekvivalentnost i stabilnost rezultata. Ekvivalentnost podrazumeva stepen usaglašenosti izmedju merenja različitih ispitivača u isto vreme (*inter-rater reliability*), dok stabilnost predstavlja stepen usaglašenosti izmedju ponovljenih merenja istog ispitivača (*intra-rater reliability*). Studije pouzdanosti treba da, u najvećoj mogućoj meri, repliciraju uslove realnih merenja koji se odnose na merene varijable, ispitanike, merne instrumente, istraživače i da pravilno odaberu mere pouzdanosti, a to su odgovarajuć tip koeficijenta korelacije unutar klase (*intraclass-correlation coefficient, ICC*) i odgovarajuće apsolutne mere slaganja (standardna greška merenja SEM, minimalna detektabilna promena MDC) kao indikatore prave promene debljine mišića tokom vremena (a ne posledice eventaulne greške merenja). Pouzdanost UZ u merenju debljine TrA i LM je ispitivana u brojnim studijama, bilo izolovano, gde je to bio glavni istraživački cilj (16 , 30 , 52, 73, 79 , 83, 124, 140 , 147) ili kao deo studije (68 , 88 , 105 , 113 , 121 , 135). U principu, sve one pokazuju dobru ili odličnu pouzdanost UZ merenja, ali nas , kao istraživače, ne oslobadja obaveze da proverimo pouzdanost svojih merenja.

Iako se UZ može smatrati pouzdanom i validnom metodom za procenu dijametara i promene dijametara m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum, procena funkcije ovih mišića

na osnovu promene njihove morfometrije procenjene ultrazvukom, do sada se pokazao kao ne tako jednostavan zadatak (15, 25, 34, 61, 64, 69)

Ideja da se ultrazvučna dijagnostika primenjuje za procenu motornog ponašanja potiče od jednostavnog zapažanja da se mišićna morfologija menjaju kada se on aktivira (61). U dosadašnjim dinamičkim UZ studijama mišićne morfologije, praćena su razna obeležja kao što su debljina, dužina, poprečni presek, volumen, dužina fascikulusa, stepen klizanja fascikulusa, ugao penacije (18, 62, 143). Važno pitanje je da li se u kliničkoj i istraživačkoj praksi, pored ili umesto klasičnih mera mišićne aktivacije (elektromiografija, EMG), mogu primenjivati i ultrazvučni pokazatelji ove aktivnosti. Kada se mišić kontrahuje, očekujemo da vidimo defleksiju njegovog EMG signala i uvećanje njegove debljine snimljene ultrazvukom. Međutim, veza između vrednosti zabeleženih amplituda EMG signala i promene mišićne debljine nije tako jednostavna i treba da se sagleda u kontekstu brojnih fizičkih faktora koji utiču na debljinu TrA i LM u miru i tokom kontrakcije (144).

U cilju dobijanja što objektivnijeg alata kojim se procenjuje funkcija ovih mišića, u ne tako velikom broju studija ispitivan je odnos između promene debljine mišića, procenjeno ultrazvukom, i njegove aktivnosti procenjene EMG-om za m.multifidus lumborum (LM) (31, 69) i m.transversus abdominis (TrA) (31, 34, 88, 145) (Tabela 3). Ne samo što je, s obzirom na vrstu i zastupljenost problema hroničnog lumbalnog bola, urađen mali broj ovakvih studija do sada, nego su one uglavom uključivale male uzorke (15, 34, 61, 69, 88, 145), ili samo zdrave ispitanike (15, 25, 61, 64, 69, 88) sa oprečnim zaključcima: od slabe (145), preko korelacije u odredjenom opsegu mišićne kontrakcije (61, 69), do jasne linearne veze između promene debljine mišića izmerene ultrazvukom i amplitude njegovog EMG signala tokom iste aktivnosti (88). Imajući u vidu metodološke razlike između dosadašnjih istraživanja (vrsta praćenog mišića, način aktivacije mišića, površinski vs igleni EMG, vrsta uzorka) (tabela 3) i kompleksne faktore koji utiču na izmerenu debljinu mišića (144) smatramo da je potrebno više komparativnih studija UZ i EMG stabilizatora lumbalnog segmenta kičmenog stuba, u kontrolisanim uslovima.

Tabela 3. Pregled studija koje su ispitivale odnos između promene debljine mišića trupa izmerene pomoću ultrazvuka (UZ) i elektromiografije (EMG) tih mišića

| Metod | Kiesel (69) | Hodges (61) | McMeeken(88) | John i Beith (64) | Brown i McGill (15) | Ferreira i sar.(34) | Whitaker i sar.(145) |
|--------------------|---|---|---|--|--|---|--|
| Mišić | LM | OE, OI, TrA | TrA | OE | OE, OI | EO, IO, TrA | RA, EO, IO, TrA |
| Ispitanici | 5 zdravih | 3 zdrava | 9 zdravih | 24 zdrava | 5 zdravih | 10 zdravih, 10 LB | 7 zdravih, 7 LB |
| Položaj ispitanika | proniran | Sedi naslonjen pod uglom većim od 90 | supiniran | supiniran | Sedi bez naslona | supiniran | supiniran |
| Motorni zadatak | Podizanje kontralaterale ruke, protiv 4 nivoa otpora određenog na osnovu telesne mase | Izometrijska kontrakcija sa 0 -100% MVC | ADIM 0-80% MVC | Izometrijska rotacija trupa i ADIM 0-80% MVC | Postepeno pojačanje ADIM uz kontrakcij prednjeg trbusnog zida | Izometrijska fleksija kolena sa malim opterećenjem ili ekstenzija sa suspenzijom ekstremiteta | ASLR, pa ADIM |
| Tip EMGa | igleni | igleni | igleni | površni | površni | igleni | igleni |
| Mesto EMG senzora | Neposredno lateralno od proc.spinosusL4 | sredina rastojanja između DRL i cristae iliace, na prednjoj aksilarnoj liniji | sredina rastojanja između DRL i cristae iliace, na srednjoj aksilarnoj liniji | Linija DRL-kontralarni tuberculum pubicum | EO- 14cm lateralno od srednje linije, OI-inferomedijalno od SIAS | sredina rastojanja između DRL i cristae iliace, na prednjoj aksilarnoj liniji | TrA- 2cm superomedijalno od SIAS, OI- 1cm iznad prethodne lokacije, OE- 1cm lateralno, RA- 2cm ispod umbilikusa u sredinu mišića |

| EMG normalizacija | %MVIC | 50% MVC | % MVC | % najjačeg EMG signala | % MVC | % MVC | % najjačeg EMG signala |
|-------------------|---|--|---|---|--|---|---|
| Položaj UZ sonde | Longitudinalno, paramedialno do vizuelizacije L4-5 zygapoph. zgloba | Paralelno sa TrA, na sredini rastojanja izmedju DRL i cristae iliace, 10cm od srednje linije | Paralelno sa TrA, na sredini rastojanja izmedju DRL i cristae iliace, na prednjoj aksilarnoj liniji | Paralelno sa TrA, na sredini rastojanja izmedju DRL i cristae iliace, na prednjoj aksilarnoj liniji | 3 položaja paralelno sa OE, OI, TrA, nivo umbilikusa | Paralelno sa TrA, na sredini rastojanja izmedju DRL i cristae iliace, 10cm od srednje linije | OE, OI, TrA - rastojanja izmedju DRL i cristae iliace, na srednjoj aksilarnoj liniji, RA- sredina mišića, nivo umbilikusa |
| UZ normalizacija | % promene debljine od debljine u miru | Promena debljine max – u miru | % promene debljine od maksimalne debljine | % promene debljine od maksimalne debljine | % promene debljine od debljine u miru | Promena debljine max-u miru | % debljine u miru |
| Analiza podataka | Pirsonov koeficijent korelacije i linearna regresiona analiza | Nelinearna regresija | ANCOVA | Regresiona analiza, ANCOVA | Bivarijatna korelacija | Pirsonov produkt x moment korelacije | Kros korelaciona analiza |
| Zaključak | Začajna korelacija r^2 0.79, linearna u opsegu 19 do 34% MVC | Nelinearno povećanje UZ debljine od 0% do 20% MVC (EO, $r = 0.23$; IO, $r = 0.84$; TrA, $r = 0.93$) | Linearni odnos izmedju UZ debljine i EMG (R^2 0.87) | Za rotaciju trupa: linearni odnos izmedju EMG i UZ (R^2 0.29 do 0.92), za ADIM bez odnosa (R^2 0.03-0.74) | Bez odnosa izmedju EMG i UZ za OE i OI | Jaka korelacija za TrA (R^2 0.37-0.87) i OI (R^2 0.79-0.96), loša korelacija za OE (R^2 -0.16 – 0.66). | Nema jasnog odnosa izmedju UZ i EMG (za ASLR, $R_2 = 0.00-0.13$; ADIM, $R_2 = 0.00-0.18$) |

Tabela 3. nastavak

Nemogućnost predikcije kad i u kojoj meri će se pacijent sa lumbalnim bolom klinički oporaviti, i neraspolaganje alatima kojim bi mogli da objasnimo zašto neki pacijentni ulaze u hronicitet, a drugi ne, stimulisala je izvestan broj istraživača da pokuša da pronadje vezi između kliničkih parametara kao što su jačina bola, obima pokreta u LS segmentu kičmenog stuba, mere onesposobljenosti u svakodnevnom životu, depresivnosti i dr. sa objektivnim merama kao debljina m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) meren mišićnim testom, i njihov stepen aktivacije merene promenom debljine mišića pri kontrakciji. Ove studije nisu brojne, a njihovi zaključci su, slično kao i za odnos EMG i UZ dubokih stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba, prilično heterogeni: od značajne korelacije između stepena poboljšane aktivacije TrA i redukcije stepena onesposobljenosti (34), preko komparabilnih sposobnosti aktivacije TrA i LM , ali bez povezanosti sa jačinom bola i parametrima onesposobljenosti u svakodnevnom životu (48) do toga da poboljšanje relativnih debljina TrA i poboljšanih indeksa aktivnosti svakodnevnog života nisu u međusobnoj vezi (84).

Osim toga što zapažamo nedostatak radova koji se bave ispitivanjem odnosa morfologije i funkcije stabilizatora lumbosakralne kičme sa kliničkim i funkcionalnim nalazom u lumbalnom sindromu, u svakodnevnom kliničkom radu susrećeno se sa još jednim problemom: naime ni uobičajeni klinički pregled nam ne daje potpun uvid u stanje ovih mišića koji su opisani kao glavni stabilizatori LS segmenta kičmenog stuba. Oba ova problema su nas motivisala da pokušamo da pronadjemo odgovor na pitanje u kakvom su odnosu *promena* debljine stabilizatora lumbalne kičme tokom aktivacije sa kliničkim, funkcionalnim i neurofiziološkim karakteristikama lumbalnog sindroma.

1.7 Radna hipoteza

Glavna hipoteza:

Postoji značajna korelacija između promene debljine mišića m.multifidus lumborum (LM) i m.transversus abdominis (TrA), izmerene ultrazvučno, pri njihovoj aktivnoj voljnoj kontrakciji sa kliničkim, funkcionalnim i elektromiografskim karakteristikama ispitanika sa lumbalnim bolom (LB) i zdravih.

Sekudarne hipoteze:

1. Pouzdanost ultrazvučnog merenja debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) u miru, kontrakciji i za relativnu promenu debljine, i kod zdravih i kod ispitanika sa lumbalnim bolom će biti odlična , odnosno koeficijent korelacije unutar klase (*intra-class correlation coefficient, ICC*) će biti ≥ 0.75 (22, 37).
2. Postoji značajna razlika u relativnoj promeni debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) između zdravih i ispitanika sa lumbalnim bolom, mereno ultrazvukom
3. Relativna promena debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) pre terapije ima prognostički značaj za stepen funkcionalnog oporavka i smanjenje bola kod ispitanika sa lumbalnim bolom nakon terapije

1.8 Ciljevi istraživanja:

Glavni cilj: ispitivanje odnosa između relativne promene debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM), merenje utrazvučno, tokom relevantne mišićne aktivnosti sa kliničkim i funkcionalnim nalazom, kao i sa jačinom amplitude EMG signala sa odgovarajućih mišića tokom klinički relevantne aktivnosti kod ispitanika sa lumbalnim bolom (LB) pre terapije i kod zdravih

Sekundarni ciljevi :

1. odredjivanje pouzdanosti ultrazvučnih merenja debljine m.transversus abdominis i m. multifidus lumborum u miru i kontrakciji u toku istog dana i tokom tri dana za redom, za pojedinačnog ispitivača i među ispitivačima sa različitim stepenom iskustva u merenju debljine ovih mišića, za zdrave i ispitanike sa lumbalnim bolom
2. ispitivanje da li postoji razlika u relativnoj promeni debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) između zdravih i ispitanika sa lumbalnim bolom tokom relevantne mišićne aktivnosti
3. ispitivanje da li postoji razlika u kliničkim i funkcionalnim karakteristikama , kao i relativnoj promeni debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum

(LM) kod ispitanika sa lumbalnim bolom pre i posle terapije, tokom klinički relevantne aktivnosti

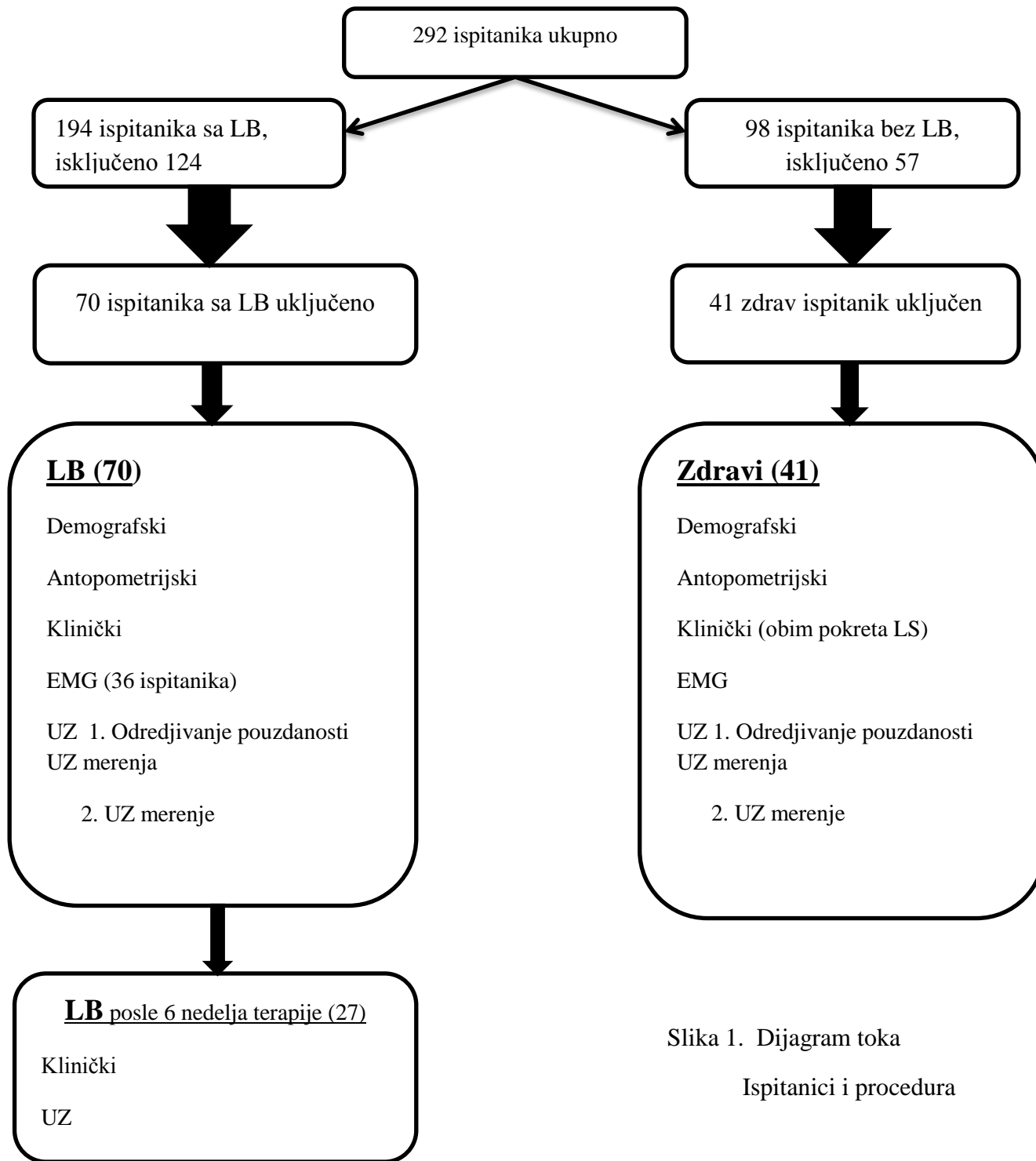
4. ispitivanje da li postoji razlika u funkcionalnim karakteristikama i relativnoj promeni debljine m.tranversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) tokom klinički relevantne aktivnosti izmedju ispitanika sa lumbalnim bolom na kraju terapije i zdravih
5. ispitivanje odnosa izmedju relativne promene debljine m.tranversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM)pre terapije sa funkcionalnim i kliničkim ishodom rehabilitacionog tretmana kod ispitanika sa lumbalnim bolom nakon terapije

2. Metod

2.1 Ispitanici

Ovo istraživanje, čiji dizajn odgovara kliničkoj studiji tipa pre – posle, sprovedeno na Klinici za rehabilitaciju „dr Miroslav Zotović“ u periodu od 01.06.2012. do 31.12.2013. godine. U grupi od 194 ispitanika sa lumbalnim bolom, koji su iz ustanova primarne zdravstvene zaštite upućeni na Kliniku za rehabilitaciju radi dalje evaluacije i lečenja, u naš uzorak smo uvrstili 70 subjekata koji su zadovoljavali kriterijume za uključenje (slika 1) . Grupa zdravih formirana je od 41 subjekta koji su zadovoljavali kriterijume za uključenje (slika 1). Oni su regrutovani od 98 dobrovoljnih ispitanika koju su činili supružnici, rodbina i poznanici obolelih. Kriterijmi za isključivanje iz studije su bili: uzrast mlađji od 18 godina, trudnoća, prelomi, operacije, tumori i infektivni procesi na kičmi, spina bifida, uznapredvane forme spinalnih deformiteta, bolesti kukova, neuromišićne slabosti, primena kortikosteroidne terapije najmanje mesec dana pre uključivanja u studiju. Dodatni kriterijumi za isključenje subjekata sa lumbalnim bolom su bili: jačina bola manja od 3 procenjeno od strane samog ispitanika prema Vizuelnoj analognoj skali (VAS), nemogućnost ležanje u proniranom i supiniranom položaju sa savijenim kukovima i kolenima tokom 10 minuta. Kod svih ispitanika sa lumbalnim bolom uradjena je klinička procena i magnetna rezonanca lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba. Svi ispitanici su bili upoznati sa postupcima u ovom istraživanju ui

potpisali su obrazac o informisanom pristanku (prilog broj 1). Istraživanje je odobreno od strane Etičkog komiteta Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (broj 29/VI-22, datum 15.6.2011).



Slika 1. Dijagram toka
Ispitanici i procedura

2.2 Procedura

Primarni prikupljeni parametri su bili iz grupe kliničkih fenomena , bola, funkcionalne onesposobljenosti i ultrazvučnog pregleda ciljanih mišića trupa. Sekundarni parametri su iz oblasti demografskog, biomedicinskog i psihosocijalnog statusa pacijenta. Prikupljeni su sledeći podaci:

1. demografski i antropometrijski podaci za sve i podaci o bolesti za ispitanike sa lumbalnim bolom: (starost, pol, bračno stanje, nivo obrazovanja), visina, težina
2. parametri bola:
 - a. jačina bola - procenjena od strane subjekata sa LBP , prema Vizuelnoj analognoj skali (VAS) (prilog 2), opseg ocena 0-10 (110). VAS skala smo odabrali kao pouzdanu (ICC 0.97) i senzitivnu samocena bola kod ispitanika sa LB (93, 137)
 - b. trajanje poslednje epizode bola zbog koje se javio na pregled, izraženo u nedeljama
 - c. prisustvo neuropatskog bola – procenjieno primenom DN4 upitnikom za dijagnostiku neuropatskog bola (Neuropathic Pain Diagnostic Questionnaire (DN4) (13), (prilog 3). Ovaj upitnik se sastoji iz 4 grupa pitanja: prve dve grupe su iz oblasti karaktera bola (prisustvo simptomi tipa pečenje, bolne hladnoće,električnih udara, udruženost bola sa osećajem mravinjanja, bockanja, utrnulosti, svraba); druge dve grupe pitanja su vezana za pregled (prisustvo znakova tipa hipestezija za dodir, za bol, provokacija ili pojačanje bola na četkanje). DN4 skor se rangira od 0 do 10. Vrednosti 4/10 ili veće ima specifičnost > 90% za postavljanje dijagnoze neuropatskog bola (13). Popunjava ispitivač nakon pregleda.
3. stepen onesposobljenosti u aktivnostima dnevnog života – procenjena na osnovu, Oswestry Low Back Pain Disability upitnika (prilog broj 2), koji procenjuje funkcionalnu sposobnost ispitanika sa LB. On se sastoji iz deset grupa po šest pitanja iz oblasti aktivnosti dnevnog i rekreativnog života. Odgovori na svako pitanje se ocenjuju ocenom 0 do 5. Zbir svih ocena se množi sa dva i deli količnikom broja odgovorenih grupa pitanja /10: $(Zbir \times 2) / (broj \text{ grupa odgovorova} / 10)$. Oswestry Disability Score (ODS) može da bude u opsegu od 0 do 100 i tumači se na sledeći

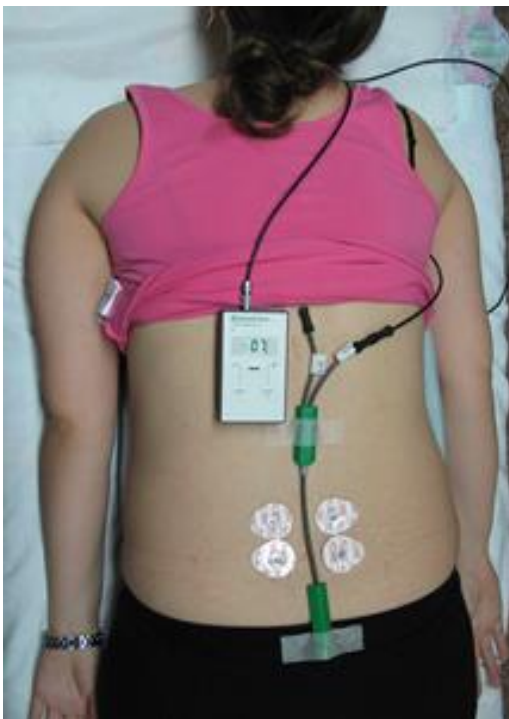
način: 0-20 minimalna onesposobljenost, 21 do 40% umerena, 41 do 60% izražena, 61 do 80% onesposobljavajući, 81 do 100 vezani za postelju (39). Upitnik popunjava ispitanik, a rangira ispitivač. ODS je pouzdan ($ICC=0.09$) i senzitivni pokazatelj onesposobljenosti izazvanom LB (39, 93, 94).

4. stepen depresivnosti – procenjeno upitnikom Beck Depression Inventory (BDI) skalom (prilog 4): BDI skor 1 do 13 minimalna, 14 do 19 blaga, 20 do 28 umerena i 29 do 63 izražena depresivnost. (9). Upitnik popunjava ispitanik, a rangira ispitivač.
5. obim pokreta u lumbosakralnom segmentu kičmenog stuba u pravcu fleksije i ekstenzije, procenjeno fleksibilnim električnim goniometrom (Biometrics Ltd., Newport, UK) i prikazano na Angle Display Unit ADU301 (Biometrics Ltd., Newport, UK) u stepenima (prilog 2)
6. ispitivanjem donjih ekstremiteta: testa istežanja (u opsegu 1-4: 1- normalan nalaz, 2 – test pozitivan u opsegu 45 do 60 stepni, 3- test pozitivan u opsegu 30 do 44 stepena 4- test pozitivan na manje od 30 stepeni), mišićne snage ključnih mišića u miotomima L2 do S1 prema ASIA skali (115), (prilog 5) manuelnim mišićnim testom (MMT) (opseg 0- bez kontrakcije do 5- mišićna kontrakcija pune snage, ukupan skor 50) i senzibiliteta za dodir i bol na ključnim senzornim tačkama za dermatome L1 do S2 prema skali Američke asocijacije za povrede kičme (ASIA skali), skor po 28 za dodir i za bol (115) (prilozi 2 i 5).
7. EMG signal je snimljen pomoću bežičnog LUMBIA sistema (BTS Bioengineering, Padova, Italy and Tecnalia Research and Innovation, San Sebastian, Spain) predstavljenog na slici 2. Parametri akvizicije su bili podešeni tako da je frekvencija odabiranja bila 1000 odbiraka po sekundi, pojačanje signala 1000 i rezolucija A/D konverzije 16 bita. Koristili smo površinske elektrode za jednokratnu upotrebu Ag/AgCl Skintact F-TC1 (Leonhard Lang GmbH, Innsbruck, Austria). Pre aplikacija elektroda, kožu smo pripremili prema SENIAM protokolu (46). Mesto aplikacije elektroda za LM smo odredili prema SENIAM protokolu, a na antero-lateralnom abdominalnom zidu smo ih zalepili neporedno medijalno od SIAS (slike 3 i 4). Ova pozicija elektroda za TrA je odabrana na osnovu pregleda literature {86, 133} i na osnovu prethodnog testiranja u cilju identifikacije najintenzivnijeg EMG signala sa prednje bočnog trbušnog zida tokom klinički relevantog zadatka (*anterior draw in ADIM* manevar - uvlačenje stomaka) na 10 zdravih ispitanika. Elektrode su

aplikovane tokom ležanja u proniranom položaju za LM, odnosno u supiniranom položaju sa flektiranim kukovima i kolenima za prednje-lateralni trbušni zid.



Slika 2. Lumbia sistem



Slika 3. Pozicija senzora sEMG za m.multifidus lumborum odredjena prema SENIAM protokolu



Slika 4. Pozicija senzora sEMG za m.transversus abdominis medijalno od spinae iliace anterior superior

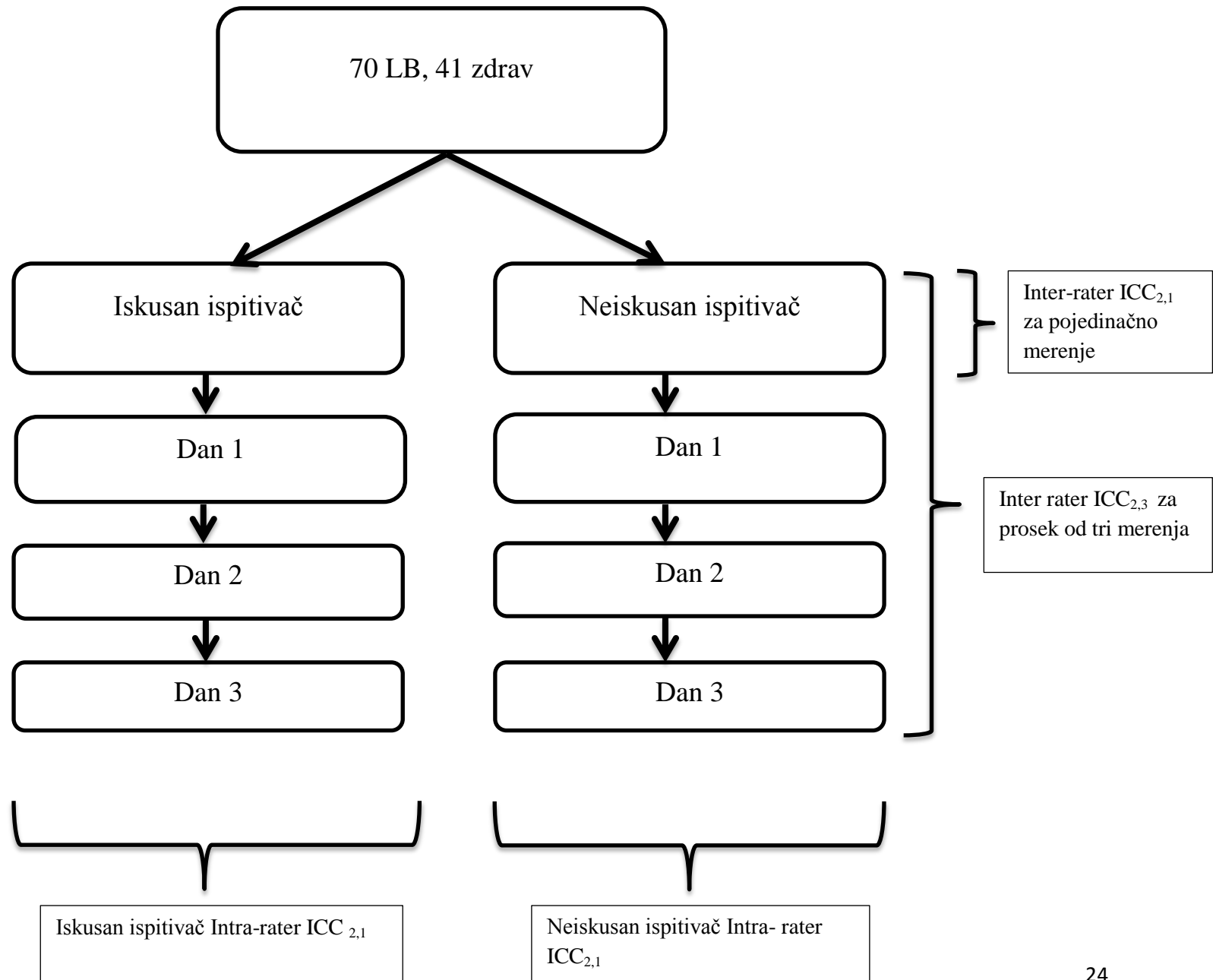
EMG signali su filtrirani sa visokopropusnim Butterworth filtrom 4. reda sa frekvencijom odsecanja na 3 Hz u cilju filtriranja jednosmerne komponente koja je nastala kao posledica artifakta pokreta i sa Notch filterom u cilju eliminacije šuma na 50 Hz koji potiče od napajanja. U programskom okruženju Matlab (The Mathworks, Natick, USA) projektovana je programska rutina koja računa RMS (*Root Mean Square*) vrednosti EMG signala na intervalima od po 0,5 s i automatski određuje interval sa najvećom RMS i prikazuje je na ekranu. Najveće RMS vrednosti su određene za podatke koji su mereni tokom kontrakcije i tokom relaksacije mišića i predstavljale su reprezentativne amplitudske parametre EMG signala. Amplituda EMG signala za m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) je normalizovana kao procenat od maksimalne voljne kontrakcije odgovarajućeg mišića.

8. Ultrazvučno merenje debljine i promene debljine mišića m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) - ovo ispitivanje smo sproveli na Toshiba Diagnostic Ultrasound System (Nemio SSA-550 A) primenom 3.75 (3-6) MHz sonde.

Sve slike su dobijene u B-modu. Najpre je sproveden postupak provere pouzdanosti ultrazvučnog merenja, a zatim i samo UZ merenje mišića (slika 1).

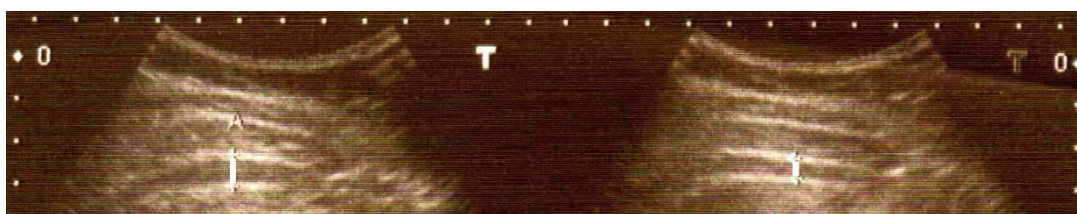
Postupak utvrđivanja pouzdanosti UZ merenja debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) u miru, kontrakciji, kao i za relativnu promenu debljine mišića, za pojedinačnog i između dva ispitivača (iskusnog i neiskusnog), za jedno merenje u toku istog dana i za prosek merenja tokom tri dana za redom (slika 5).

Iskusni i neiskusni ispitivač su, nezavisno jedan od drugog, merili TrA i LM istog dana. U vreme merenja debljina radi procene pouzdanosti ultrazvučnog merenja debljine mišića ispitivači su znali alokaciju ispitanika. Pregled ovog ispitivanja prikazan je na dijagramu (slika 5). Svaki ispitivač je merio m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) debljinu bilateralno, koristeći kaliper na ekranu, jedanput dnevno, tri dana za redom. Strana koja je prvo merena je bila izabrana slučajno. Ispitivači nisu imali uvida u merenje onog drugog. Debljina TrA je merena u supiniranom položaju sa savijenim nogama u kukovima i kolenima i tabanima oslonjenim na krevetu za merenje; sonda je bila postavljena tranverzalno, odmah iznad cristae iliacae u srednjoj aksilarnoj liniji (68, 69). Ispitanici su instruirani da dišu normalno. Slike su snimane u miru i tokom kontrakcije. Pošto je m.transversus abdominis (TrA) pomoćni respiratorni mišić koji je aktivno uključen u voljnu ekspiraciju (1, 28), da bi prevenirali aktivaciju TrA, njega smo, u relaksaciji snimali i merili na kraju faze mirnog inspirijuma (88). Da bi aktivirao TrA,

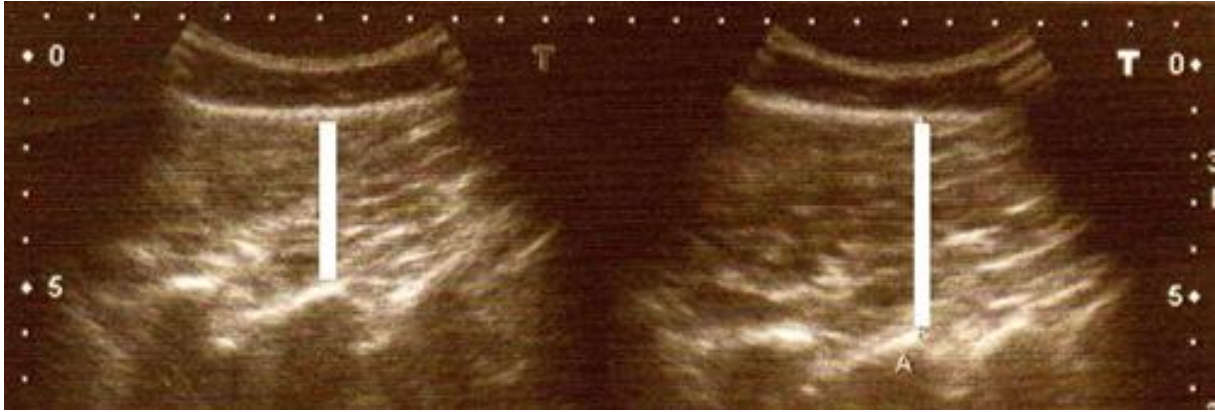


Slika 5. Dijagram toka ispitivanja pouzdanosti ultrazvučnog merenja

ispitanik je bio instruiran da izdahne i sporo uvuče stomak što više može. Debljina TrA koja se postigne u tom trenutku se snimala i smatrala za debljinu TrA u kontrakciji. Nikakvi taktilni stimuli, ni verbalni podsticaji nisu davani ispitanicima da aktiviraju sve abdominalne mišiće. Debljina TrA je merena kao rastojanje izmedju hiperehogog fascijalnog sloja bez uzimanja u obzir debljinu fascije (slika 6). Debljina m.multifidus lumborum (LM) je bila merenja u pronaciji sa jastukom ispod stomaka da bi redukovali lumbosakralni ugao na manje od 10 stepeni, mereno elektrogoniometrom koji je bio konektovan za Angle Display Unit ADU301 (Biometrics Ltd., Newport, UK). Sonda se postavi longitudinalno u sredinu procesus spinosus L4 i onda se pomeri malo lateralno i angulira medijalno da bi se dobila slika L4/5 zygapophysealnog zgloba (68, 69). Rastojanje izmedju dorzalne ivice zgloba i torakolumbalne hiperehogene fascije koja odvaja mišić od potkožnog masnog tkiva, smo uzeli za debljinu LM mišića, bez uračunavanja debljine fascije (slika 7) Slika LM u kontrakciji se dobije tako što ispitanik kontralateralnu ruku sa ramenom abdukovanim pod 120 i laktom flektiranim pod 90 stepeni odigne od kreveta i održi je u tom položaju 5 sekundi (68, 69). Za ispitanike sa LB, analizirali smo bolnu stranu. Ako je bol bio obostran, strana je bila odabrana slučajno. Strana koja je analizirana kod zdravih je bila odabrana slučajno. Oba ispitivača su merila debljinu TrA i LM jednom dnevno, tri uzastopna dana. Tako je, u ovom delu istraživanja koje se odnosi na ispitivanje pouzdanosti merenja u našem eksperimentalnom okuženju, svaki ispitivač snimio i izmerio debljinu na 1332 ultrazvučnih snimaka. Ispitivači nisu imali uvid u rezultate drugog.



Slika 6. Merenje debljine m.transversus abdominis u miru (desno) i tokom relevantne mišićne aktivnosti (levo), kaliperom na slici, pomoću ultrazvuka



Slika 7. Merenje debljine m.multifidus lumborum u miru (levo) i tokom aktivacije (desno) pomoću kalipera na slici dobijenoj ultrazvukom

Merenje debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) u miru i tokom relevante mišićne aktivnosti.

Ovo merenje debljine TrA i LM sa obe strane obavio je iskusan ispitivač, primenom istog ultrazvučnog aparata, koristeći kaliper na ekranu. Redosled merenja levo/desno je bio slučajan. Ispitivači koji su obavljali UZ i EMG merenja su znali da li je ispitanik iz grupe zdravih ili LBP. Ispitivač koji je radio UZ merenja nije imao uvid rezultate odgovarajućih EMG merenja i obrnuto.

Tokom akvizicije UZ i EMG podataka za m.transversus abdominis (TrA), ispitanik leži u supiniranom položaju, sa flektiranim kolenima i kukovima. Ultrazvučna sonda je postavljena transverzalno, odmah iznad cristae iliacae, u srednjoj aksilarnoj liniji (68, 69). Ispitanik dobija instrukciju da diše normalno. Debljina TrA se meri u miru i tokom maksimalne kontrakcije. Debljina TrA u miru je izmerana na kraju mirnog inspirijuma (28, 88), a u kontrakciji nakon što ispitanik izdahne i polako uvuče stomak što više može (*draw in manevra*, ADIM). (slika 6). EMG anteroateralnog zida je snimljen u istom položaju ispitanika i to prvo na kraju voljnog, forsiranog ekspirijuma, a zatim na kraju ADIM.

Tokom merenja m.multifidus lumborum (LM), ispitanik leži u proniranom položaju, sa jastukom postavljenim ispod stomaka, da bi lumbosakralni ugao bio manji od 10 stepeni (mereno električnim goniometrom). Ultrazvučna sonda se postavi uzdužno u srednjoj liniji, identifikuje procesus spinosus L4 pršljena, pa se pomeri lateralno i diskretno angulira medijalno radi vizuelizacije zigoapofizealnog zgloba L4/5. Rastojanje između ovog zgloba i hiperehogene torakolumbalne facije je debljina LM. Ona je merena u miru, tokom voljne i

maksimalne voljne kontrakcije (slika 7). Mišić je aktiviran ekstenzijom trupa i odizanjem kontralateralne ruke od kreveta, pri čemu je rame u položaju abdukcije pod 120, a lakat fleksije pod 90 stepeni. Tokom voljne kontrakcije od ispitanika se tražilo da ovu poziciju zadrži tokom 5 sekundi. Tokom maksimalne voljne kontrakcije, ispitanik ima isti motorni zadatak, ali ga sprovodi protiv otpora ispitivača koji je aplikovan nad lateralnom epikondilarnom regijom (slika 8). EMG LM je snimljen tokom voljne i maksimalne voljne kontrakcije, u identičnim gore opisanim motornim zadacima. UZ i EMG nisu snimani simultano, nego je UZ snimanje radjeno nakon EMG-a odgovarajućeg mišića (slika 1).



Slika 8. Maksimalna kontrakcija m.multifidus lumborum pri odizanju kontralateralne ruke protiv otpora ispitivača

Nezavisne varijable su bile debljina mišića izmerena u miru (za LM i TrA), debljina tokom voljne kontrakcije (za LM), maksimalne kontrakcije (za LM i TrA) i relativna promena debljine mišića za LM i TrA izračunata kao razlika debljine mišića tokom maksimalne kontrakcije i u miru/debljina u miru, izraženo u %).

Terapija

Nakon prikupljanja gore navedenih podataka, ispitanici sa LB su uključeni u terapijski program. Tretman kod ispitanika sa lumbalnim sindromom je multimodalni i sadrži:

- jednokratnu edukaciju o zaštitnim položajima i pokretima,

- terapiju fizikalnim agensima: konvencionalna transkutana električna nervna stimulacija (TENS) i laser male snage u trajanju od 3 nedelje, po 5 dana za redom svake nedelje
- kineziterapija u trajanju od 6 nedelja, po 5 dana za redom svake nedelje

Konvencionalni TENS je aplikovan jednom dnevno, u trajanju od 20 minuta, kod koga se za stimulaciju koriste bifazni asimetrični balansirani impulsi pravouglog oblika, trajanja od 100 mikrosekundi i frekvencije od 110 Hz, sa maksimalnom izlaznom amplitudom od 100 mA, do izazivanje blage senzacije trnjenja. Laser male snage je aplikovan jednom dnevno, stabilnom metodom, paravertebralno, u nivoima L3 do S2, na 6 korespondentnih tačaka, 2,5 cm lateralno od projekcije spinalnih nastavaka, u dozi 3J po tački, ukupne dnevne doze 18J. Primenjen je laser talasne dužine 904 nm, prosečne snage 50 mW, sa prečnikom aplikatora od 1cm u trajanju 1 min po tački. Kineziterapijski tretman sastoji se iz ciljanih vežbi za jačanje dubokih stabilizatora lumbalne kičme.

Po završetku 6 nedeljnog lečenja obavljeno na re-testiranje se odazvalo 27 ispitanika sa LB (slika 1), pri čemu su prikupljeni sledeći parametri: skor onesposobljenosti (ODS), jačina bola (VAS) u leđima i nozi, skor depresivnosti (BDI), test istezanja, motorni skor (MMT), skorovi senzibiliteta za dodir i bol (Sd, Sb), obim pokreta lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba u pravcu fleksije i ekstenzije, debljina i promena debljine TrA i LM na isti način kao i pre terapije.

2.3 Statistička obrada podataka

2.31 Demografski, antropometrijski, klinički podaci

Pokazatelje deskriptivne statistike (srednja vrednost, standardna devijacija) smo koristili za prikaz demografskih, antropometrijskih, kliničkih karakteristika i distribuciju ispitanika po gradusima određenih kliničkih obeležja izraženu u procentima.

2.32 Pouzdanost ultrazvučnih merenja

U cilju evaluacije slaganja merenja kod pojedinačnog i između dva ispitivača, izabrali smo dvostruki miksni model koeficijenta korelacije unutar klase (*intraclass* koeficijent korelacije

ICC_{2,k}). Preciznije, model ICC_{2,1} je bio primenjen za ispitivanje pouzdanosti medju ispitivačima tokom jednog dana (*inter-rater reliability of the single-measures*) (dan 1), a ICC_{2,k} je bio primenjen za ispitivanje pouzdanosti medju ispitivačima tokom 3 uzastopna dana, gde k predstavlja broj merenja debljina (tj. ICC_{2,3}). Pouzdanost merenja za pojedinačnog ispitivača je određivanja pomoću ICC_{2,1} baziranom na 3 merenja koje je obavio svaki ispitivač tokom tri uzastopna dana (jedno merenje na dan za svakog ispitivača). Pouzdanost merenja je procenjena na osnovu ICC kriterijuma kao kao loša (<0.40), umerena (0.40 – 0.59), dobra (0.60 – 0.74) ili odlična (>0.75) (22,37). Pouzdanost smo smatrali statistički značajnom ako se 95% intervali poverenja ICC-a (95% CI) nisu preklapali.

Standardna greška merenja (SEM) je računata kao $SD \times \sqrt{1-ICC}$ i 95% minimalna detektabilna promena (MDC₉₅) kao $1.96 \times SEM$ (32, 112, 117). Bland-Altman analiza (10) je primenjena radi evaluacije sistemskog bajasa za izmerene debljine, tako da je grafik formiran na osnovu prosečnog merenja za dva ispitivača (X osa) i razlike merenja izmedju dva ispitivača (Y osa) za svaki ispitivani mišić, mišićno stanje (mir/ kontrakcija) i grupu ispitanika (LB/ zdravi).

2.33 Razlika izmedju ispitanika sa LB i zdravih

Da bi se ustanovila razlika izmedju demografskih, antropometrijskih, kliničkih parametara izmedju dve grupe ispitanika, primenili smo: Studentov t test za dva nezavisna uzorka za sledeće parametre: starost, indeks telesne mase, obim pokreta LS segmenta u pravcu fleksije i ekstenzije, hi kvadrat test je primenjen za razlike zastupljenosti po polu, Fišerov test tačne verovatnoće, tablice kontingencije za parametre: stepen obrazovanja, bračno stanje. ANOVA sa ponovljenim merenjem (u miru i kontrakciji) i sa stranom (levo / desno) i grupom (sa/ bez LB) je sprovedena radi procene efekata ova dva faktora na debljinu LM i TrA u miru i kontrakciji. ANOVA sa stranom i grupom kao faktorima je sprovedena radi procene efekata ova dva faktora na relativne promene LM i TrA, kao i na normalizovane elektromiografske amplitude sa TrA i LM. Efekat veličine (*effect size*) razlike za studentov t test je računat kao Cohen-ov d, a za dvostruku ANOVA-u je računat kao parcijalni η^2 i interpretirani su prema Cohenovim granicama (23).

Da bi se ustanovila promena kliničkih parametara u grupi sa LBP posle 6-nedeljne terapije upotrebljen je t test za dva zavisna uzorka, i to za: ODS skor, BDI skor, VAS, obim fleksije i

ekstenzije LS segmenta kičmenog stuba, skora na MMT i senzibiliteta za dodir i bol; za testiranje razlika u veličini testa istezanja pre i posle terapije primenjen je Wilcoxon test ekvivalentnih parova (Wilcoxon test za dva zavisna uzorka, TEP) . Razlike u relativnoj promeni debljini mišića pre i posle terapije testirali smo ANOVA-om, pri čemu su faktori bili grupa (pre /posle terapije) i strane (levo/desno).

Da bi se ispitalo da li su ispitanici sa (DN4+) ili bez (DN4-) neuropatskog bola, iz grupe LBP subjekata, razlikovali pre terapije, poređene su srednje vrednosti kliničkih i UZ parametara ove dve podgrupe, a razlike između parametara su testirane kao i gore opisano (Studentov t test za dva nezavisna uzorka za starost, BMI indeks, ODS, BDI_skor, obim fleksije i ekstenzije u LS segmentu kičmenog stuba, MMT skor, skor senzibiliteta za dodir i za bol, amplitudu EMG signala za LM i TrA) , Mann Whitney test za VAS u LS regiji i nozi; za test istezanja), dvo-faktorska ANOVA (faktori su grupa i strana) za relativnu promenu debljine LM i TrA.

2.34 Korelacija između promene debljine mišića trupa sa demografskim, antropometrijskim, kliničkim, elektromiografskim obeležjima

Da bi se proverili povezanost odnosno obeležja promena debljine mišića LM i TrA sa ostalim demografskim, antropometrijskim, kliničkim, elektromiografskim obeležjima u svakoj grupi upotrebili smo korelaciona analiza i to Pearsonov koeficijent korelacije za testiranje korelacije između relativne promene debljine LM i TrA sa sledećim obeležjima: starost, BMI, ODS, BDI skor, obim fleksije i ekstenzije u LS segmentu kičmenog stuba, MMT skor, skor senzibiliteta za dodir i za bol, EMG LM i TrA; Spearmanov koeficijent korelacije bio je primenjen za testiranje korelacije relativne promene debljine LM i TrA sa sledećim obeležjima: VAS skor u LS segmentu kičmenog stuba i nozi, testom istezanja i neuropatskim skorom na DN4 skali .

Da bi proverili da li postoji korelacija kod obeležja promena debljine mišića pojedinačno paravertebralne muskulature i trbišne muskulature kod eksperimentalne grupe pre i posle 6-nedeljne terapije upotrebili smo korelaciona analiza (Pearsonov koeficijent korelacije).

2.35 Odnos između promene debljine mišića sa ishodom rehabilitacije

Vežu između obeležja promena debljine mišića kod grupe sa lumbalnim bolom pre terapije sa kliničkim obeležjima izmerenim u toj grupi posle terapije ispitali smo regresionom analizom.

Statističko testiranje će se obaviti na nivou značajnosti 0.05. Analiza veličine efekta (*effect size*) od interesa (statističke razlike) je uradjena da bi se videlo koliko je dobijena statistička razlika i značajna. Za statističku obradu svih podataka upotreбили smo pored Microsoft Office – Excel 2010. i statističke softvere SPSS 21.0 i GraphPad Prism 6.

3. Rezultati

Rezultati istraživanja su, radi bolje preglednosti, grupisani na sledeći način:

3.1 Demografski, antropometrijski i klinički podaci

3.2 Pouzdanost i greške UZ merenja

3.3 Razlike između grupe ispitanika sa LB i zdravih

3.4 Korelacija debljine TrA i LM sa demografskim, antropometrijskim, kliničkim i EMG parametrima

3.5 Oporavak ispitanika sa LB

3.1 Demografski, antropometrijski i klinički podaci

Demografski podaci su prikazani u tabeli 4, antropometrijski, klinički podaci predstavljeni su na tabeli 5.

U grupi od 70 ispitanika sa LB, prosečna vrednost Oswestry skora pre terapije je bila $27,37 \pm 4,23$ (tabela 5). On se nije razlikovao između muških i ženskih ispitanika ($p=0,627$) (tabela 6). Osim dve ispitanice sa LB, čiji je Oswestry skor iznosio 19, kod preostalih 68 ispitanika sa LB, vrednost ovog skora se kretala u opsegu umerene onesposobljenosti (21 do 40).

Prosečan BDI indeks depresivnosti procenjen Beck Inventory skalom pre terapije bio je $12,63 \pm 7,65$, što je u opsegu minimalnog stepena depresije (0-13). Skor u istom opsegu imalo je 60% ispitanika sa LBP (tabela 5). Skor u opsegu blage depresije (14 – 19) imalo je 25,71%, u opsegu umerene (20 - 28) 8,57%, a u opsegu izražene (29 - 63) 5,71% ispitanika sa LBP (tabela 5), (slika 9). Nije nadjena razlika u veličini Beck Depression Inventory skora između muških i ženskih ispitanika sa LBP ($p=0,239$) (tabela 6)

Samoocena bola u leđjima i nozi (VAS u LS i u nozi): Prosečan VAS u lumbalnoj regiji pre terapije bio je $5,50 \pm 2,75$, a u nozi $5,50 \pm 3,18$ (tabela 5). Ženski ispitanici su prijavljivali

značajno jači bol u leđjima u poređnju sa muškim ($p=0.0014$), dok ta razlika nije bila značajna ($p= 0.345$) za samoprocenu jačine radikulopatskog bola u nozi (tabela 6).

Test istežanja: Pre terapije, 31 od 70 (44.29%) ispitanika sa LBP je imalo pozitivan test istežanja na više od 60 stepeni; 18 (25.71%) ispitanika u opsegu 45 do 60 stepeni, 17 (24.26%) u opsegu 30 do 45 stepni, a 4 (5.71%) je imalo test istežanja manji od 30 stepni (slika 10 gore).

MMT skor kod ispitanika sa LBP pre terapije je prosečno iznosio 47.30 ± 4.97 (tabela 5). Svi ispitanici sa LBP su imali MMT skor 45 ili veći. Prosečan senzorni skor za dodir pre terapije je iznosio 26.16 ± 2.34 , a za bol 26.46 ± 2.31 (tabela 5). Najniži senzorni skor za dodir i bol, koji je iznosio je po 22, zabeležen je kod tri ispitanika (4.29%), kod po jednog ispitanika (1.43 %) je zabeležen 23 i 24, dok su kod preostalih 66 (94.29%) ispitanika pre terapije oba skora bila 25 i više.

Neuropatski skor. Prema testiranju uzorka DN4 skalom, kod ukupno 18 (25.71%) ispitanika je zabeleženo prisustvo neuropatskog bola (tabela 5), od čega je 13 (18,57%) subjekata je imalo skor 4 i 5, a 5 (7.14%) ispitanika skor od 6 do 9.

Tabela 4. Demografski i antropometrijski parametri ispitanika

| Parametar | LB | Zdravi |
|---|-----------------------|-------------------------|
| Starost (god) ^a | 55.24 ± 14.35 | 53.42 ± 9.12 |
| Pol (ž/m) ^b | 39/31 | 19/22 |
| BMI (kg/m^2) ^c | 27.37 ± 4.55 | 26.86 ± 5.46 |
| Bračno stanje (%), (1/2/3/4) ^d | 65.7 / 10 / 14.3 / 10 | 56.1 / 4.9 / 29.2 / 9.8 |
| Obrazovanje (%), (1/2/3) ^e | 4.3 / 68.6 / 27.1 | 2.4 / 50.2 / 47.3 |

^a - godina,

^b – ženski/muški,

^c – Body Mass Index tj. indeks telesne mase, izražen izražen u kg/m^2 ,

^d – bračno stanje: 1- u bračnoj ili vanbračnoj zajednici, 2 – razveden ,a ili rastavljen,a 3- udovac, udovica, 4 – samac, brojevi predstavljaju procentualnoj zastupljenost svake od 4 kategorije

^e - 1- osnovno, 2- srednje, 3- više i visoko, brojevi predstavljaju procentualnoj zastupljenost svake od 3 kategorije

Tabela 5. Klinički parametri ispitanika sa lumbalnim bolom (LB) i zdravih

| Parametar | LB | | Zdravi | Effect size razlike izmedju LB pre terapije i zdravih |
|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------|--|
| | pre terapije | posle terapije | | |
| Trajanje bola (nedelje) | 18.2 ± 3.8 | - | - | - |
| Oswestry Disability Score | 27.37 ± 4.23 | 17.57 ± 7.00 | - | - |
| Bolna strana LS (desno/ levo / obostrano) ^f | 25.71/ 31.43 / 42.86 | - | - | - |
| Bolna strana noga (desno / levo /obostrano / nema) ^g | 38.57 / 38.57 / 15.71/ 7.14 | - | - | - |
| VAS LS ^h | 5.5 ± 2.75 | 3.25 ± 3.07 | - | - |
| VAS noga ⁱ | 5.5 ± 3.18 | 3.48 ± 3.02 | - | - |
| F (stepeni) ^j | 29.41 ± 12.94* | 38.15 ± 12.72 | 59.04 ± 14.32* | 0.68 |
| E (stepeni) ^k | 13.70 ± 8.17* | 19.92 ± 10.41 | 31.31 ± 12.03* | 0.66 |
| MMT DE ^l | 47.30 ± 4.97* | 48.44 ± 2.91 | 50.00 ± 0.00* | 0.28 |
| Skor senzibiliteta za dodir | 26.16 ± 2.34* | 26.78 ± 1.78 | 28.00 ± 0.00* | 0.30 |
| Skor senzibiliteta za bol | 26.26 ± 2.31* | 27.16 ± 1.69 | 28.00 ± 0.00* | 0.29 |
| Test istezanja (4/ 3/ 2/ 1) ^m | 5.71 / 24.26 / 25.71/ 44.29 | 40 / 7 / 9 / 0 | - | - |
| BDI skor (1 / 2/ 3/ 4) ⁿ | 60 / 25.71 / 8.57 / 5.71 | 70.37 / 14.81 / 11.11 / 3.70 | - | - |
| DN4 (%) ^o | 25.71 | 25.93 ^{o1} | - | - |

*- p<0.05

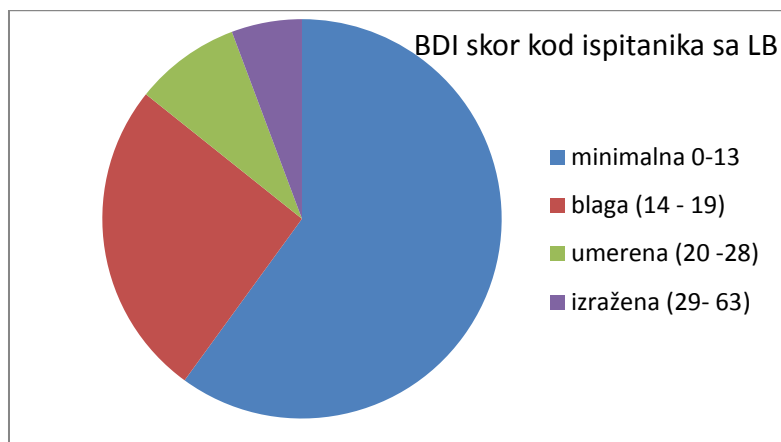
^f – zastupljenost u procentima, ^g- zastupljenost u procentima, ^h –VAS LS ozačava skor po vizuelno analognoj skali u predelu lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba, ⁱ – VAS noga označava skor po vizuelno analognoj skali u bolom zahvaćenoj nozi ili nogama, ^j – obim aktivne fleksije u lumbosakralnom segmentu kičmenog stuba izražen u stepenima, ^k – obima aktivne ekstenzija u lumbosakralnom segmentu kičmenog stuba, izražen u stepenima, ^l – manualni mišićni test na donjim ekstremitetima, ^m - test istezanja na donjim ekstremitetima: 4- pozitivan na manje od 30 stepeni, 3 – pozitivan na 30 do 45 stepeni, 2 – pozitivan na 45 do 60 stepeni, 1- negativan, prikazana zastupljenost u procentima, ⁿ – Beck Depression Inventory skor, 1- minimalna depresivnost , skor 1 do 13 minimalna ; 2 – blaga depresivnost, skor 14 do 19; 3 – umerana depresivnost, skor 20 do 28; 4- izražena depresivnost, skor 29 do 63, ^o – neuropatski skor po DN4 skali, prikazana zastupljenost neuropatskog bola u procentima, ^{o1} – u uzorku sa LB koji je testiran nakon terapije testirano je 7 ispitanika koji su i pre terapije imali neuropatski bol, tj DN4 skor 4 i više

Tabela 6. Razlike izmedju klinickih, elektromiografskih (EMG) i ultrazvucnih (UZ) parametara izmedju ženskih i muških ispitanika u grupi sa lumbalnim bolom

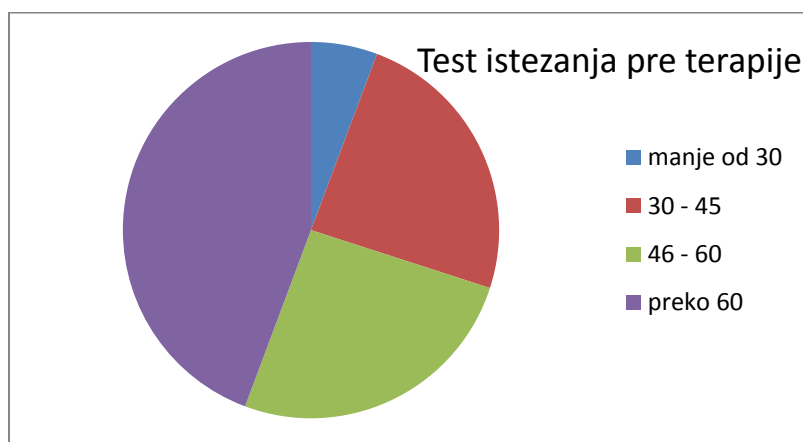
| Parametar | Srednja vrednost sd | | Razlika, p | Effect size | |
|--------------------------------------|---------------------|-------------|------------|-------------|------|
| | muškarci | žene | | | |
| BMI | 27.29±4.13 | 27.42±4.43 | 0.91 | 0.03 | |
| ODS | 29.41±10.61 | 30.59±8.66 | 0.63 | 0.12 | |
| VAS LS* | 4.34±2.39 | 6.33±2.44 | 0.0014 | 0.82 | |
| VAS DE | 5.07±3.23 | 5.82±3.21 | 0.35 | 0.23 | |
| Obim pokreta F | 29.03±14.03 | 30.23±12.34 | 0.72 | 0.10 | |
| Obim pokreta E | 14.03±9.88 | 13.69±6.92 | 0.87 | 0.04 | |
| MMT | 46.52±6.67 | 48.03±2.62 | 0.27 | 0.30 | |
| Sd | 26.31±1.87 | 26.31±1.82 | 0.99 | 0.00 | |
| Sb | 26.62±1.80 | 26.61±1.77 | 0.99 | 0.01 | |
| Test istežanja | 2±0.93 | 1.82±0.99 | 0.45 | 0.20 | |
| BDI | 11.52±6.92 | 13.69±8.16 | 0.24 | 0.30 | |
| DN4 | 2.55±1.78 | 2.64±2.22 | 0.86 | 0.04 | |
| EMG | TrA desno | 0.57±0.34 | 0.49±0.29 | 0.42 | 0.15 |
| | TrA levo | 0.53±0.33 | 0.55±0.29 | 0.83 | |
| | LM desno | 0.84±0.21 | 0.81±0.25 | 0.69 | 0.13 |
| | LM levo | 0.84±0.19 | 0.80±0.17 | 0.45 | |
| UZ relativne promene debljine mišića | TrA desno | 0.60±0.34 | 0.53±0.21 | 0.38 | 0.17 |
| | TrA levo | 0.54±0.26 | 0.50±0.21 | 0.19 | |
| | LM desno | 0.32±0.16 | 0.33±0.13 | 0.76 | 0.22 |
| | LM levo | 0.32±0.17 | 0.32±0.14 | 0.93 | |

BMI- indeks telene mase, ODS- Oswestry Disability Score, VAS – vizuelna analogna skala skor, LS- lumbosakralna kičma, DE – donji ekstremiteti, F fleksija, E – ekstenzija, MMT – skor na manuelnom mišićnom testu, Sd skor senzibiliteta za dodir, Sb skor senzibiliteta za bol, BDI- Beck Inventory skor, DN4- neuropatski skor, EMG elektromiografija, UZ ultrazvuk

Slika 9. Zastupljenost stepena depresije prema Beck Depression Inventory (BDI) skoru kod ispitanika sa lumbalnim bolom (LB) pre terapije



Slika 10. Test istežanja kod ispitanika sa lumbalnim bolom – zastupljenost . Gore: pre terapije. Dole: nakon terapije



3.2 Pouzdanost i greške UZ merenja

ICC_{2,1} za jedno merenje izmedju ispitivača je bio u opsegu od 0.71 do 0.87 za ispitanika sa LB i od 0.94 to 1.00 za zdrave (tabela 7). Vrednosti ICC za relativne promene debljine su , takodje, bile niže za ispitanike sa LB_(0.69-0.71) nego za zdrave (0.93-0.97). Sveukupno 10 od 12 ICC vrednosti za pojedniahnih merenja izmedju ispitivača je bilo >0.75. Dva ICC merenja koja su bila ICC <0.75 odnosila su se na relativne promene TrA i LM kod ispitanika sa LB. 95% CI su se preklapali izmedju TrA i LM mišića unutar svake grupe ispitanika i mišićnog stanja, ali ne i izmedju zdravih i ispitanika sa LB, što upućuje na statistički značajno različine ICC vrednosti izmedju grupa ispitanika. SEM izmedju ispitivača je bio u opsegu od 0.11 to 0.21 mm za TrA i od 0.50 to 0.64 mm za LM u grupi sa LB i zdravih ispitanika u miru i kontrakciji (tabela 7). SEM izmedju ispitivača za relativnu promenu debljine je bio u opsegu od 2 to 4% za oba mišića i grupe ispitanika , osim za LM u grupi sa LB (35%).

Tabela 7. Pouzdanost merenja izmedju ispitivača (*inter-rater reliability*) za jedno merenje obavljeno prvog dana

| Jedno merenje | LB | | | | Zdravi | | | | |
|---------------|--------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|--|
| | ICC _{2,1} | 95% CI | SEM | MDC ₉₅ | ICC _{2,1} | 95% CI | SEM | MDC ₉₅ | |
| TrA | | | | | | | | | |
| Mir | 0.71 | 0.50-0.83 | 0.12 | 0.33 | 0.94 | 0.89-0.97 | 0.11 | 0.30 | |
| Kontrakcija | 0.87 | 0.77-0.92 | 0.19 | 0.52 | 0.97 | 0.95-0.99 | 0.21 | 0.59 | |
| % Promena | 0.69 | 0.48-0.82 | 0.02 | 0.07 | 0.93 | 0.87-0.96 | 0.04 | 0.11 | |
| LM | | | | | | | | | |
| Mir | 0.85 | 0.74-0.91 | 0.50 | 1.37 | 1.00 | 0.99-1.0 | 0.62 | 1.71 | |
| Kontrakcija | 0.78 | 0.62-0.87 | 0.64 | 1.76 | 0.97 | 0.95-0.99 | 0.62 | 1.72 | |
| % Promena | 0.71 | 0.50-0.83 | 0.35 | 0.97 | 0.96 | 0.93-0.98 | 0.02 | 0.04 | |

ICC_{2,1} - intra-class correlation koeficijent, 95% CI- 95% interval poverenja, SEM- standardna greška merenja, MDC₉₅ - 95% minimalna detektabilna promena, LB – lumbalni bol, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum

3.21 Pouzdanost merenja izmedju dva ispitivača za prosečna merenja tokom tri dana (dani 1-3)

ICC_{2,3} za prosečno merenje izmedju ispitivača je bio u opsegu od 0.73 to 0.84 za grupu sa LB i od 0.93 do 1.00 za zdrave ispitanike (tabela 8). ICC vrednosti za relativnu promenu debljine su bile niže kod ispitanika sa LB (0.61 to 0.69, ali ne i kod zdravih (0.94 to 0.96). Ukupno je 9 od 12 ICC vrednosti za prosečna merenja izmedju ispitivača bilo >0.75. Sva tri ICC koja su bila manja od 0.75 su bila u grupi sa LBP (debljina TrA u kontrakciji , relativne promene debljine TrA i LM). Ponovo, 95% CI su se preklapali izmedju TrA i LM unutar svake grupe subjekata i mišićnog stanja (mir/kontrakcija), ali ne i izmedju grupa sa LB i zdravih, ukazujući na začajno različite ICC vrednosti izmedju grupa. SEM izmedju ispitivača za relativnu promenu debljine je bio u opsegu od 0.11 to 0.23 mm za TrA i od 0.49 do 0.63 mm za LM u grupi sa LB i zdravih, u miru i kontrakciji (tabela 8). SEM izmedju ispitivača za relativnu promenu debljine je iznosio od 1 do 4% za oba mišića i obe grupe ispitanika.

Tabela 8. Pouzdanost merenja izmedju ispitivača (*inter-rater reliability*) za prosečno merenje tokom tri uzastopna dana

| Prosečno merenje | LB | | | | Zdravi | | | |
|------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|
| | ICC _{2,3} | 95% CI | SEM | MDC ₉₅ | ICC _{2,3} | 95% CI | SEM | MDC ₉₅ |
| TrA | | | | | | | | |
| Mir | 0.76 | 0.59-0.86 | 0.13 | 0.36 | 0.93 | 0.87-0.96 | 0.11 | 0.29 |
| Kontrakcija | 0.73 | 0.53-0.84 | 0.23 | 0.64 | 0.98 | 0.97-0.99 | 0.21 | 0.60 |
| % Promena | 0.61 | 0.33-0.77 | 0.03 | 0.09 | 0.94 | 0.88-0.97 | 0.04 | 0.10 |
| LM | | | | | | | | |
| Mir | 0.84 | 0.73-0.91 | 0.49 | 1.37 | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.62 | 1.72 |
| Kontrakcija | 0.78 | 0.62-0.87 | 0.56 | 1.55 | 0.97 | 0.95-0.99 | 0.63 | 1.73 |
| % Promena | 0.69 | 0.47-0.82 | 0.01 | 0.04 | 0.96 | 0.93-0.98 | 0.02 | 0.05 |

ICC_{2,3} - intra-class correlation koeficijent, 95% CI- 95% interval poverenja, SEM- standardna greška merenja, MDC₉₅ - 95% minimalna detektibilna promena, LB – lumbalni bol, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum

3.22 Pouzdanost merenja za istog ispitivača (*intra-rater reliability*) (dani 1-3)

ICC_{2,1} za svakog ispitivača (i za iskusnog i manje iskusnog), je bio u opsegu od 0.95 do 1.00 za grupu sa LB , tokom mira i kontrakcije, i u opsegu od 0.93 do 1.00 za zdrave ispitanike (tabela 9). ICC vrednosti za relativnu promenu debljine je bio u opsegu od 0.79 to 0.99 i za ispitanike sa LB i za zdrave. Prema tome, sve ICC vrednosti su bile >0.75, bez upadljivih razlika medju ispitivačima za oba mišića, u oba mišićna stanja ili grupe ispitanika. SEM za svakog pojedinačnog ispitivača: za iskusnog ispitivača je bio u opsegu od 0.16 to 0.33 mm, osim za LM kod zdravih ispitanika (0.86-0.88 mm); SEM za manje iskusnog, ispitivača je bio veći (0.69-0.91 mm) nego za iskusnog, osim za LM kod zdravih (0.14-0.30 mm) (tabela 9). SEM za pojedinačnog ispitivača za relativnu promenu debljine je bio izmedju 2 do 6%.

3.23 MDC₉₅ za istog i izmedju ispitivača

MDC₉₅ vrednosti za istog ispitivača su bile manje za TrA (<0.6 mm) nego za LM muscle (<2.4 mm), ali slične izmedju ispitanike sa LB i zdrave (tabela 9). Takodje, MDC₉₅ vrednosti za jedno merenje

između ispitivača (*single-measure inter-rater MDC₉₅ values*) su bili komparabilni sa vrednostima MDC₉₅ za prosečno merenje (*average-measure MDC₉₅ values*) (tabele 7 i 8). Vrednosti MDC₉₅ za pojedinačnog ispitivača i za TrA i za LM su bile veće za manje iskusnog (<0.69 mm) nego za iskusnog ispitivača (<2.35 mm) za subjekte sa LB, ali komparabilne sa vrednostima za zdrave ispitanike (tabela 9).

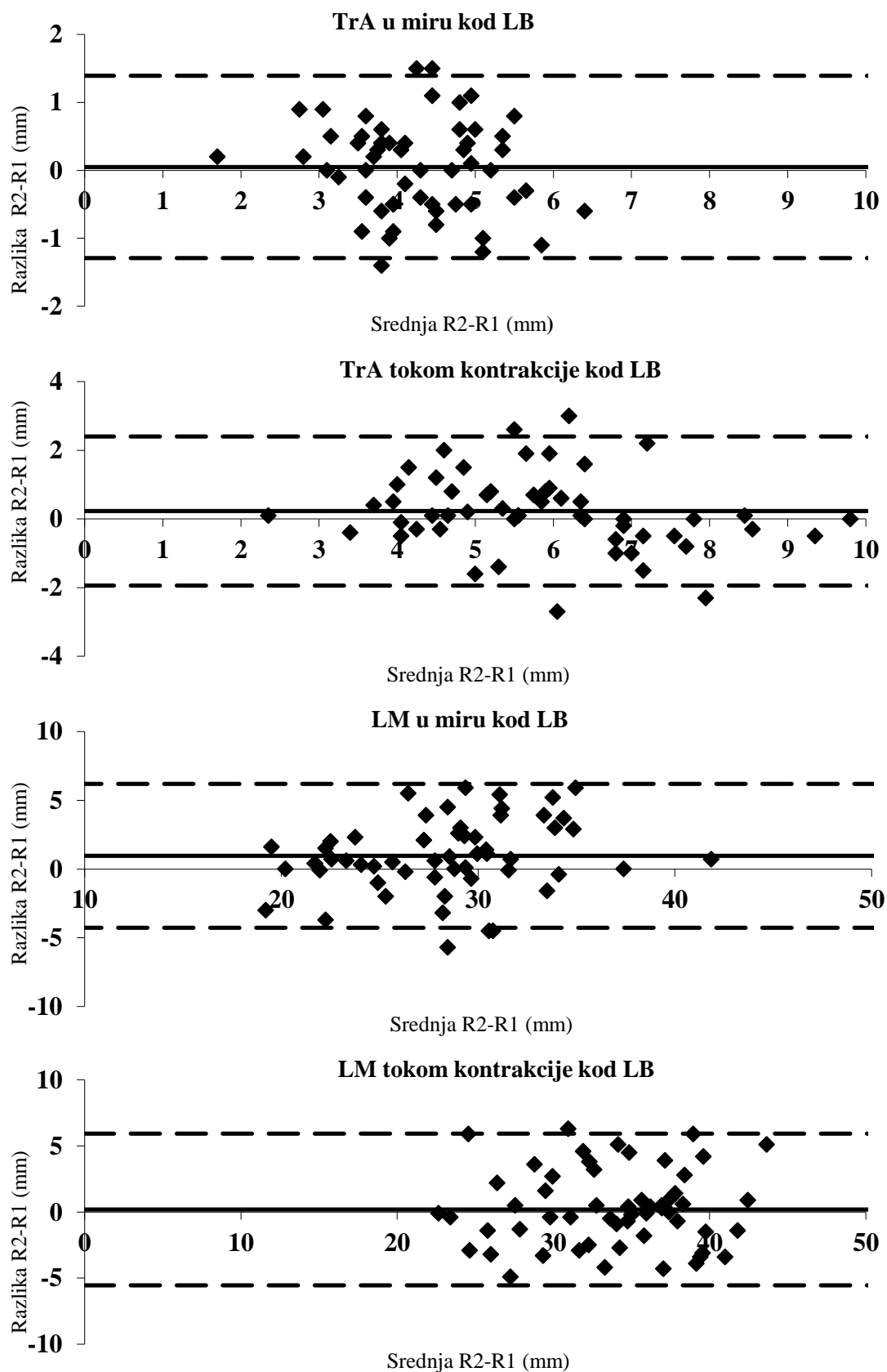
3.24 Bland-Altman analiza

Prosečna razlika u izmerenoj debljini mišića (bajas) između dva ispitivača je bila manja od 1mm bez obzira na to koji je mišić, u kom stanju ili u kojoj grupi ispitanika meren, osim za LM u miru kod zdravih (1.2 mm). U svim slučajevima 95% opseg slaganja je uključivao nulu. Analiza grafika pokazuje da su tačke na graficima random rasporedjene iznad i ispod nule duž y-ose, bez sistemskog bajsja duž x-ose (slike 11 i 12). Osim u retkm slučajevima, sva merenja su unutar izračunatih 95% granica slaganja.

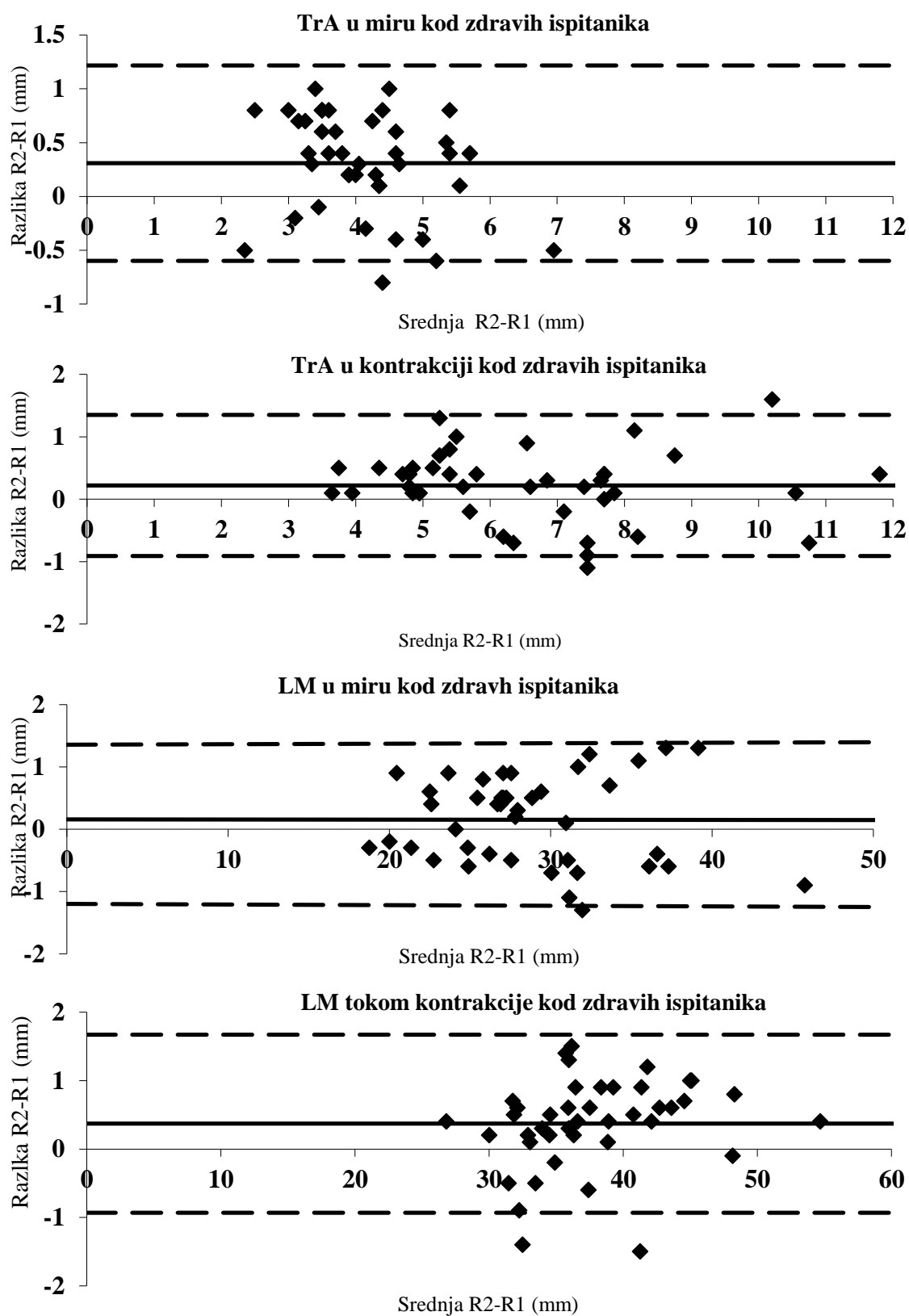
Tabela 9. Pouzdanost izmedju merenja svakog ispitivača (*intra-rater reliability*)

| Merenja | LB | | | | Zdravi | | | |
|--------------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|
| | ICC _{2,1} | 95% CI | SEM | MDC ₉₅ | ICC _{2,1} | 95% CI | SEM | MDC ₉₅ |
| Iskusan ispitivač: TrA | | | | | | | | |
| Mir | 0.97 | 0.95-0.98 | 0.16 | 0.43 | 0.94 | 0.91-0.97 | 0.16 | 0.44 |
| Kontrakcija | 0.98 | 0.95-0.99 | 0.25 | 0.69 | 0.97 | 0.96-0.99 | 0.33 | 0.92 |
| % Promena | 0.88 | 0.82-0.93 | 0.03 | 0.09 | 0.89 | 0.83-0.94 | 0.06 | 0.16 |
| Neiskusan ispitivač: LM | | | | | | | | |
| Mir | 0.95 | 0.92-0.97 | 0.16 | 0.43 | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.88 | 2.44 |
| Kontrakcija | 0.97 | 0.95-0.98 | 0.23 | 0.64 | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.86 | 2.38 |
| % Promena | 0.98 | 0.97-0.99 | 0.02 | 0.05 | 0.79 | 0.67-0.87 | 0.03 | 0.07 |
| Neiskusan ispitivač: TrA | | | | | | | | |
| Mir | 0.99 | 0.99-1.00 | 0.69 | 1.91 | 0.93 | 0.89-0.96 | 0.14 | 0.39 |
| Kontrakcija | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.75 | 2.08 | 0.98 | 0.97-0.99 | 0.30 | 0.82 |
| % Promena | 0.79 | 0.69-0.86 | 0.04 | 0.10 | 0.92 | 0.87-0.95 | 0.05 | 0.14 |
| Neiskusan ispitivač: LM | | | | | | | | |
| Mir | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.73 | 2.03 | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.88 | 2.44 |
| Kontrakcija | 1.00 | 0.99-1.00 | 0.85 | 2.35 | 0.99 | 0.99-1.00 | 0.91 | 2.52 |
| % Promena | 0.99 | 0.98-0.99 | 0.02 | 0.05 | 0.82 | 0.70-0.90 | 0.02 | 0.06 |

ICC_{2,1} - intra-class correlation koeficijent, 95% CI- 95% interval poverenja, SEM- standardna greška merenja, MDC₉₅ - 95% minimalna detektabilna promena, LB – lumbalni bol, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum



Slika 11. Bland Altman analiza razlika merenja izmedju dva ispitivača prema srednjoj debljini za m.transversus abdominis (TrA) i m.mltifidus lumborum (LM) u miru i kontrakciji kod ispitanika sa lumbalnim bolom (LB)



Slika 12. Bland Altman analiza razlika merenja izmedju dva ispitivača prema srednjoj debljini za m.transversus abdominis (TrA) i m.mltifidus lumborum (LM) u miru i kontrakciji kod zdravih ispitanika

3. 3 Razlike izmedju grupe sa lumbalnim bolom i zdravih ispitanika

3.31 Demografski i antropometrijski podaci (starost, obrazovanje, pol, BMI) (tabela 4)

Dve grupe ispitanika su bile usaglašene po starosti ($p = 0.249$, t test), polu ($X^2 = 0.57$, $df= 1$, $p=0.4503$ izračunato sa Yates-ovom korekcijom zbog $df=1$), obrazovanju (Fisherov test tačne verovatnoće sa Freeman Halton ekstenzijom za tablice kontingencije 2×3 , $p_a = p_b = 0.1077$), bračnom stanju (Fisherov test tačne verovatnoće sa Freeman Halton ekstenzijom za tablice kontingencije 2×4 , $p_a = p_b = 0.2653$), i BMI ($p= 0.318$ t test)

3.32 Razlike medju LBP i zdravih po kliničkim, funkcionalnim, EMG i UZ merama (tabele 5,6,10- 13):

3.33 Motorni skor (MMT) i skorovi senzibiliteta (Sd, Sb) (tabela 5)

MMT skor za miotome L2 do S1 je bio značajno manji kod subjekata sa LB ($p < 0.000$), kao i skor senzibiliteta za dodir za dermatome L1 do S2 ($p < 0.000$) i bol ($p < 0.000$) (tabela 5)

3.34 Obimi pokreta u LS segmentu kičmenog stuba

Obimi pokreta u LS segmentu kičmenog stuba su bili statistički značajno manji u grupi ispitanika sa LBP u odnosu na zdrave, i u pravcu fleksije ($p < 0.000$) i u pravcu ekstenzije ($p < 0.000$). (tabela 5). Obimi pokreta se nisu razlikovali po polu ni u jednoj grupi ispitanika (tabele 6 i 10).

Tabela 10. Razlike izmedju kliničkih, elektromiografskih i ultrazvučnih parametara izmedju zdravih ženskih i muških ispitanika

| Parametar | | Srednja vrednost \pm sd | | Razlika (p) | Effect size |
|--------------------------------------|------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| | | muškarci | žene | | |
| Obim pokreta | Fleksija | 61.29 \pm 14.39 | 57.44 \pm 14.36 | 0.40 | 0.27 |
| | Ekstenzija | 32.65 \pm 9.29 | 30.35 \pm 13.76 | 0.53 | 0.20 |
| EMG | TrA desno | 0.13 \pm 0.16 | 0.19 \pm 0.22 | 0.40 | 0.45 |
| | TrA levo | 0.10 \pm 0.14 | 0.18 \pm 0.19 | 0.11 | |
| | LM desno* | 0.52 \pm 0.28 | 0.71 \pm 0.34 | 0.041 | 0.71 |
| | LM levo | 0.53 \pm 0.27 | 0.76 \pm 0.34 | 0.06 | |
| UZ relativna promena debljine mišića | TrA desno | 1.29 \pm 0.59 | 1.04 \pm 0.45 | 0.33 | 0.13 |
| | TrA levo | 1.01 \pm 0.44 | 1.17 \pm 0.45 | | |
| | LM desno | 0.44 \pm 0.20 | 0.41 \pm 0.13 | 0.87 | 0.11 |
| | LM levo | 0.43 \pm 0.22 | 0.43 \pm 0.14 | | |

* $p < 0.05$, TrAm.transverusabdominis, LMm.multifiduslumborum, UZultrazvuk

3.35 EMG (tabela 11)

Normalizovane amplitude sEMG TrA su bile značajno različite izmedju dve grupe ($F(1,142)=31.05$, $p<0.0001$, $\eta^2=0.18$ veliki efekat), dok su efekti strane (desno/levo) ili interakcije grupa x strana nisu bili značajni ($F(1,142)=1.05$ $p=0.307$, $\eta^2=0.007$ mali efekat; $F(1,142)=0.8$, $p=0.373$ $\eta^2=0.0007$ mali efekat). (Tabela 11)

Normalizovane amplitude sEMG za LM su bile značajno različite izmedju dve grupe efekat grupe: ($F(1,142)=5.81$, $p=0.0173$, $\eta^2=0.04$ srednji efekat), dok efekti strane ili interakcije grupa x strana nisu bili značajni ($F(1,142)=0.12$ $p=0.7296$, $F(1,142)=0.12$, $p=0.7296$ redom, $\eta^2=8 \times 10^{-4}$ mali efekat). (Tabela 11).

Tabela 11 Normalizovane sEMG amplitude sa m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum prikazane kao srednja vrednost \pm sd

| sEMG | Strana | LB | Zdravi | Effect size |
|------|--------|--------------------------------|---------------------------------|-------------|
| | | Normalizovna amplituda signala | Normalizovana amplituda signala | |
| TrA* | Desno | 0.16 \pm 0.19 | 0.69 \pm 0.38 | 0.18 |
| | Levo | 0.15 \pm 0.18 | 0.54 \pm 0.30 | |
| LM* | Desno | 0.81 \pm 0.18 | 0.69 \pm 0.31 | 0.04 |
| | Levo | 0.81 \pm 0.23 | 0.71 \pm 0.28 | |

sEMG- površinska elektromiografija, TrA - m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, LB – lumbalni bol, * značajan efekat faktora grupe ($F \gg 1$, $p < 0.05$)

3.36 Debljine mišića merene ultrazvukom (tabela 12)

Detektovana je statistički značajna razlika izmedju dve grupe u relativnoj promeni debljine LM i TrA : efekat grupe (LBP vs zdravi) za LM $F(1,70)=6.78$ $p=0.01$, (effect size 0.81), za TrA $F(1,70)=76.301$ $p<0.0001$ (effect size 0.35). Debljina LM u miru ni u kontrakciji nije bila značajno različita izmedju grupa (efekat grupe $F(1,27)=0.907$ $p=0.349$; značajan je efekat stanja mišića (mir vs kontrakcija za obe strane) $F(3,81)=4.085$ $p=0.009$, ali bez

značajna interkcije grupa x strana i stanje mišića $F(3,81) = 3,348$ $p=0.79$. Efekat grupe je bio granično značajan za apsolutne vrednosti debljine TrA: $F(1,70)=3.918$, $p = 0.051$, dok efekti strane i interkacije grupa x strana nisu bili značajni (tabela 12).

Poredeći debljine mišića i relativnu promenu debljine mišća, kao moguću meru njegove aktivacije, između polova u svakoj grupi pojedinačno našli smo da u grupi ispitanika sa LBP efekat pola nije bio značajan ni za relativnu promenu debljine LM kod ispitanika sa LB ($F(1,29)= 0.087$, $p=0.769$; za ovaj parametar nije zabeležen značajan ni efekat strane ($F(1,29)=0.1923$ $p=0.664$, kao ni interkacija pol x strana ($F(1,29)=0.0054$, $p=0.94$). (tabela 6) efekat pola za vrednosti apsolutne debljine LM, takodje, nije bio značajan: $F(1,29)=0.524$ $p=0.474$; kod ovih ispitanika nadjen je samo značajan efekat stanja (mir vs kontrakcija) $F(3,87)=18428,9$ $p < 0.0001$, a ne i interkacije pol x stanje ($F(3,87)= 0.04$ $p=0.989$); efekat pola nije bio značajan ni za relativnu promenu debljine TrA kod ispitanika sa LB ($F(1,29)= 1,058$ $p= 0.312$, gde nije zabeležen ni značajan efekat strane ($F(1,29)=2,58$ $p= 0.199$, niti interkacije pol x strana ($F(1,29)=0.014$ $p=0.904$) (tabela 6). Za apsolutne vrednosti debljine TrA u miru i kontrakciji nije nadjen značajan efekat pola ($F(1,29)=3.71$ $p=0.06$); značajan je efekat stanja mišića ($F(3,87)=224,241$ $p < 0.0001$), a nije bio značajan efekat interkacije pol x stanje ($F(3,87)=0.091$ $p= 0.96$).

Kada su u pitanju zdravi ispitanici, debljine njihovih TrA obostrano su značajno deblje kod muškaraca i u miru, i tokom aktivacije (efekat grupe (muški vs ženski) $F(1,24)= 15.659$ $p < 0.000$, bez značajnog efekta strane ili interkcije grupa x strana); apsolutne debljine LM u miru i aktivaciji se nisu značajno razlikovale po polovima: efekat pola je bio $F(1,24) = 1,746$ $p=0.198$). Relativna promena debljine mišića jednaka je kod oba pola (za TrA efekat grupe po polu $F(1,24)= 0.962$ $p=0.336$; za LM efekat pola $F(1,24)=0.0268$ $p= 0.8713$) (tabela 10).

Tablela 12 . Debljina m.transversus abdominalis i mm.multifidi lumborum u miru, tokom kontrakcije, maksimalne kontrakcije i relativna promena debljine mišića kod ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih, mereno ultrazvučno, prikazana kao srednja vrednost \pm SD

| Mišić | Strana | LB | | | | Zdravi | | | | effect size** |
|-------|--------|------------------|------------------|----------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|
| | | Mir (mm) | Kontrakcija (mm) | Max kontrakcija (mm) | Relativna promena | Mir (mm) | Kontrakcija (mm) | Maksimalna kontrakcija (mm) | Relativna promena | |
| TrA | desna | 4.12 \pm 0.98 | NA | 6.40 \pm 1.74 | 0.56 \pm 0.27* | 4.00 \pm 1.01 | NA | 8.44 \pm 2.73 | 1.14 \pm 0.52* | 0.35 |
| | leva | 4.16 \pm 1.05 | NA | 6.31 \pm 1.88 | 0.52 \pm 0.23* | 4.14 \pm 2.73 | NA | 8.52 \pm 2.96 | 1.07 \pm 0.45* | |
| LM | desna | 26.12 \pm 4.76 | 32.89 \pm 5.36 | 34.43 \pm 5.88 | 0.33 \pm 0.14* | 26.92 \pm 4.65 | 35.09 \pm 5.21 | 37.87 \pm 4.79 | 0.42 \pm 0.16* | 0.81 |
| | leva | 27.12 \pm 5.12 | 33.71 \pm 6.19 | 35.43 \pm 6.02 | 0.32 \pm 0.15* | 27.42 \pm 5.59 | 35.94 \pm 6.19 | 38.55 \pm 5.41 | 0.43 \pm 0.17* | |

TrA- m.transversus abdominis, LM – mm.multifidi lumborum, * - statistički značajna razlika je nadjena za efekat grupe ($F << 1$, $p < 0.05$). Rezltati ANOVE su granucna znacajnost za efekat grupe za TrA u miru i max kontrakciji, a za normalizovane vrednosti TrA i LM je znacajan efekat grupe, ** - effect size za rezliku izmedju relativnih promena debljine mišića izmedju ispitanika sa LB i zdravih

3.37 Razlike između DN4+ i DN4- ispitanika sa lumbalnim bolom (tabela 13)

U okviru grupe subjekata sa LBP, pratili smo i razlike između podgrupa sa (DN4+) i bez (DN4 -) znakova neuropatskog bola prema DN4 skali. Ovo praćenje je pokazalo da ispitanici sa LBP koji imaju neuropatski bol (DN4+) imaju i značajno veći Oswestry skor ($p < 0.000$), VAS u nozi ($p = 0.049$), značajno manji obim ektenzije u LS segmentu kičmenog stuba ($p = 0.014$), značajno manji MMT skor ($p = 0.015$), značajno manji senzitivni skor, kako za dodir ($p = 0.001$), tako i za bol ($p = 0.002$) u poređenju sa grupom ispitanika sa LB koji nemaju neuropatski bol (DN4 -). Drugi klinički parametri (VAS u LS, obim fleksije u LS segmentu, test istežanja) nije bio značajno različit između subjekata sa i bez neuropatskog bola ($p = 0.08$, $p = 0.247$, i $p = 0,68$ redom) pre terapije. Razlika u vrednostima BDI skora između ove dve podgrupe je bila granična, ali nije dostizala statističku značajnost ($p = 0.053$).

EMG signali za LM i TrA, obostrano, su bili ujednačeni između podgrupa sa i bez neuropatskog bola. Tako za LM efekat grupe neuropatski vs neneuropatski $F(1,71) = 0.47$ $p = 0.50$, efekat strane $F(1,71) = 0$, $p = 1$, efekat interakcije grupa x strana $F(1,71) = 0$, $p = 1$. Za TrA efekat grupe takodje nije bio značajan: $F(1,71) = 0.42$ $p = 0.52$, ni efekat strane $F(1,71) = 0$, $p = 1$, ni interakcije grupa x strana $F(1,71) = 0.73$ $p = 0.40$

Relativne promene debljine LM pri aktivaciji obostrano nisu bile značajno različite (efekat grupe $F(1,18) = 0$, $p = 1$; efekat strane $F(1,18) = 0.302$ $p = 0.859$, efekat interakcije grupa x strana $F(1,18) = 0.07$ $p = 0.787$), ali je promena TrA pri kontrakciji obostrano, merena ultrazvukom, bila značajno manja kod ispitanika sa znacima neuropatskog bola (značajni su efekat grupe $F(1,18) = 5.083$ $p = 0.037$ i efekat strane $F(1,18) = 4,647$ $p = 0.045$, nije značajan efekat interakcije grupa x strana $F(1,18) = 0.009$, $p = 0.924$ (tabela 13).

Tabela 13. Antropometrijske, demografske, kliničke, EMG i UZ karakteristike ispitanika sa neuropatskom komponentom bola i bez nje u grupi sa lumbalnim bolom pre terapije

| Parametar | Srednja vrednost , sd | | Razlike p | Effect size ¹ | |
|----------------|-----------------------|---------------|----------------------|--------------------------|------|
| | DN4+ | DN4- | | | |
| starost | 59.61 ± 12.24 | 52.35 ± 15.44 | 0.14 | 0.52 | |
| BMI | 27.59 ± 3.64 | 27.28 ± 4.42 | 0.79 | 1.22 | |
| Bracno stanje | 1 | 1 | | - | |
| Obrazovanje | 2 | 2 | | - | |
| ODS* | 36.94 ± 4.81 | 27.94 ± 9.56 | < 0.000 | 1.53 | |
| VAS LS | 6.39 ± 2.38 | 5.21 ± 2.60 | 0.06 | 0.47 | |
| VAS DE* | 6.78 ± 2.73 | 5.10 ± 3.24 | 0.049 | 0.56 | |
| F | 26.55 ± 11.41 | 30.40 ± 13.39 | 0.25 | 0.31 | |
| E* | 10.44 ± 5.22 | 14.83 ± 8.73 | 0.014 | 0.61 | |
| MMT* | 43.72 ± 7.46 | 48.54 ± 2.74 | 0.015 | 0.86 | |
| Sd* | 24.06 ± 3.12 | 26.89 ± 1.44 | 0.001 | 1.16 | |
| Sb* | 24.39 ± 3.20 | 27.17 ± 1.34 | 0.001 | 1.13 | |
| Test istežanja | 2.06 ± 1.16 | 1.87 ± 0.89 | 0.68 | 0.18 | |
| BDI | 16.06 ± 8.07 | 11.44 ± 6.93 | 0.053 | 0.84 | |
| DN4* | 5.39 ± 1.36 | 1.69 ± 1.34 | <0.000 | 2.74 | |
| EMG | TrA desno | 0.51 ± 0.28 | 0.53 ± 0.33 | 0.52 ² | 0.01 |
| | TrA levo | 0.62 ± 0.28 | 0.50 ± 0.31 | | |
| | LM desno | 0.83 ± 0.17 | 0.81 ± 0.25 | 0.50 ² | 0.01 |
| | LM levo | 0.85 ± 0.14 | 0.82 ± 0.19 | | |
| UZ | TrA desno* | 0.42 ± 0.26 | 0.61 ± 0.26 | P=0.036 ² | 0.57 |
| | TrA levo* | 0.41 ± 0.19 | 0.55 ± 0.23 | p=0.045 ³ | |
| | | | | p=0.924 ⁴ | |
| | LM desno | 0.36 ± 0.16 | 0.32 ± 0.14 | P=1 ² | 0.33 |
| | LM levo | 0.30 ± 0.15 | 0.33 ± 0.15 | p=0.589 ³ | |
| | | | p=0.787 ⁴ | | |

DN4+ grupa sa neuropatskom komponentom bola prema skor na DN4 skali, DN4- grupa bez neuropatske komponente bola, ODS. Oswestry Disability skor, VAS- vizuelna analogna skala, LS- lumbosakralna regija, DE- donji ekstremiteti, F- fleksija LS segmenta kičmenog stuba, E- ekstenzija LS segmenta kičmenog stuba, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibiliteta za bol, BDI: Beck Depression Inventory skor, DN4- skor na DN4 testu, TrA-m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, EMG- elektromiografija, UZ – ultrazvuk, 1- cohen's d za t test, χ^2 za ANOVA, 2- ANOVA efekat grupe (DN4+ vs. DN4-), 3- efekat strane (desno vs levo), 4 - efekat interakcije grupa x strana, * p <0.05

3.4 Korelacija debljine TrA i LM sa starošću, indeksom telene mase, kliničkim parametrima (onesposobljenošću, jačinom bola, testom istezanja, obimom pokreta LS, MMT, senzibilitetom, BDI skorom, DN4skorom, EMG)

3.41 Korelacija debljine i promene debljine mišića sa starošću (tabele 14 i 15)

Relativna promena debljine mišića nije značajno korelirala sa starošću ispitanika ni u jednoj grupi (tabela 14). Apsolutne vrednosti debljine mišića su značajno negativno korelirale sa starošću, i to sa debljinom levog LM miru ($r^2 = -0.28$, $p=0.019$) i pri maksimalnoj kontrakciji ($r^2 = -0.27$, $p = 0.023$), desnog TrA u kontrakciji tokom ADIM manevra ($r^2 = -0.25$, $p=0.036$), i levog TrA i u miru ($r^2 = -0.33$, $p=0.005$) i u kontrakciji ($r^2 = -0.40$, $p=0.0006$) u grupi ispitanika sa LBP pre terapije. U grupi zdravih, debljina desnog TrA tokom aktivacije i levog TrA tokom relaksacije značajno negativno koreliraju sa starošću ($r^2 = -0.38$, $p=0.014$; $r^2 = -0.43$, $p=0.005$ redom). (tabela 15)

3.42 Korelacija sa indeksom telesne mase (BMI)(tabele 14 i 15)

U grupi 70 ispitanika sa LBP pre terapije, značajne pozitivne korelacije su pokazane između vrednosti BMI i bazičnih, apsolutnih vrednosti debljina LM u miru (za LM dex $r^2 = 0.27$, $p = 0.023$, za LM sin $r^2 = 0.32$, $p = 0.007$) i u voljnoj maksimalnoj kontrakciji za LM sin ($r^2 = 0.26$, $p = 0.029$), ali ne i između BMI i voljne kontrakcije za desni LM ($r^2 = 0.23$, $p = 0.055$, tabela 15). Relativne promene debljine LM mišića nisu značajno korelirali sa BMI (tabela 14). Sa druge strane, relativne promene debljine TrA sa obe strane su negativno korelirale sa BMI ($r^2 = -0.34$ $p=0.004$ za TrA dex, $r^2 = -0.30$ $p=0.011$ za LM sin), dok apsolutne vrednosti TrA u miru i kontrakciji nisu značajno korelirali sa vrednostima BMI (desni TrA u miru $r^2 = 0.09$ $p = 0.459$, u kontrakciji $r^2 = -0.10$ $p = 0.410$; levi TrA u miru $r^2 = 0.07$ $p= 0.565$, u kontrakciji $r^2 = -0.09$, $p= 0.459$).

U grupi od 41 zdravog ispitanika značajnu korelaciju sa BMI pokazale su debljine TrA sa obe strane u miru ($r^2 = 0.32$ $p=0.041$ za desni, $r^2 = 0.42$ $p=0.006$ za levi TrA), kao i debljina desnog LM tokom voljne kontrakcije ($r^2 = 0.32$ $p=0.0041$), dok druge vrednosti bazične debljine mišića kao ni relativne promene debljine nisu značajno korelirali sa BMI (tabela 14 i 15).

Tabela 14. Korelacija relativne promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum sa starošću i indeksom telesne mase kod ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih

| Mišić | Strana | Koefficient korelacije (95% C) | | | |
|-------|--------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|
| | | Starost (god) | | BMI (kg/m ²) | |
| | | LB | Zdravi | LB | Zdravi |
| TrA | Desno | 0.09 (-0,15– 0.32) | -0.00 (-0.31–0.31) | -0.05 (-0.28–0.19) | -0.01 (-0.32– 0.30) |
| LM | Levo | 0.07 (-0.17 – 0.3) | -0.04 (-0.34–0.39) | 0.12 (-0.12– 0.35) | -0.19 (-0.47–0.13) |
| | Desno | -0.21 (-0.42–0.03) | 0.18 (-0.14–0.46) | -0.34* (-0.53– -0.16) | -0.17 (-0.46–0.14) |
| | Levo | -0.23(-0.44–0.01) | 0.21 (-0.10–0.49) | -0.30* (-0.50– -0.07) | -0.19 (-0.47– 0.12) |

LB –lumbalni bol, TrA- m.transversus abdomini, LM- m.multifidus lumborum, BMI- indeks telesne mase, *p<0.05

Tabela 15. Korelacija izmedju apsolutnih vrednosti debljine m.transversus abdominis i mm.multifidii lumborum u stanju relaksacije i kontrakcije, i starosti , kao i indeksa telesne mase za ispitanike sa LB i zdrave

| Mišić | Debljina mišića (mm) | | Koeficijent korelacije (95% CI) | | | |
|-------|----------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | LB | | Zdravi | |
| | | | Starost | BMI | starost | BMI |
| TrA | Desno | Relaksacija | -0.15 (-0.37 – 0.09) | 0.09 (-0.15 -0.32) | -0.04 (-0.34 – 0.27) | 0.32* (0.01 – 0.57) |
| | | Kontrakcija | -0.25* (-0.46 - -0.02) | -0.10 (-0.33- 0.14) | -0.38* (-0.61 - - 0.08) | 0.14 (-0.17 – 0.43) |
| | Levo | Relaskacija | -0.33* (-0.52 - -0.10) | 0.07 (-0.17- 0.3) | -0.43* (-0.65 - - 0.14) | 0.42* (0.13 – 0.64) |
| | | Kontrakcija | -0.40 *(-0.58 - -0.18) | -0.09 (-0.32-0.15) | -0.29 (-0.55- 0.02) | 0.25 (-0.06 – 0.52) |
| LM | desno | Relaksacija | -0.21 (-0.42 – 0.02) | 0.27* (0.04-0.47) | -0.18 (-0.46 – 0.13) | 0.21(-0.10 – 0.49) |
| | | Kontrakcija | -0.15 (-0.37 – 0.09) | 0.22 (-0.02 – 0.43) | -0.23 (-0.50 – 0.08) | 0.32* (0.01 – 0.57) |
| | levo | Max kontrakcija | -0.18 (-0.40 – 0.06) | 0.23 (-0.01 – 0.44) | -0.23 (-0.50 - 0.08) | 0.27 (-0.04 – 0.53) |
| | | Relaksacija | -0.28* (-0.48 - -0.05) | 0.32* (0.09 – 0.52) | -0.11 (-0.40 – 0.20) | 0.29 (-0.02 – 0.55) |
| | | Kontrakcija | -0.22 (-0.43- 0.01) | 0.26* (0.03 – 0.47) | -0.14 (-0.43 – 0.17) | 0.26 (-0.05 – 0.53) |
| | | Max kontrakcija | -0.27* (-0.47 - -0.04) | 0.26* (0.03 – 0.47) | -0.17 (-0.45 – 0.14) | 0.25 (-0.06 – 0.52) |

LB –lumbalni bol, TrA- m.transversus abdomini, LM- m.multifidus lumborum, BMI- indeks telesne mase, *p<0.05

3.43 Korelacija UZ sa ODS (tabele 16 i 17)

Relativne promene debljine TrA sa obe strane značajno negativno koreliraju sa Oswestry Disability skorom u grupi LBP subjekata pre terapije ($r^2 = -0.25$, $p=0.036$ za TrAdex, $r^2 = -0.34$, $p=0.004$ za TrA sin) (tabela 16). Značajnu negativnu korelaciju sa Oswestry skorom pre terapije smo pokazali i sa vrednostima debljine TrA kontrahovanim tokom ADIM manevra, obostrano (za TrA dex $r^2 = -0.24$, $p = 0.045$, za TrA sin $r^2 = -0.30$, $p = 0.011$), dok debljine TrA u miru (za TrA dex $r^2 = -0.11$, $p = 0.364$, za TrA sin $r^2 = -0.14$, $p = 0.247$) kao ni UZ parametri za LM, nisu značajno korelirali sa Oswestry skorom (LM dex u miru $r^2 = -0.20$, $p = 0.09$, u kontrakciji $r^2 = -0.16$, $p = 0.185$, u maksimalnoj kontrakciji $r^2 = -0.17$, $p = 0.159$; relativna promena debljine $r^2 = 0.08$, $p = 0.510$; LM sin u miru $r^2 = -0.22$, $p = 0.067$, u kontrakciji $r^2 = -0.16$, $p = 0.185$, u maksimalnoj kontrakciji $r^2 = -0.22$, $p = 0.067$, za relativnu promenu debljine $r^2 = 0.02$, $p = 0.869$) (tabela 17).

3.44 Korelacija UZ sa jačinom bola u leđjima i nozi (tabele 16 i 17)

Vrednosti VAS u lumbalnoj regiji i u nozi, u okviru radikulopatskog bola, značajno koreliraju sa relativnom promenom debljine TrA detektovanih ultrazvukom (sa VAS LS regije : TrA desni $r^2 = -0.29$, $p = 0.014$, TrA levi $r^2 = -0.37$, $p = 0.0016$; sa VAS u nozi : TrA desno $r^2 = -0.31$, $p = 0.009$, TrA levo $r^2 = -0.32$, $p = 0.006$) (tabela 16). Značajna negativna korelacija sa VAS u LS regiji pronadjena je sa apsolutnom vrednošću debljine levog TrA u maksimalnoj voljnoj kontrakciji ($r^2 = -0.32$, $p = 0.006$), dok su značajne korelacije između VAS za nogu i apsolutnim vrednostima debljine mišića nadjene za desni LM u miru ($r^2 = -0.29$, $p = 0.014$) i kontrakciji ($r^2 = -0.26$, $p = 0.029$), i levog LM u miru ($r^2 = -0.26$, $p = 0.029$), kontrakciji ($r^2 = -0.25$, $p = 0.036$) i maksimalnoj kontrakciji ($r^2 = -0.29$, $p = 0.014$), kao i za TrA desno ($r^2 = -0.34$, $p = 0.004$) i levo ($r^2 = -0.35$, $p = 0.003$) tokom kontrakcije (tabela 17).

Tabela 16. Korelacija izmedju relativne promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum i jačine bola označenim pomoću vizuelne analogne skale u lumbalnoj regiji i u nozi, Oswestry Disability skora, indeksa depresivnosti i neuropatskog skora na DN4 skali kod ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih

| Mišić | Strana | Koeficijent korelacije (95% CI) | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----------------------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
| | | VAS L | | VAS noga | | ODS | | BDI | | DN4 | |
| | | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi |
| TrA | Desno | -0.29*(-0.49- -0.06) | - | -0.31*(-0.51- -0.08) | - | -0.25*(-0.46- -0.02) | - | -0.16(-0.38- 0.08) | - | -0.28* (-0.48- -0.05) | - |
| | levo | -0.37*(-0.56- -0.15) | - | -0.32*(-0.52- -0.09) | - | -0.34* (-0.53- -0.12) | - | -0.24*(-0.45- -0.01) | - | -0.28* (-0.48- -0.05) | - |
| LM | Desno | 0.07 (-0.3- 0.17) | - | 0.14 (-0.1 – 0.36) | - | 0.08(-0.16 – 0.31) | - | -0.06 (-0.29 – 0.18) | - | 0.14(-0.1- 0.36) | - |
| | Levo | 0.01(-0.23- -0.24) | - | 0.00 (-0.23 – 0.23) | - | 0.02(-0.22 – 0.25) | - | 0.02 (-0.22- 0.25) | - | 0.05 (-0.19- 0.28) | - |

TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, VAS – vizulena analgna skala, L – lumbalna regija, ODS - Oswestry Disability Score, BDI - Beck Depression Inventory skala, DN4 skor - neuropatski skor na DN4 skali, * p < 0.05

Tabela 17. Korelacija izmedju apsolutnih vrednosti debljine m.transversus abdominis i mm.multifidii lumborum u stanju relaksacije i kontrakcije, i Oswestry Disability skora, ocene bola na vizuelnoj analognoj skali u ledjima i nozi

| Mišić | strana | stanje | Koeficijent korelacije (95%) | | |
|-------|--------|-----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | ODS | VAS LS | VAS DE |
| TrA | Desno | Relaksacija | -0.11 (-0.34 – 0.13) | -0.06 (-0.29 – 0.18) | 0.02 (-0.21 – 0.25) |
| | | Kontrakcija | -0.24* (-0.45 - -0.01) | -0.21 (-0.42 – 0.02) | 0.21 (-0.02 – 0.42) |
| | Levo | Relaskacija | -0.14-0.36 – 0.10) | -0.17 (-0.39 – 0.07) | 0.12 (-0.12 – 0.34) |
| | | Kontrakcija | -0.29* (-0.49 - - 0.06) | -0.32 *(-0.52 - - 0.09) | 0.17 (-0.07 – 0.39) |
| LM | Desno | Relaksacija | -0.20 (-0.42 – 0.03) | -0.12 (-0.35 – 0.12) | 0.19 (-0.05 -0.41) |
| | | Kontrakcija | -0.16 (-0.38 – 0.08) | -0.10 (-0.33 – 0.14) | 0.10 (-0.14 – 0.33) |
| | | Max kontrakcija | -0.17 (-0.39 – 0.07) | -0.08 (-0.31 – 0.16) | 0.10 (-0.14 – 0.33) |
| | Levo | Relaksacija | -0.21 (-0.42 – 0.03) | -0.21 (-0.42 – 0.02) | 0.23 (0.04 – 0.47) |
| | | Kontrakcija | -0.16 (-0.38 – 0.08) | -0.20 (- 0.41 – 0.03) | 0.22 (0.02 – 0.46) |
| | | Max kontrakcija | -0.22 (-0.43 – 0.02) | -0.23 (-0.44 – 0.01) | 0.23 (-0.01 – 0.44) |

TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, ODS- Oswestry Disability skor, VAS- vizuelno analogna skala, LS- lumbosakralni segment kičmenog stuba, DE- donji ekstremiteti, *p<0.05

3.45 Korelacija UZ sa obimom pokreta u LS segmentu kičmenog stuba, MMT skorom, skorovima senzibiliteta, testom istezanja (tabela 18, 19)

U grupi LBP subjekata, relativna promena debljine desnog TrA u ADIM manevru značajno korelira sa veličinom fleksije LS kičme ($r^2 = 0.29$, $p = 0.014$); korelacija sa relativnom promenom debljine levog TrA ne dostiže statističu značajnost u ovoj grupi ispitanika ($r^2 = 0.21$, $p = 0.08$), dok u grupi zdravih relativne promene TrA obostrano značajno koreliraju sa veličinom fleksije LS kičme (za desni TrA $r^2 = 0.34$, $p = 0.029$; za levi TrA $r^2 = 0.48$, $p = 0.001$) (tabela 18). Debljine LM, kao ni njihove relativne promene pri aktivaciji, ne koreliraju značajno sa veličinom fleksije ni u jednoj grupi ispitanika (korelacije relativne promene LM za LB ispitanike desni LM $r^2 = 0.21$, $p = 0.08$, levi LM $r^2 = 0.16$, $p = 0.185$; za zdrave ispitanike desni LM $r^2 = -0.11$, $p = 0.493$, levi LM $r^2 = -0.11$, $p = 0.493$). (tabele 18 i 19).

Značajnu korelaciju sa veličinom ekstenzije LS kičme pokazale su relativne promena debljine levog LM ($r^2 = 0.25$, $p = 0.036$) i levog TrA u grupi sa LBP ($r^2 = 0.26$, $p = 0.029$), dok kod zdravih nije pokazana signifikantna korelacija između veličine ekstenzije i relativne promene debljine merenih mišića (tabela 18).

Snaga mišića u miotomima L2 do S1 procenjena MMT značajno je korelirala sa relativnom promenom debljine desnog TrA ($r^2 = 0.33$, $p = 0.005$) i levog LM ($r^2 = 0.33$, $p = 0.005$) (tabela 18), kao i sa bazičnim vrednostima debljine levog LM u miru, voljnoj i maksimalnoj voljnoj kontrakciji ($r^2 = 0.27$, $p = 0.023$; $r^2 = 0.23$, $p = 0.050$, $r^2 = 0.24$, $p = 0.045$) (tabela 20), dok ostali ultrazvučni parametri nisu pokazali značajnu korelaciju sa vrednostima MMT-a (tabele 18 i 20). Skor senzibiliteta za dodir i bol nisu značajno korelirali sa debljinom mišića, niti sa relativnom promenom te debljine (tabele 18 i 20). Test istezanja nije korelirao značajno sa vrednostima debljine mišića u miru, aktivaciji ili njenom relativnom promenom (Spearman, tabela 18 i 20).

Tabela 18. Korelacija relativne promene debljine mišića m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum mereno ultrazvukom, sa obim pokreta lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba u pravcu fleksije, ekstenzije, testom istezanja , skorom na manuelnom mišićnom testu za donje ekstremitete, skorom senzibiliteta za dodir, skorom senzibiliteta za bol, kod ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih

| Mišić | Strana | Koeficijet korelacije (95% C) | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | | F (stepeni) | | E (stepeni) | | Test istezanja | | MMT | | Sd | | Sb | |
| | | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi | LB | Zdravi |
| TrA | Desno | 0.29*(0.06-0.49) | 0.44*(0.15-0.66) | 0.20(-0.04-0.42) | 0.13(-0.19-0.42) | -0.07(-0.3-0.17) | - | -0.18(-0.40-0.06) | - | 0.07(-0.17-0.34) | - | 0.07(-0.17-0.34) | - |
| | Levo | 0.20(-0.04-0.42) | 0.48*(0.20-0.69) | 0.26*(0.03-0.47) | 0.17(-0.15-0.45) | -0.10(-0.33-0.14) | - | 0.33*(0.10-0.52) | - | 0.05(-0.19-0.28) | - | 0.05(-0.19-0.28) | - |
| LM | Desno | 0.21(-0.03-0.42) | -0.11(-0.40-0.20) | 0.10(-0.14-0.33) | 0.00(-0.31-0.31) | 0.03(-0.21-0.26) | - | 0.33*(0.10-0.52) | - | -0.10(-0.33-0.14) | - | -0.10(-0.33-0.14) | - |
| | levo | 0.16 (-0.08-0.38) | -0.11(-0.40-0.20) | 0.25*(0.02-0.46) | -0.02(-0.33-0.30) | -0.06(-0.29-0.18) | - | 0.11(-0.13-0.34) | - | -0.11(-0.34-0.13) | - | -0.11(-0.34-0.13) | - |

TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum , F – fleksija (u stepenima), E (ekstenzija u stepenima), test istezanja (4 – pozitivan na manje od 30, 3 - pozitivan na 30 do 45, 2 – pozitivan na 45 do 60, 1 – negativan), MMT – skor na manuelnom mišićnom testu za donje ekstremitete, Sd - skor senzibiliteta za dodir, Sb – skor senzibiliteta za bol

Tabela 19. Korelacija izmedju apsolutnih vrednosti debljine m.transversus abdominis i mm.multifidii lumborum izmerenih ultrazvučno, u stanju relaksacije i kontrakcije, sa obimima fleksije i ekstenzije lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba kod ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih

| Mišić | Debljina mišića (mm) | | Koeficijent korelacije (95% CI) | | | |
|-------|----------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| | | | LB | | zdravi | |
| | | | fleksija | ekstenzija | fleksija | ekstenzija |
| TrA | Desno | Relaksacija | -0.17 (-0.40 – 0.07) | -0.31* (-0.51 - - 0.08) | -0.04 (-0.27 – 0.20) | 0.12 (-0.12 – 0.35) |
| | | Kontrakcija | 0.03 (-0.21 – 0.26) | -0.13 (-0.35 – 0.11) | 0.37* (0.15 – 0.56) | 0.24 (0.01 – 0.45) |
| | Levo | Relaskacija | -0.13(-0.35 – 0.11) | -0.25* (-0.46 - -0.01) | -0.24 (-0.45 - - 0.01) | 0.15 (-0.09 – 0.37) |
| | | Kontrakcija | 0.01(-0.23 – 0.24) | -0.05 (-0.28 – 0.19) | 0.13 (-0.11 – 0.35) | 0.19 (-0.05 – 0.41) |
| LM | Desno | Relaksacija | 0.003 (0.232 – 0.237) | 0.06 (-0.18 – 0.29) | 0.17 (-0.07 – 0.40) | 0.10 (-0.14 – 0.33) |
| | | Kontrakcija | 0.06 (-0.18 . 0.29) | 0.04 (-0.20 – 0.27) | 0.08 (- 0.16 – 0.31) | 0.04 (-0.2- 0.27) |
| | | Max kontrakcija | 0.12 (-0.12 – 0.35) | 0.12 (-0.12 – 0.35) | 0.10 (-0.14 – 0.33) | 0.13 (-0.11 – 0.35) |
| | Levo | Relaksacija | -0.001 (-0.24 – 0.23) | 0.04 (-0.20 – 0.27) | 0.14 (-0.1 – 0.26) | 0.12 (-0.12 – 0.35) |
| | | Kontrakcija | 0.17 (- 0.07 – 0.40) | 0.17 (-0.07 – 0.40) | 0.07 (-0.17 -0.30) | 0.04 (-0.2 – 0.27) |
| | | Max kontrakcija | 0.13 (-0.11 – 0.35) | 0.20 (-0.04 – 0.48) | 0.08 (-0.16 -0.31) | 0.14 (-0.1 – 0.36) |

TrA – m.trasnevsus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, *p< 0.05

Tabela 20. Korelacija izmedju apsolutnih vrednosti debljine m.transversus abdominis i mm.multifidii lumborum izmerenim ultrazvučno u stanju relaksacije i kontrakcije , i testa istežanja, skora na manuelnom mišićnom testu za miotome L2 do S1, skora senzibiliteta za dodir i bol za dermatome L1 do S2

| Mišić | strana | stanje | Koeficijent korelacije (95%) | | | |
|-------|--------|-----------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | Test istežanja | MMT | Sd | Sb |
| TrA | Desno | Relaksacija | 0.13 (-0.11 – 0.35) | 0.02 (-0.21 – 0.25) | -0.16 (-0.38 – 0.08) | -0.16 (-0.38 – 0.08) |
| | | Kontrakcija | 0.11 (-0.13 – 0.34) | 0.21 (-0.02 – 0.42) | -0.11 (-0.34 – 0.13) | -0.11 (-0.34 – 0.13) |
| | Levo | Relaskacija | 0.12 (-0.12-0.35) | 0.12 (-0.12 – 0.35) | -0.02 (-0.25 – 0.22) | -0.02 (-0.25 – 0.22) |
| | | Kontrakcija | 0.10 (-0.14 – 0.33) | 0.17 (-0.07 – 0.39) | 0.01 (- 0.22 – 0.24) | 0.01 (- 0.22 – 0.24) |
| LM | Desno | Relaksacija | -0.001 (-0.24 – 0.23) | 0.19 (-0.05 – 0.41) | 0.10 (-0.14 – 0.33) | 0.10 (-0.14 – 0.33) |
| | | Kontrakcija | 0.003 (-0.23 – 0.24) | 0.10 (-0.14 – 0.33) | 0.09 (-0.15 – 0.32) | 0.09 (-0.15 – 0.32) |
| | | Max kontrakcija | -0.01 (-0.23 . 0.22) | 0.10 (-0.14 – 0.33) | 0.18 (-0.06 – 0.40) | 0.18 (-0.06 – 0.40) |
| | Levo | Relaksacija | 0.05 (-0.19 – 0.28) | 0.27* (0.04 – 0.479) | 0.12 (-0.12 – 0.35) | 0.12 (-0.12 – 0.35) |
| | | Kontrakcija | 0.03 (-0.21 – 0.26) | 0.25* (0.02 – 0.46) | 0.08 (-0.16 – 0.31) | 0.08 (-0.16 – 0.31) |
| | | Max kontrakcija | 0.03 (-0.23 – 0.26) | 0.23 (-0.01 . 0.50) | 0.08 (-0.16 – 0.31) | 0.08 (-0.16 – 0.31) |

TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, MMT- skor na manuelnom mišićnom testu, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibiliteta za bol, *p<0.05

Tabela 21. Korelacija između apsolutnih vrednosti debljine m.transversus abdominis i mm.multifidii lumborum izmerenim ultrazvučno u stanju relaksacije i kontrakcije, i Beck Depression Inventory skorom i neuropatskim skorom za ispitanike sa lumbalnim bolom

| Mišić | Strana | Stanje | Koeficijent korelacije (95%) | |
|-------|-----------------|------------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | BDI | DN4 |
| TrA | Desno | Relaksacija | -0.12 (-0.35 - 0.12) | 0.02 (-0.22 – 0.25) |
| | | Kontrakcija | -0.20 (-0.03 -0.42) | -0.01 (-0.24 – 0.23) |
| LM | Levo | Relaskacija | -0.04 (-0.27 – 0.20) | -0.12 (-0.12 – 0.35) |
| | | Kontrakcija | -0.15 (-0.37 -0.09) | -0.24 (-0.45 - - 0.01) |
| | desno | Relaksacija | -0.17 (-0.39 – 0.07) | -0.12 (- 0.35 – 0.12) |
| | | Kontrakcija | -0.15 (-0.37 -0.09) | -0.03 (-0.26 – 0.21) |
| levo | Max kontrakcija | -0.20 (-0.03 -0.42) | -0.03 (-0.26 – 0.21) | |
| | Relaksacija | -0.23 (-0.44 – 0.01) | -0.07 (-0.3 – 0.17) | |
| | Kontrakcija | -0.25 (-0.46 - - 0.02) | 0.19 (-0.05 – 0.41) | |
| | | Max kontrakcija | -0.25 (-0.46 - - 0.02) | -0.05 (-0.28 – 0.19) |

TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, BDI- beck Depression Inventory skor, DN4- neuropatski skor po DN4 skali, *p<0.05

3.46 Korelacija UZ sa DN4 skorom za neuropatski bol (tabela 16 i 21)

Relativne promene debljine TrA pri aktivaciji, sa obe strane, su značajno negativno korelirale sa prisustvom neuropatskog bola (spearman $r = -0.279$, $p = 0.019$ za desni TrA, $r = -0.277$, $p = 0.02$) (tabela 16), kao i sa debljinom levog TrA ($r = -0.244$, $p = 0.041$). (tabela 21).

Relativne promene debljne LM, kao ni njihove debljine u miru i kontrakciji, nisu značajno korelirale sa skorom DN4 skale neuropatskog bola (tabela 16 i 21).

3.47 Korelacija UZ sa skorom depresivnosti BDI (tabele 16 i 21)

Značajnu negativnu korelaciju sa indeksom depresivnosti pronašli smo sa apsolutnim vrednostima debljine levog LM (u miru $r^2 = -0.24$, $p = 0.045$, voljnoj $r^2 = -0.25$, $p = 0.036$ i maksimalnoj kontrakciji $r^2 = -0.25$, $p = 0.036$) (tabela 21) i sa relativnom promenom debljine levog TrA ($r^2 = -0.24$, $p = 0.045$) (tabela 16).

3.48 Korelacija UZ između TrA i LM (tabela 22 a i 22b)

Relativna promena debljine mišića kod ispitanika sa LB pre terapije je značajno korelirala samo na relaciji desni-levi TrA ($r^2=0.67$ $p< 0.0001$), desni –levi LM ($r^2 < 0.0001$), dok nije zabeležena značajna korelacija između relativnih promena TrA i LM (tabela 22a). Slično smo zapazili i kod zdravih, gde su koeficijenti korelacije između TrA bio $r^2 =0.79$, $p<0.0001$, a za LM $r^2 = 0.73$, $p<0.0001$, dok između TrA i LM nije bilo značajne korelacije (tabela 22b).

Tabela 22a Koeficijent korelacije izmedju relativne promene debljine mišića m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) desno (dx) i levo (sn), pre i posle terapije

| Parametar | TrAdesno posle | TrAlevo posle | LMdesno posle | LMlevo posle | TrAdesno pre | TrAlevo pre | LMdesno pre | LMlevo pre |
|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| TrAdesno posle | 1* | 0.760* | -0.312 | -0.181 | 0.311 | 0.121 | 0.229 | 0.007 |
| TrAlevo posle | 0.760* | 1* | -0.254 | -0.212 | 0.425* | 0.239 | -0.001 | -0.153 |
| LMdesno posle | -0.312 | -0.254 | 1* | 0.553* | 0.117 | 0.146 | -0.133 | 0.148 |
| LMlevo posle | -0.181 | -0.212 | 0.553* | 1* | -0.104 | 0.049 | 0.205 | 0.276 |
| TrAdesno pre | 0.311 | 0.425* | 0.117 | -0.104 | 1* | 0.669* | -0.417* | -0.023 |
| TrAlevo pre | 0.121 | 0.239 | 0.146 | 0.049 | 0.669* | 1* | -0.304 | 0.088 |
| LMdesno pre | 0.229 | -0.001 | -0.133 | 0.205 | -0.417* | -0.304 | 1* | 0.655* |
| LMlevo pre | 0.007 | -0.153 | 0.148 | 0.276 | -0.023 | 0.088 | 0.655* | 1* |

*p<0.05

Tabela 22b. Koeficijent korelacije izmedju relativne promene debljine mišića m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) desno i levo kod zdravih

| Parametar | TrAdesno | TrAlevo | LM desno | LM levo |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| TrAdesno | 1* | 0.768* | 0.144 | 0.158 |
| TrA levo | 0.768* | 1* | 0.295 | 0.057 |
| LM desno | 0.144 | 0.295 | 1* | 0.730* |
| LM levo | 0.158 | 0.057 | 0.730* | 1* |

*p<0.05

3.49 Korelacija izmedju relativne promene debljine i amplitude sEMG signala sa odgovarajućih mišića kod ispitanika sa LB i zdravih (tabela 22c)

Statistički značajna korelacija je nadjena izmedju relativne promene debljine TrA i amplitude ipislateralnog mišića i za ispitanike sa LB i za zdrave (LB: desni TrA $r = 0.46$ $p = 0.005$, levi 0.63 $p < 0.000$; zdravi: TrA: desni $r = 0.43$ $p = 0.0079$, levi $r = 0.47$ $p = 0.0033$). Korelacija izmedju relativne promene debljine LM kod ispitanika sa LB je bila značajna sa desne strane ($r = 0.43$, $p = 0.009$), ali ne i sa leve ($r = 0.16$, $p = 0.351$). Kod zdravih ispitanika nadjena je značajna korelacija izmedju relativivne promene i amplitude sEMG LM obostrano: desni LM $r = 0.38$, $p = 0.02$; levi LM $r = 0.36$ $p = 0.028$).

Tabela 22c. Korelacija izmedju relativne promene debljine i sEMG signala sa odgovarajućeg mišića tokom klinički relevantne aktivnosti kod zdravih i ispitanika sa lumbalim bolom

| Mišić | Strana | Koeficijent korelacije (95%CI) | |
|-------|--------|--------------------------------|------------------|
| | | LB | Zdravi |
| TrA | Desno | 0.46* (0.16-0.69) | 0.43*(0.12-0.66) |
| | Levo | 0.63* (0.38-0.79) | 0.47*(0.17-0.69) |
| LM | Desno | 0.43*(0.12-0.66) | 0.38*(0.06-0.63) |
| | Levo | 0.16(-0.18-0.46) | 0.36*(0.04-0.61) |

TrA-m. tranversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum , * $p < .05$

3.491 Ostale korelacije izmedju funkcionalnih i kliničkih mera

Oswestry Disability skor je značajno korelirao i sa nekim drugim obeležjima: sa BDI skorom depresivnosti ($r = 0.44$, $p = 0.0001$), sa obimom fleksije LS kičme ($r = -0.26$, $p = 0.03$), i sa VAS u LS regiji ($r_s = 0.49$, $p < 0.0000$)

3.5 Oporavak subjekata sa LB

3.51 Razlika izmedju ispitanika sa LB pre i posle terapije (tabela 23)

Od 70 ispitanika sa LBP koje smo ispitivali pre sprovođenja terapije, na re-testiranje nakon terapije se odazvalo 27 ispitanika. Prateći razlike izmedju vrednosti kliničkih i ultrazvučnih parametara kod ispitanika sa LBP pre i nakon šestonedeljne terapije došli smo do sledećih rezultata:

Prosečna vrednost Oswestry skora nakon terapije 17.57 ± 14.48 (tabela 23). Iako su vrednosti Oswestry skora u proseku značajno opale ($p=0.0003$), konstatujemo veliku varijabilnost ovog parametra u grupi sa LBP nakon sprovedene terapije.

Nakon šestonedeljne terapije vrednosti VAS u LS regiji bio je 3.25 ± 3.07 , a u nozi 3.48 ± 3.02 (tabela 23). Ispitanici sa LBP su prijavili značajno niži intezitet bola kako u LS regiji (VAS LS $p=0.025$), tako i u nozi (VAS noga $p=0.0058$) nakon terapije (tabela 23)

Depresivnost procenjena BDI skorom se nije značajno promenio nakon terapije ($p= 0.6204$)

Nakon šestonedeljne terapije od ukupno 27 testiranih ispitanika, kod 11 (40%) test istežanja je bio pozitivan na više od 60 stepeni, kod 7 (25,93%) je bio pozitivan na 45 do 60 stepeni, a kod 9 (33.33%) je bio pozitivan u opsegu 30 do 45 stepeni (slika 10, dole). Što se tiče razlike u ovom parametru, na osnovu Wilcoxonovog testa TEP, nadjena Z vrednost je -2.3664 (tabela 23). Kako se test istežanja promenio kod samo 7 ispitanika, ova veličina ne zadovoljava normalnu distribuciju Wilcoxonove W statistike, pa nije bilo moguće izračunati tačnu p vrednost. Medjutim, izračunata W vrednost iznosi 0. Pošto je kritična vrednost $W = 2$ za $n=7$ subjekata, pri $p <$ ili jednako 0.05, izračunata W vrednost je značajna na nivou $p <$ ili jednako 0.05, što znači da promenu u testu istežanja nakon terapije možemo smatrati značajnom.

Vrednosti MMT za miotome donjih ekstremiteta i senzibiliteta za dodir i bol u dermatomima L1 do S2 se nisu značajno promenili nakon terapije (za MMT $p= 0.219$, za senzibilitet za dodir $p= 0.663$, za senzibilitet za bol $p= 0.793$) (tabela 23)

Veličina fleksije u LS segmentu kičmenog stuba se nije značajno promenio nakon 6 nedelja terapije ($p=0.118$), ali ekstenzije jeste ($p=0.046$) (tabela 23)

Dvostruka ANOVA sa ponavljanjem nije pokazala značajne promene ni u apsolutnim (efekat grupe pre vs posle terapije $F(1,70) = 0.01, p=0.9$), ni u relativnim debljinama LM (efekat grupe ($F(1,27) = 1.46 p=0.23$) a TrA se nije promenio u apsolutnim debljinama (efekat grupe ($F(1,70) = 0.016 p=0.899$), ali se značajno poboljšala njegova relativna promena debljine pri aktivaciji: efekat grupe (pre vs posle terapije) $F(1,27) = 11.73 p= 0.0019$, bez obzira na stranu ($F(1,27) = 1.069 p=0.31$, niti interakcije grupa x strana ($F(1,27) = 0.035 P= 0.853$).(tabela 23).

Tabela 23. Klinički i ehosonografski parametri u grupi ispitanika sa lumbalnim bolom pre i nakon terapije, prikazani kao srednja vrednost parametara \pm sd pre i posle terapije

| Parametar | Srednja vrednost \pm sd | | Razlika (p) | Effect size ¹ | |
|-----------------|---------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|------|
| | LB pre terapije | LB posle terapije | | | |
| ODS* | 30.85 \pm 7.00 | 17.75 \pm 4.48 | 0.0003 | 2.29 | |
| VAS L* | 5.30 \pm 2.48 | 3.25 \pm 3.08 | 0.03 | 0.73 | |
| VAS DE* | 6.00 \pm 2.66 | 3.48 \pm 3.32 | 0.05 | 0.84 | |
| BDI | 12.37 \pm 7.65 | 11.33 \pm 7.52 | 0.62 | 0.14 | |
| Test istežanja* | 1.93 \pm 0.87 | 1.60 \pm 0.89 | z=-2.36, p<0.05 | 0.81 | |
| MMT | 47.33 \pm 3.01 | 48.44 \pm 2.91 | 0.22 | 0.37 | |
| Sd | 26.59 \pm 1.72 | 26.78 \pm 1.78 | 0.66 | 0.11 | |
| Sb | 26.89 \pm 1.64 | 27.07 \pm 1.69 | 0.79 | 0.11 | |
| F | 32.93 \pm 12.58 | 38.15 \pm 12.71 | 0.12 | 0.41 | |
| E* | 15.61 \pm 8.60 | 20.85 \pm 10.41 | 0.04 | 0.55 | |
| UZ | TrA desno* | 0.53 \pm 0.24 | 0.78 \pm 0.34 | 0.002 | 0.20 |
| | TrA levo* | 0.47 \pm 0.17 | 1.15 \pm 0.35 | | |
| | LM desno | 0.35 \pm 0.16 | 0.30 \pm 0.14 | 0.23 | 0.20 |
| | LM levo | 0.37 \pm 0.15 | 0.29 \pm 0.12 | | |

LB- lumbalni bol, ODS – Oswestry Disability Score, VAS L – ocena bola u lumbalnom predelu prema vizuelnoj analognoj skali, VAS DE-ocena bola u nozi ili nogama prema vizuelnoj analognoj skali BDI- skor na Beck Depression Inventory MMT – skor na manuelnom mišićnom testu, Sd – skor za senzibilitet za dodir, Sb – skor za senzibilitet za bol, F – obim fleksije u LS segmentu kičmenog stuba, izražena u stepnima, E - obim ekstenzije u lumbosakralnom segmentu kičmenog stuba, izražena u stepnima, TrA – m.transversus abdominis, LM – m.mulitifidus lumborum, 1- size effect racunat kao Cohen's d za t test, odnosno η^2 za ANOVA-u, * p<0.05

Prateći oporavak u okviru grupe sa LBP nakon 6 nedelja terapije, između ispitanika sa i bez neuropatskog bola (tabela 24), zaostaje značajna razlika u veličini DN4 skora ($p=0.0001$), skora senzibiliteta za dodir ($p=0.007$), i VAS za nogu ($p=0.01$ t test, 0.005 Man Whitney test). Drugi klinički (Oswestry skor, VAS LS, MMT skor, senzitivni skor za bol, fleksija i ekstenzija u LS segmentu, BDI skor) ali i ultrazvučni parametri aktivacije LM i TrA (apsolutne i relativne promene debljine mišića pri aktivaciji) se ne razlikuju nakon 6 nedelja terapije između ove dve podgrupe (tabela 24).

Tabela 24. Oporavak ispitanika u odnosu na prisustvo neuropatske komponente bola u grupi sa lumbalnim bolom nakon 6 nedelja terapije

| parametar | Srednja vrednost \pm sd | | Razlike, p | Effect size |
|----------------|---------------------------|-------------------|------------|-------------|
| | DN4- | DN4+ | | |
| ODS | 15.79 \pm 14.78 | 24.63 \pm 12.32 | 0.13 | 0.65 |
| VAS LS | 3.10 \pm 3.16 | 4.95 \pm 2.92 | 0.64 | 0.61 |
| VAS DE* | 2.11 \pm 2.53 | 6.00 \pm 3.21 | 0.005 | 1.34 |
| F | 38.63 \pm 12.63 | 37.00 \pm 13.72 | 0.78 | 0.12 |
| E | 21.39 \pm 9.80 | 16.25 \pm 11.60 | 0.30 | 0.48 |
| MMT | 49.16 \pm 2.00 | 46.75 \pm 4.06 | 0.15 | 0.75 |
| Sd* | 27.42 \pm 1.43 | 25.25 \pm 1.67 | 0.008 | 1.40 |
| Sb | 27.53 \pm 1.43 | 26.35 \pm 2.06 | 0.18 | 0.67 |
| Test istezanja | 1.58 \pm 0.90 | 1.63 \pm 0.91 | 0.76 | 0.06 |
| BDI | 10.84 \pm 7.83 | 12.70 \pm 7.11 | 0.60 | 0.25 |
| DN4* | 1.00 \pm 1.24 | 5.00 \pm 1.69 | 0.0001 | 2.69 |
| UZ TrA desno | 0.81 \pm 0.35 | 0.71 \pm 0.30 | 0.664 | 0.01 |
| TrA levo | 0.79 \pm 0.39 | 0.76 \pm 0.24 | | |
| LM desno | 0.31 \pm 0.15 | 0.26 \pm 0.09 | 0.465 | 0.01 |
| LM levo | 0.30 \pm 0.13 | 0.27 \pm 0.07 | | |

DN4+ grupa sa neuropatskom komponentom bola prema skoru na DN4 skali, DN4- grupa bez neuropatske komponente bola, ODS. Oswestry Disability skor, VAS- vizuelna analogna skala, LS- lumbosakralna regija, DE- donji ekstremiteti, F- fleksija LS segmenta kičmenog stuba, E- ekstenzija LS segmenta kičmenog stuba, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibiliteta za bol, BDI: Beck Depression Inventory skor, DN4- skor na DN4 testu, TrA-m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum UZ – ultrazvuk, *- $p<0.05$

Prateći izolovano oporavak samo ispitanika sa LB bez neuropatskog bola, pokazano je da se nakon terapije značajno smanjio njihov Oswestry Disability skor ($p=0.003$), VAS u LS segmentu ($p=0.0015$), VAS u nozi ($p < 0.00$), test istezanja ($p<0.05$); značajno se poboljšala pokretljivost LS segmenta kičmenog stuba u pravcu fleksije ($p=0.023$) i ekstenzije ($p=0.016$), dok se vrednosti drugih parametara nisu značajno promenile (tabela 25). Međutim, vrednosti obima pokreta u LS segmentu kičmenog stuba u pravcu fleksije ($p<0.000$), ekstenzije ($p=0.006$) i relativne promene debljine LM (efekat grupe $F(1,105)=$

4.773 $p=0.041$) se i dalje značajno razlikuju između grupe sa LB DN4- nakon terapije (tabela 26) i zdravih ispitanika. Efekti strane ($F(1,105)=2.105$ $p=0.163$) i interakcije strana x grupa za relativnu promenu LM ($F(1,105)=0.018$, $p=0.914$) nisu bili značajni između DN4- nakon terapije i zdravih. Nije pokazana značajna razlika relativnoj promeni njihove debljine TrA između ove dve grupe ispitanika (efekat grupe $F(1,105)=1,811$ $p=0.187$).

Tabela 25. Oporavak ispitanika sa LB bez neuropatske komponente bola

| Parametar | Srednja vrednost , sd | | Razlike | Effect size ¹ | |
|----------------|-----------------------|---------------|-------------|--------------------------|-------|
| | DN4- pre th | DN4 –posle th | | | |
| ODS* | 27.94 ± 9.56 | 15.79 ± 14.78 | 0.003 | 0.976 | |
| VAS LS* | 5.21 ± 2.60 | 3.10 ± 3.16 | 0.015 | 0.729 | |
| VAS DE* | 5.10 ± 3.24 | 2.11 ± 2.53 | 0.000 | 1.020 | |
| F* | 30.40 ± 13.39 | 38.63 ± 12.63 | 0.023 | 0.631 | |
| E* | 14.83 ± 8.73 | 21.39 ± 9.80 | 0.016 | 0.706 | |
| MMT | 48.54 ± 2.74 | 49.16 ± 2.00 | 0.305 | 0.258 | |
| Sd | 26.89 ± 1.44 | 27.42 ± 1.43 | 0.171 | 0.369 | |
| Sb | 27.17 ± 1.34 | 27.53 ± 1.43 | 0.356 | 0.259 | |
| Test istežanja | 1.87 ± 0.89 | 1.58 ± 0.9 | 0.225 | 0.321 | |
| BDI | 11.44 ± 6.93 | 10.84 ± 7.83 | 0.77 | 0.080 | |
| DN4 | 1.69 ± 1.34 | 1.00 ± 1.24 | 0.06 | 0.534 | |
| UZ | TrA desno | 0.61 ± 0.26 | 0.81 ± 0.35 | 0.079 | |
| | TrA levo | 0.55 ± 0.23 | 0.79 ± 0.39 | | |
| | LM desno | 0.32 ± 0.14 | 0.31 ± 0.15 | 0.529 | 0.189 |
| | LM levo | 0.33 ± 0.15 | 0.30 ± 0.13 | | |

DN4- -grupa bez neuropatske komponente bola, ODS. Oswestry Disability skor, VAS- vizuelna analogna skala, LS- lumbosakralna regija, DE- donji ekstremiteti, F- fleksija LS segmenta kičmenog stuba, E- ekstenzija LS segmenta kičmenog stuba, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibiliteta za bol, BDI- Beck Depression Inventory skor, DN4 - skor na DN4 testu, TrA-m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, UZ -ultravuk * $p<0.05$

Tabela 26. Obim pokreta LS segmenta kičmenog stuba i ultrazvučni parametri kod ispitanika sa LB bez neuropatske komponente i zdravih

| Parametar | DN4- LB | zdravi | Razlike | Effect size | |
|-------------|---------------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------|
| | posle th | | | | |
| | Srednja vrednost \pm sd | | | | |
| Fleksija* | 38.63 \pm 12.63 | 55.58 \pm 13.97 | 0.000 | 1.270 | |
| Ekstenzija* | 21.36 \pm 9.80 | 30.45 \pm 12.55 | 0.006 | 0.807 | |
| UZ | TrA desno | 0.80 \pm 0.35 | 1.01 \pm 0.46 | 0.187 | 0.520 |
| | TrA levo | 0.79 \pm 0.39 | 0.99 \pm 0.45 | | |
| | LM desno | 0.31 \pm 0.15 | 0.44 \pm 0.17 | 0.041* | 0.774 |
| | LM levo | 0.30 \pm 0.13 | 0.41 \pm 0.29 | | |

DN4- - ispitanici sa LB bez neuropatske komponente bola, TrA-m.transversus abdominis, LM-m.multifidus lumborum, UZ- ultrazvuk, *p<0.05

U grupi DN4+ LB ispitanika, aktivacija TrA značajno poboljšala nakon terapije (efekat grupe F(1,31)=9.54 p=0.0045, efekat strane F(1,31)=0, p=1, interakcije grupa x strana F(1,31)= 0.47 p=0.498), kao i LM (efekat grupe F(1,31)=0.467 p=0.0394, efekat strane F(1,31)=0, p=1, interaksina grupa x strana F(1,31)=0, p=1) dok su ostali parametri ostali nepromenjeni (ODS, VAS u leđjima i nozi, MMT, senzibilitet za dodir i bol, test istežanja, BDI skor, DN4 skor, za sve p> 0.05) (tabela 27.). Treba imati u vidu da je 8 DN4+ LB ispitanika testirano nakon terapije.

Tabela 27. Klinički i ultrazvučni parametri kod ispitanika sa LB i neuropatskom komponentnom bola pre i posle terapije

| Parametar | Srednja vrednost \pm sd | | Razlika | Effect size | |
|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------|
| | Pre terapije | Posle terapije | | | |
| ODS | 33.5 \pm 7.25 | 24.63 \pm 12.43 | 0.13 | 0.874 | |
| VAS LS | 5.25 \pm 2.13 | 4.25 \pm 2.92 | 0.38 | 0.391 | |
| VAS DE | 6.13 \pm 2.23 | 6 \pm 3.21 | 0.93 | 0.047 | |
| F | 38.13 \pm 10.39 | 37 \pm 13.72 | 0.72 | 0.093 | |
| E | 13.63 \pm 7.54 | 16.25 \pm 11.60 | 0.58 | 0.268 | |
| MMT | 45.38 \pm 3.78 | 46.75 \pm 4.06 | 0.37 | 0.349 | |
| Sd | 25.25 \pm 1.58 | 25.25 \pm 1.68 | 1 | 0.0 | |
| Sb | 26.37 \pm 2.07 | 26.38 \pm 2.07 | 1 | 0.0 | |
| Test istežanja | 1 | 1 | - | - | |
| BDI | 13.38 \pm 7.21 | 12.25 \pm 7.11 | 0.75 | 0.158 | |
| DN4 | 4.62 \pm 1.92 | 5 \pm 1.69 | 0.28 | 0.210 | |
| UZ | TrA desno | 0.50 \pm 0.28 | 0.72 \pm 0.31 | 0.0045* | 0.745 |
| | TrA levo | 0.42 \pm 0.16 | 0.76 \pm 0.24 | | |
| | LM desno | 0.26 \pm 0.08 | 0.35 \pm 0.11 | 0.039* | 0.935 |
| | LM levo | 0.27 \pm 0.07 | 0.37 \pm 0.19 | | |

ODS. Oswestry Disability skor, VAS- vizuelna analogna skala, LS- lumbosakralna regija, DE- donji ekstremiteti, F- fleksija LS segmenta kičmenog stuba, E- ekstenzija LS segmenta kičmenog stuba, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibiliteta za bol, BDI: Beck Depression Inventory skor, DN4- skor na DN4 testu, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum UZ – ultrazvuk, *- p<0.05

3.52 Razlika između ispitanika sa LB nakon terapije i zdravih (tabela 28)

Poređenjem nekih kliničkih i ultrazvučnih parametara između grupe zdravih i ispitanika sa LBP koju su završili 6-nedeljni terapijski program, došli smo do rezultata u kojima se vrednosti obima pokreta u LS segmentu kičmenog stuba i dalje značajno razlikuju između ove dve grupe (p<0.000 i za fleksiju i za ekstenziju). Značajno se razlikuje i relativna promena TrA (efekat grupe F(1,117)=7.89 p=0.0059, dok efekti strane (F(1,117)= 0, p=1 i interakcije grupa x strana (F(1,117)= 0.06, p=0.807) nisu značajni. Značajno se razlikuje i relativna promena LM (efekat grupe F(1,117)= 7.89 p=0.0059, bez značajnog efekta strane F(1,117)=0.26 p= 0.618 , niti interakcije strana x grupa F(1,117)=0.25 p= 0.618).

Tabela 28. Kliničke i UZ karakteristike ispitanika sa LB nakon terapije i zdravih prikazani kao srednja vrednost \pm sd i veličina razlike između ovih grupa

| Parametar | Srednja vrednost \pm sd | | Razlika, p | Effect size | |
|-------------|---------------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------|
| | LB posle th | zdravi | | | |
| Fleksija* | 38.15 \pm 12.72 | 59.04 \pm 14.32 | 0.000* | 1.542 | |
| Ekstenzija* | 19.92 \pm 10.41 | 31.31 \pm 12.03 | 0.000* | 1.012 | |
| MMT | 48.44 \pm 2.91 | 50.00 \pm 0.00 | 0.246 | 0.750 | |
| Sd | 26.78 \pm 1.78 | 28.00 \pm 0.00 | 0.416 | 0.967 | |
| Sb | 27.16 \pm 1.69 | 28.00 \pm 0.00 | 0.523 | 0.701 | |
| UZ* | TrAdesno | 0.78 \pm 0.34 | 1.01 \pm 0.46 | 0.006* | 0.569 |
| | TrAlevo | 1.15 \pm 0.35 | 0.99 \pm 0.45 | | |
| | LMdesno | 0.30 \pm 0.14 | 0.44 \pm 0.17 | 0.006* | 0.899 |
| | LMlevo | 0.29 \pm 0.12 | 0.41 \pm 0.29 | | |

LB- lumbalni bol, MMT- skor na manuelnom mišićnom testu, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb—skor senzibiliteta za bol, UZ- ultrazvuk, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, *p<0.05

3.53 Korelacija između promene debljine mišića pre i posle terapije kod ispitanika sa LB (tabela 22)

Ispitivanje korelacije između relativne promene debljine mišića pre i nakon 6-nedeljne terapije pokazalo je da samo promena debljine desnog TrA pre terapije značajno korelira sa promenom debljine levog TrA nakon terapije (pearson $r=0.425$, $p=0.027$) (Tabela 22).

3.54 Odnos promene debljine mišića pre terapije sa kliničkim parametrima nakon terapije u grupi sa LB (tabela 29 i 30)

Adekvatnost (statistička značajnost) multiplog regresionog modela testirana je ANOVA-om; značajan F za sve regresione jednačine indikuje da je model statistički značajan. Veličina koeficijenta determinacija (R^2) nam ukazuje na to koliko je regresija dobra (kakva joj je prediktivna sposobnost) i u kojoj meri nezavisne varijable (eksplanatorne varijable ili prediktori) objašnjavaju varijansu zavisne varijable. Sledeće pitanje koje nas zanima je da li nezavisne varijable (relativne promene debljina mišića) pojedinačno utiču na zavisnu varijablu, tj. Ishod. statistički, to je ekvivalentno testiranju nulte hipoteze da je relevantni regresioni koeficijent jednak nuli. Ovo se može uraditi T testom. Ako je T test za određeni regresioni koeficijent b značajan, to znači da konkretna varijabla utiče na Y (ishod) značajno

Ispitivanje veze između relativne promene debljine mišića kod ispitanika sa LB pre terapije i kliničkih parametara nakon terapije, primenom multiple regresione analize, dobili smo

sledeće rezultate (Tabela 29): prateći R^2 uočavamo da su je 50 do 90% varijanse zavisnih varijabli objašnjena našim modelom, osim VAS u ledjima (31%). Prateći značajnoj F statistike, uočavamo da su u svim slučajevima modeli statistički značajni (tabela 29). Relativne promene debljine mišića pre terapije su zadovoljavajući prediktori ODS, veličine fleksije i ekstenzije nakon terapije, MMT i skorova senzibiliteta, relativne promene TrA obostrano nakon terapije; regresione jednačine za ove parametre su prikazane u Tabeli 29. Prikazane su regresione jednačine u kojima je statistički bio značajan b koeficijent regresije za bar jedanog prediktora (tabela 29). T test koeficijenata b nije bio statistički značajan za svaki pojedinačni mogući prediktor (tabela 30) (relativna promena TrA dx i TrAsn, i LMdx i LMsn pre terapije), pa regresione jednačine za te ishodne parametre nismo uvrstili u tabelu 29.

Detaljan prikaz korelacionih koeficijenata b ispitivanih prediktora, za svaku od ishodnih varijabli je prikazana na tabeli 30.

Tabela 29. Multipla regresiona analiza relativne promene debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) obostrano , pre terapije i kliničkih/UZ parametara nakon terapije kod ispitanika sa LB

| Klinički/ UZ parametar posle terapije | Regresiona statistika | | | Regresiona funkcija |
|---------------------------------------|--|----------------|------------------|--|
| | Koeficijent determinacije R ² | ANOVA F | p | |
| ODS | 0.55 | F(3,26)= 2.45 | 0.008 | ODS= 41.97 - 33.37TrAdx pre - 55.44LMdx pre+ 36.93LMsin pre |
| VAS LS | 0.31 | F(3,26)= 3.39 | 0.035 | - |
| VAS DE | 0.57 | F(4,27)=7.65 | 0.0005 | - |
| Fleksija | 0.91 | F(4,27)=60.32 | <0.000 | F=21.12TrAdx pre + 81.41LMdx pre – 34.51LMsn pre |
| Ektenzija | 0.85 | F(4,27)=32.35 | <0.000 | E=20.26TrAdx pre + 10.53LMdx pre- 19.95LMsn pre |
| MMT | 0.95 | F(4,27)=113.51 | <0.000 | MMT=23.89TrA dx pre + 31.34TrAsn pre+ 64.90LMdx pre- 10.20LMsn pre |
| Sd | 0.96 | F(4,27)=129.90 | <0.000 | Sd=11.67TrAdx pre + 20.03TrAsn pre+ 36,36LMdx pre-7.18LMsn pre |
| Sb | 0.96 | F(4,27)=142.50 | <0.000 | Sb=11,80TrAdx pre + 20.47TrAsn pre + 36.43Lmdxpre – 6.73LMsn pre |
| Test istezanja | 0.69 | F(4,27)=12.67 | <0.000 | - |
| BDI | 0.69 | F(4,27)=12.75 | <0.000 | - |
| DN4 | 0.49 | F(4,27)=5.42 | 0.003 | - |
| TrAdex | 0.91 | F(4,27)=56.89 | <0.000 | TrA dx posle Th= 0.98TrAdx pre + 0.03TrAsn pre + 1.93LMdx pre-1.19LMsn pre |
| TrAsin | 0.90 | F(4,27)=51.09 | <0.000 | TrA sn posle Th=1.06TrAdx pre + 0.26TrAsn pre + 1.76LMdx pre- 1.39LMsn pre |
| Lmdex | 0.81 | F(4,27)=24.96 | <0.000 | - |
| LMsin | 0.85 | F(4,27)=32.90 | <0.000 | - |

- T test nije značajan ni za jedan od mogućih prediktora (promene debljine TrA i LM pre terapije), $p > 0.05$, pa regresiona jednačina za te parametre nije uvrštena u tabelu, ODS – Oswesrty Disability Score, VAS- vizuelna analogna skala, LS- lumboskaralni segment, DE- donji ekstremiteti, MMT- skor na manuelnom mišićnom tesu, Sd- skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibiliteta za bol., BDI- Beck Depression Inventory skor, DN4- neuropatski skor, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, dx- desno, sn- levo

Tabela 30. Korelacioni koeficijenti b za relativne promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum pre terapije za svaku ishodnu varijablu

| ishod | TrAdesno pre | TrA levo pre | LM desno pre | LM levo pre |
|----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | b | | | |
| ODS | -33.73* | 0 | -55.44* | 36.93 |
| VAS LS | 0.91 | 0.62 | -1.92 | 4.12 |
| VAS noga | 0.58 | 0.43 | 1.16 | 1.27 |
| Fleksija | 21.12 | 21.82 | 81.41* | -34.51 |
| Ekstenzija | 20.25* | 10.53 | 33.21* | -19.96 |
| MMT | 23.89 | 31.33* | 64.90* | -10.20 |
| Sd | 11.67 | 20.04* | 36.46* | -7.18 |
| Sb | 11.80 | 20.48* | 36.43* | -6.73 |
| Test istezanja | -0.33 | 2.27 | 2.21 | -0.55 |
| DN4 | 0.88 | 1.41 | -2.12 | 4.58 |
| BDI | 9.94 | -8.68 | 19.97 | 6.35 |
| TrAdesno posle | 0.98* | 0.03 | 1.93* | -1.18* |
| TrAlevo posle | 1.06* | 0.26 | 1.76* | -1.38* |
| LM desno posle | 0.10 | 0.23 | 0.02 | 0.32 |
| LM levo posle | 0 | 0.27 | 0.28 | 0.15 |

ODS- Oswestry Disability skor, VAS LS- jačina bola u leđjima, VAS noga- jačina bola u nozi, MMT- skor manuelnog mišićnog testa, Sd – skor senzibiliteta za dodir, Sb- skor senzibilitata za bol, DN4- neuropatski skor, BDI –Beck Depression Inventory skor, TrA- m.transversus abdominis, LM- m.multifidus lumborum, *p<0.05

Diskusija

Bol i funkcionalna nesposobnost su prominentni fenomeni lumbalnog sindroma. Važnu ulogu u onesposobljenosti ima motorno ponašanje pacijenta. Dosadašnja ispitivanja su pokazala kompleksan odnos bola i motornog ponašanja sa jedne, i bola i funkcionalne sposobnosti sa druge strane. Evidentna hipotrofija mišića dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba nastaje kao posledica inaktiviteta, ali i bolom izazvane modulacije motornog ponašanja. Uloga motornog ponašanja je od velikog značaja za funkcionalnu sposobnost pacijenta sa lumbalnim bolom. Dostupni klasični klinički testovi nam ne daju dovoljan uvid u funkciju dubokih stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba. Objektivizacija pregleda ove grupe mišića bi mogla da doprinese razjašnjavanju kliničkog značaja slabosti ove muskulature kod ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom i potencijalnih menahizama funkcionalnosti. Ovo bi, teoretski, moglo da doprinese boljem plairanju kineziterapijskih intervencija. Cilj našeg istraživanja je bilo usmereno na ispitivanje pouzdanosti ultrazvučne dijagnostike u proceni trofike i funkcije ovih mišića, povezanosti ultrazvučnih parametara debljine i funkcije mišića sa važnim kliničkim fenomenima i posebno, prediktivnog značaja ultrazvučnih parametara pre terapije sa ishodom rehabilitacionog tretmana.

4.1 Pouzdanost UZ merenja debljine TrA i LM

Ispitivanja pouzdanosti merenja ukazuju na dobru ($ICC > 0.60$) do odličnu pouzdanost ($ICC > 0.75$) za istog i između ispitivača (intra i inter-rater) za merenje debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) u miru i kontrakciji, za ispitanike sa lumbalnim bolom (LB) i zdrave, i za iskusnog i za manje iskusnog ispitivača (Tabele 7-9). Male greške merenja predstavljaju pouzdane indikatore za određivanje realnih promena debljine mišića tokom vremena.

Dizajn studija pouzdanosti (inter- and intra-rater reliability) bi trebalo da u najvećoj mogućoj meri repliciraju uslove realnog merenja. Kada je merenje debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) u pitanju, to podrazumeva proveru pouzdanosti za merenja oba ova mišića, za sve varijable od interesa, za ispitivače odgovarajućeg stepena iskustva, za zdrave i za ispitanike sa patologijom od interesa za studiju (lumbalnim bolom u ovom slučaju). Idealno bi bilo da se takva studija pouzdanosti sprovede i na istoj ultrazvučnoj jedinici (aparatu) na kome ćemo sprovoditi i realno merenje, bilo u istraživačke ili klinički

praktične svrhe. Na ovaj način, studije pouzdanosti uračunavaju sve faktore koji utiču na ekvivaletnost i stabilnost rezultata merenja na većom uzorcima. Osim toga, u ove ključne uslove za sprovođenje adekvatne studije pouzdanosti, spada i pravilan izbor mera pouzdanosti, a to su odgovarajući tip koeficijenta korelacije unutar klase (*Intraclass-correlation coefficient, ICC*) i odgovarajuće apsolutne mere slaganja (standardna greška merenja, SEM i minimalna detektibilna promena, MDC) kao indikatore prave promene debljine mišića tokom vremena (a ne posledice eventualne greške merenja).

4.11 Pouzdanost merenja za istog i medju ispitivačima

Model koeficijenta korelacije unutar klase, $ICC_{2,k}$ koji smo ovde primenili predstavlja relativnu meru slaganja izmedju merenja jer zavisi od varijabilnosti izmedju subjekata i od greške merenja. Uzorak u našoj studiji je reprezentativan za populaciju sa lumbalnim bolom koja se leči na Klinici iz koje bi regrutovali ispitanike za dalje ultrazvučna ispitivanja dubokih stabilizatora. Takodje, karakteristike našeg uzorka sa lumbalnim bolom su slične onima koji su uključeni u prethodne studije pouzdanosti (73, 79) i ultrazvučne biofeedback studije (72, 121) što podržava razlog za generalizaciju naših rezultata.

Nalazi većine inter-rater ICC vrednosti iznad 0.75 indikuju odličan stepen slaganja izmedju iskusnog i manje iskusnog ispitivača za sve ispitivane mišiće (m.transversus abdominis vs. m.multifidus lumborum), oba mišićna stanja tokom ispitivanja (mir vs. kontrakcija), i broja analiziranih merenja (jedno vs. prosečno od 3 merenja). Medjutim, izostanak preklapanja 95% CI izmedju ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih ukazuje na značajno nižu, ali i dalje dobru inter-rater pouzdanost kod ispitanika sa lumbalnim bolom, posebno za relativne promene debljine (tabele 7 i 8). Konzistentno niža pouzdanost za relativne promene debljine verovatno potiče od združenog efekta greške merenja u miru i tokom kontrakcije. Dakle, potrebna je veća interakcija izmedju iskusnog i manje iskusnog ispitivača pre nego što bi njihova merenja relativne promene debljine mogla da se smatraju jedanko validnim. Iako zahteva adekvatnu obuku i iskustvo (127), koliko je nama poznato, ne postoje zvanične specifične detaljne preporuke o obimu ove obuke potrebne kad je u pitanju merenje debljine stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba. Sa druge strane, ovakva merenja od strane manje iskusnog ispitivača je realna situacija u kliničkoj ili istraživačkoj praksi. Premda je teško intepretirati rezultate pouzdanosti ultrazvučnog merenja bez uvida u nivo obučenosti ispitivača, mali broj studija je objavio trajanje obuke ili broj (ne)zavisnih ultrazvučnih merenja obavljenih od strane jednog ili više aktuelnih ispitivača (52, 73, 79, 124, 140). S obzirom da je procenjena pouzdanost merenja izmedju ispitivača bila slična za podatke od jednog merenja (tabela 7) i prosečnu vrednost tri merenja (tabela 8), smatramo da

je jedno merenje debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) dovoljno za praćenje ove mere tokom vremena.

Niže vrednosti ICC između ispitivača kod ispitanika sa LB mogu da budu posledica poremećene motorne kontrole mišića trupa ili nekonzistentnog motornog odgovora zbog bola (141).

Medjutim, konzistentno visoke vrednosti ICC za istog ispitivača ($ICC_{2,1} > 0.9$) za sve ispitivane mišiće, stanja aktivnosti i grupe ispitanika govore protiv velike varijabilnosti motornog odgovora. Među ostalim faktorima koji mogu da budu neka od objašnjenja za ovu pojavu su razlike u pozicioniranju, primenjenom pritisku, angulaciji ultrazvučne sonde između dva ispitivača (79) ili nedovoljno jasna demarkacija tzv. „duple“ konture zygoapophysealnog L4-5 zgloba kod ispitanika sa LB zbog izmenjene ehogenosti mišića ili degenerativnih promena u lumbosakralnom segmentu kičmenog stuba (77).

Rezultati ovog istraživanja se većinom slažu sa prethodnim studijama pouzdanosti merenja debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum (52, 68, 69, 79, 83, 88, 105, 113, 121, 124, 135, 140), od kojih je samo mali broj ispitivano i subjekte sa lumbalnim bolom i zdrave (68, 79, 83). Iako je uzorak sa lumbalnim bolom (LB) u ovoj drugoj, malobrojnoj grupi istraživanja, bio po demografskim i kliničkim osobinama sličan našem, rezultati nisu direktno komparabilni jer su autori ovih studija objavili pouzdanost merenja združeno za LB i zdrave. Na taj način, naši rezultati proširuju prethodne opservacije i obezbeđuju nove informacije koje bi mogle da budu korisne i u kliničkoj i u istraživačkoj praksi. Sveukupni rezultati o pouzdanosti merenja debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) ultrazvukom moraju, ipak, da se sagledaju u kontekstu apsolutnih mera slaganja merenja (SEM, MDC).

Greška merenja (SEM) je od interesa zato što je ona pokazatelj preciznosti ili rasipanja, odnosno koliko su vrednosti ponovljenih merenja međusobno bliski po vrednostima. Prema našim rezultatima SEM je bila < 1 mm (uglavom < 0.5 mm) bez jasne razlike između grupa ispitanika, stanja aktivacije mišića ili ispitivača (tabele 7-9). Interpretacija većih SEM za m.multifidus lumborum nego za m.transversus abdominis bi trebalo da uzme u obzir razlike između veličine samih mišića, s obzirom da relativnan odnos debljine mišića i SEM komparabilne ($< 10\%$ debljine mišića). Ponovljena merenja tokom tri dana za redom nisu smanjila SEM, nasuprot nekim objavljenim nalazima (52, 72, 73, 79, 140). Ovo može da bude zbog i inače manjih vrednosti SEM u našoj studiji (efekat poda, *floor effect*) uprkos tome što smo merenja izvodili tri dana za redom. Opadanje SEM-a je objavljeno u studijama u kojima su merenja ponavljana istog dana (52, 72, 79, 140) čime bi ova merenja mogla da budu izložena, ipak, grešci uzrokovanoj pristrasnošću zbog sećanja (*memory bias*). Naš konzervativniji i, u

kliničkim uslovima, realniji pristup je zahtevao svakodnevno novo pozicioniranje ispitanika , ultrazvučne sonde – što je podrazumalo novo traženje markera pozicije, doziranje adekvatnog pritiska sondom, potom ponavljanje motornog zadatka, snimanje i merenje. Očigledno, svi ovi postupci su moguć izvor varijabilnosti. Ipak, SEM je bio nizak i za iskusnog i za manje iskusnog ispitivača. Minimalna detektabilna promena (MDC, *minimal detectable change*) je mera od najvećeg kliničkog interesa, jer ona ukazuje na vrednost izvan koje se izmereni parametar može smatrati zaista promenjenim (tj. minimalna promena koja nije posledica greške). Za razliku od ICC koji je bezimeni broj, MDC se lakše interpretira jer je funkcija SEM i izražava se u istim jedinicama kao i izmereni parametar. Iako ne postoji konsenzus o prihvatljivom nivou MDC-a, smatramo da su MDC_{95} vrednosti <1 mm za m.transversus abdominis i <2.5 mm za m.multifidus lumborum dovoljno male i klinički prihvatljive. Dakle, vrednosti veće od navedenih se mogu smatrati pravim promenama mišićne debljine tokom vremena.

4.2 Razlike izmedju ispitanika sa LB i zdravih

Ispitivanje razlika izmedju grupe ispitanika sa i bez lumbalnog bola, nadjene su statistički značajne razlike za sledeće kliničke i ultrazvučne parametre: vrednosti motornog (MMT) skora, senzitivnog skora za dodir (Sd) i bol (Sb), pokretljivost lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba u pravcu fleksije i ekstenzije, amplitude EMG za sve ispitivane mišiće, kao i vrednosti relativnih promena debljina m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum izračunate na osnovu ultrazvučnih merenja (Tabele 5,11,12)

Većina kliničkih karakteristika ispitanika sa lumbalnim bolom i sa neuropatskom komponentom bola (DN4+ ispitanici) , kao što su onesposobljenost u aktivnostima dnevnog života izazvan lumbalnim bolom (ODS), obim pokreta LS segmenta kičmenog stuba u pravcu ekstenzije, mišićna snaga i senzibilitet ciljanih segmenata, kao i samoocena bola po vizuelnoj analognoj skali skali u nozi, ali i relativna promena debljine m.transversus abdominis merena ultrazvukom su bili teže oštećeni nego u podgrupi sa lumbalnim bolom a bez neuropatske kompotente (tabela 13).

Razlike izmedju ispitanika sa lumbalnim bolom i zdravih u osnovim kliničkim merama, kao što su mišićna snaga i skor senzibiliteta za ciljane segmente, kao i obimi pokreta u LS segmentu kičmenog stuba su očekivan, ali i dalje važan nalaz, kako u svetlu planiranih terapijskih postupaka, tako i u svetlu tumečenja ostalih rezultata ove studije.

Ispitanici sa lumbalnim bolom su imali značajno manju relativnu promenu debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum tokom klinički relevantne aktivnosti u našem uzorku, a slično zapažamo i u drugim studijama (34, 68, 123, 141). Veoma kompleksna studija Kiesel i sar.(68) je poredila, ne samo razlike između zdravih i ispitanika sa lumbalnim bolom, već i podgrupe u okviru lumbalnog bola koje su formirane prema tzv. na tretmanu zasnovanoj klasifikaciji (*Treatment-based Classification*). Ukratko, u pitanju je empirijska podela ispitanika sa lumbalnim bolom prema efektu jedne od četiri terapijske mere: stabilizacija vs. mobilizacija vs. direkciono specifične vežbe vs. trakcija. Sve ove podgrupe ispitanika sa lumbalnim bolom su pokazale manju relativnu promenu debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) za spinalne nivoe L4/5 i L5/S1, pri relevantnoj kliničkoj aktivnosti, u odnosu na zdrave. Slično tome, Wallwork i sar. (141) nalaze manju veličinu poprečnog preseka LM samo za L5 nivo, i manju sposobnost aktivne voljne kontrakcije LM u grupi sa LB. Poredeći razliku u promeni debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.obliquus internus (OI) kod unilateralnog lumbalnog bola, Teyhan i sar.(123) su pokazali da ovi ispitanici imaju obostrano manju promenu debljine od zdravih, kao i da je ovaj poremećaj izraženiji za TrA nego OI pri manevru uvlačenja stomaka (ADIM). Ispitujući razliku u relativnoj promeni debljine za m.transversus abdominis (TrA), ali i m.obliquus externus (OE) i m.obliquus internus (OI) pomoću ultrazvuka, i poredeći te mere sa iglenom EMG za ove mišiće kod zdravih i ispitanika sa LB, Ferreira i sar. (34) su pokazali da se od svih mišćnih slojeva prednje-lateralnog trbušnog zida samo najdublji, tj upravo TrA razlikuje u veličini aktivacije, dok te razlike nisu nadjene za m.obliquus externus (OE) i m.obliquus internus (OI). Produbljujući rad na ovom problemu, nekoliko godina kasnije isti autori su zaključuju da se na veličina aktivacije m.transversus abdominis, detektovane ultrazvukom, može da razlikuje ispitanike sa LB od zdravih (36). Iako bi ovakav nalaz u priličnoj meri podvukao kliničku relevantnost ultrazvučne procene aktivacije mišića trupa kod LB, smatramo da bi ovaj diskriminativni potencijal veličine kontrakcije i dalje trebalo posmatrati obazrivo. Naime, ima suprotnih rezultata, koji ukazuju da, iako se odnos debljine m.transversus abdominis (TrA) u miru i kontrakciji razlikuje između te dve grupe, ona je nedovoljna da jasno diskriminiše ispitanika sa lumbalnim bolom od zdravog (104). Na žalost, odnos debljina m.transversus abdominis u miru i aktivaciji u ove dve poslednje pomenute studije nije računat na isti način.

Naše istraživanje je pokazalo da ne samo što se veličina aktivacije m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum razlikuje između zdravih i ispitanika sa lumbalnim bolom, već je sposobnost ispitanika sa neuropatskim bolom da aktiviraju m.transversus abdominis manja od podgrupe bez neuropatske komponente, a sa lumbalnim bolom. Dakle, poremećaj aktivacije

m.transversus abdominis može biti ključni faktor razlikovanja, ne samo između zdravih i ispitanika sa LB, i što je već pokazano i u drugim studijama (34, 36, 61, 68 , 123), već i u okviru grupe bolnih, zapažamo lošiju aktivaciju ovog mišića, ali ne i m.multifidus lumborum, kod ispitanika sa neuropatskim karakteristikama njihovog bola, što do sada, nije objavljeno. S obzirom na kompleksan i nedovoljno poznat mehanizam motorne kontrole u uslovima bola, može se samo pretpostaviti da je razlog različite jačine aktivacije ove dve grupe mišića kod ispitanika sa neuropatskom komponentnom bola na supraspinalnom nivou.

Uopšte, istovremeno prisustvo bola i poremećaja motorne kontrole je davno uočena karakteristika mnogih bolnih stanja. Patogeneza ove veze još nije rasvetljena. U cilju razjašnjavanja i utvrđivanja eventualnih (uzročnih) veza između lumbalnog bola i poremećaja motorne kontrole dubokih stabilizatora lumbalne kičme, sprovedjena su ispitivanja u kojima je lumbalni bol eksperimentalno izazivan hipertoničnim rastvorom NaCl-a , što je dovelo do kašnjenja i redukcije normalne anticipatorne aktivnosti TrA (ali ne i LM),(29, 60) detektovano ehosonografski, u B-modu . Uz uvažavanje razlika između bolova u realnim kliničkim i eksperimentalnim situacijama, i ovaj drugi model obezbeđuje dokaze da nociceptivna stimulacija dovodi do poremećaja motorne kontrole dubokih stabilizatora LS kičme. Tako je i kod ispitanika sa hroničnim LB, smanjena aktivacija m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum pri relevantnim motornim zadacima, takodje je pokazana u ultrasonografskim merenjima (31, 34, 68, 122).

U prilog tome da se poremećaji motorne kontrole imaju paradigmu i u centralnim regulatornim mehanizmima, govore ispitivanja kortikalne reprezentacije m.transversus abdominis kod ispitanika sa lumbalnim bolom. Naime, mapiranje motornog korteksa pomoću transkranijalne magnetne stimulacije, pokazuje da je reprezentacija m.transversus abdominis u motornoj kori pomerena posterolateralno u hroničnom lumbalnom bolu u odnosu na njegovu poziciju kod zdravih ispitanika (130). Šta više, veličina ove devijacije je u funkciji prethodno pokazane dužine kašnjenja anticipatorne aktivacije m.transversus abdominis (55). Sa druge strane, ciljano uvežbavanje aktivacije ovog mišića (motorno učenje) rezultuje u restoraciji pozicije njegove kortikalne reprezentacije, koja se približava zdravim ispitanicima. Iako nije sigurno kakav je direktan efekat ovog plasticiteta moždane kore na posturalnu motornu koordinaciju, on koincidira i sa normalizacijom sekvence aktivacije mišića tj. uspostavljanjem pravovremene anticipatorne kontrakcije m.transversus abdominis u okviru posturalnih spinalnih prilagodjavanja pred pokrete ekstremiteta.(129, 131). Atraktivnost i praktičnost ovih nalaza je posebno podvučena rezultatima klinički orijentisanih studija, koji pokazuju da ista ta vrsta motornog

učenja ili ciljanog uvežbavanja aktivacije m.transversus abdominis dovodi i do smanjenja bolova i nivoa onesposobljenosti kod ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom (35).

Većina istraživača smatra da smanjena relativna promena debljine ovih mišića pri klinički relevantnoj aktivnosti pokazuje funkcionalni deficit dubokih stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba (34, 146). Analizirajući svoje (36), a i rezultate drugih studija (88, 143), Ferreira i sar. (36) smatraju da je ultrazvučna detekcija aktivacije m.transversus abdominis alternativa referentom zlatnom standardu, iglenoj EMG, koja je skuplja, invanzivna i nosi potencijale rizike za ispitanika. Ipak, ima autora koji sa izvesnom rezervom posmatraju ultrazvučno merenu relativnu promenu debljine mišića, kao meru njihive aktivacije, savetujući da se, zbog brojnih faktora koji utiču na debljinu mišića in vivo, ova mera registruje, ali ne i proglašuje merom mišićne aktivnosti (144). Zbog toga je naše sadašnje stanovište da je, u uslovima kliničkog ispitivanja u kome je potrebno ispitati veći broj ispitanika ili u realnoj kliničkoj praksi, za sada, najprihvatljiviji način ispitivanja funkcije m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum upravo kombinacija površinske elektromiografije i ultrazvučnog merenja debljine mišića pri relevantnoj mišićnoj aktivnosti.

4.3 Korelacija između UZ i kliničkih parametara

Rezultati ove studije su pokazali značajnu korelaciju između relativne promene debljine TrA sa indeksom telene mase (BMI), skorom onesposobljenosti u aktivnostima dnevnog života (ODS), neuropatskim skorom (DN4), delimično sa skorom depresivnosti (BDI) (samo relativna promena levog m.transversus abdominis), sa samoprocenjenom jačinom bola u leđima i nozi, delimično sa pokretljivošću LS segmenta kičmenog stuba u grupi ispitanika sa lumbalnim bolom. Relativne promene debljine LM su pokazale manji „korelacioni potencijal“ i on se uglavnom odnosio na obim pokreta lumbalne kičme u pravcu ekstenzije i delimično na vrednosti motornog (MMT) skora za ispitanike sa lumbalnim bolom. (tabele 14-21). Kod naših ispitanika i sa lumbalnim bolom i kod zdravih, promena debljine mišića je korelirala samo u okviru svoje vrste, a ne i između m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) (tabela 22 a i b).

Procena značaja detektovane veze između sposobnosti za aktivaciju m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum i kliničkih obeležja kod zdravih i ispitanika sa lumbalnim bolom nije jednostavna. Najpre, lumbalni bol je, klinički, složen fenomen: patoanatomski nalazi u hroničnom lumbalnom bolu se mogu naći i kod ljudi koji nemaju lumbalni bol (45);, a dokazani

patoanatomski nalazi ne koreliraju sa nivoom bola i onesposobljenosti (89, 106). Iako se u kliničkoj praksi rukovodimo određenim kliničkim znacima i rutinski ih primenjujemo, nije pronađena ni jasna veza između uobičajenih kliničkih testova spinalne mobilnosti i mišićne fleksibilnosti sa lumbalnim bolom i neuromišićnim disbalansom (106).

Medjutim, činjenica da je funkcionalni i morfološki deficit stabilizatora LS konzistentan nalaz kod ispitanika sa lumbalnim bolom, pa da čak predstavlja i „mogući marker hroničnog lumbalnog bola“(48).

Analizirajući odnos između veličine aktivacije m.multifidus lumborum i m.transversus abdominis i kliničkih parametara kod ispitanika sa lumbalnim bolom, studija Hides i sar.(48) nije pokazala vezu između sposobnosti za aktivaciju ovih mišića sa samoocenom bola u leđjima, ni nivoom onesposobljenosti izraženim kao RMQ skor (Roland Morris Disability Questionnaire, ocena 0-24) (109) i nivoom opšte fizičke aktivnosti ocenjenim pomoću Habitual Activity Questionnaire (HAQ, ocena 0-10) (8). Takodje, nasuprot našim nalazima, rezultati ove studije govore u prilog tome da su sposobnost dobre aktivacije m.multifidus lumborum izražene kroz relativnu promenu veličine poprečnog preseka ovog mišića izmerenu ultrazvukom, povezana sa sposobnošću za aktiviranje m.transversus abdominis i obrnuto, neadekvatna aktivacija m.multifidus lumborum (LM) povezana je sa lošom aktivacijom i m.transversus abdominis (TrA). Lošija aktivacija LM, ali ne i TrA, izražena kroz relativnu promenu debljine ovih mišića izmerenu ultrazvukom, je pokazana kod istovremenog prisustva većeg broja nekih kliničkih obeležja kao što su pozitivan pronirani test nestabilnosti, pozitivan test istezanja, prisustva aberentnih motornih obrazaca tokom fleksije u LS segmentu kičmenog stuba , pozitivan test za lokalnu lumbalnu nestabilnost). (45) . U pokušaju da analizira potencijal ponašanja m.erector spinae za diskriminaciju između zdravih i ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom(LB), (26), osim razlike između zdravih i ispitanika sa hroničnim LB u debljini ovog mišića pri aktivaciji, uglu penacije i amplitudama njegovog sEMG signala, autori zaključuju da je veza između ova tri objektivna parametra sa subjektivnom samoprocenom onesposobljenosti u dnevnom životu izazvanom lumbalnim bolom umerena. Manion (84) nalazi značajnu negativnu korelaciju između indeksa onesposobljenosti izazvanom lumbalnim bolom (RMQ) i veličine aktivacije m.transversus abdominis (TrA) tokom klinički relevantne aktivnosti. Ferreira et al.(34) su našli slabu, ali značajnu korelaciju između poboljšanja sposobnosti za aktivaciju TrA sa redukovanom onesposobljenošću, ali ne i sa redukcijom bola. Kliničko poboljšanje očitovano u redukciji onesposobljenosti izazvanoj lumbalnim bolom mereno modifikovanim Oswestry Disability skorom je asociirano sa značajno većom debljinom m.multifidus lumborum koju su

ispitanici sa lumbalnim bolom postizali nakon spinalne manipulativne terapije (74). Slično tome, potpuno druga vrsta terapije tzv. *dry needling* (insercija igle u m.multifidus lumborum) kod ispitanika sa LB, koja je rezultovala u značajnoj redukciji bola i onesposobljenosti nakon nedeljnu dana, bila je udružena i sa istovremenom značajno boljom relativnom promenom debljine m.multifidus lumborum pri aktivaciji ovog mišića. (75). Istovremeno prisustvo malih vrednosti tzv. lateralnog klizanja (ultrazvučno zabeleženo pomeranje lateralne ivice tela m.transversus abdominis pri njegovoj aktivaciji) na početku 8-nedeljne terapije i produženje putanje klizanja nakon terapije su bili asocirani sa dugoročnom značajnom redukcijom bola, dok relativna promena debljine m.transversus abdominis ni m.obliquus internus nije bila vezana sa promenom jačine bola (132).

Očigledno, osim što studije koje povezuju morfološke i morfometrijske promene mišića dubokih stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba sa kliničkim merama u LB nisu brojne, one su i metodološki prilično neujednačene (146). To nije slučaj samo sa ovim mišićnim grupama i za ovo patološko stanje. Analizirajući ovaj problem i mogućnosti ultrazvučnog praćenja mišićne funkcije neki istraživači zaključuju da „premda su istraživanja u cilju identifikacije normalnih i izmenjenih obrazaca promene mišićne arhitekture i njihovih odnosa sa kliničkim testovima i pokretima su još uvek u veoma ranoj fazi, ovaj pristup deluje obećavajuće i klinički relevantno“ (144).

Iako neke studije ne nalaze značajnu korelaciju između promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum pri klinički relevantnim aktivnostima, sa kliničkim testovima i nivoom onesposobljenosti, većina autora se, ipak slaže, da ispitanici koji imaju bar umeren stepen onesposobljenost zbog lumbalnog bola, slabije aktiviraju m.transversus abdominis (34, 108, 123) / ili m.multifidus lumborum (44, 48, 68). Naše ispitivanje je pokazalo da pokazatelji onesposobljenosti i bola (Oswestry Disability Skor, jačina bola u leđima i nozi, skor neuropatskog bola) značajno koreliraju sa relativnom promenom m.transversus abdominis odredjenom na osnovu ultrazvučnih merenja.

4.31 Korelacija između ultrazvučnih merenja i površinskog EMG signala

Rezultati korelacije između EMG i ultrazvučnog merenja sugerišu da signal površinskog EMG i promenu debljine m.transversus abdominis možemo da koristimo jedan umesto drugog, i još važnije, da relativna promena debljine mišića može da bude indikator mišićne aktivnosti; ovo se

odnosi i na m.multifidus lumborum za zdrave ispitanike, dok rezultati za m.multifidus lumborum u grupi subjekata sa lumbalnim bolom nisu u konkluzivni u punoj meri (tabela 22c). Kao što smo već ranije naveli, brojni faktori mogu da utiču na odnos između EMG signala i promene mišićne debljine, tako da se rezultati korelacije između ova dva parametra moraju sagledavati u nešto složenijem kontekstu. Najpre, promene mišićne geometrije tokom kontrakcije su trodimenzionalne. Iako će se to verovatno u budućnosti promeniti, za sada su sve slike mišića dobijene dvodimenzionalnim ultrazvukom koji, kao takav, ne obezbeđuje punu informaciju o promeni mišićnih dimenzija. Osim toga, mišićna aktivnost je samo jedan od faktora koji utiču na izmerenu debljinu mišića. Na promene dužine mišića utiču i tip kontrakcije, dužina mišića u stanju mirovanja, spoljašnje sile kojima je mišić izložen (intraabdominalni pritisak, aktivnost okolnih mišića), rastegljivost i orijetacija mišićnih vlakana (144).

Suprotstavljeni nalazi nekoliko studija koji su ispitivali odnos između EMG-a i ultrazvučnih (UZ) merenja mišića abdominalnog zida (15, 34, 61, 64, 88, 145) odražavaju ne samo metodološke razlike među njima, nego i ne tako jednostavno kontrolisan paralelizam između EMG i UZ merenja promena debljine ovih mišića. Ilustrativni primer njihovog kompleksnog odnosa su nalazi Whitaker i sar. (145), gde je kod dva subjekta, tokom testa podizanja ispužene noge radi aktivacije m.transversus abdominis (TrA), pokazano pojačanje EMG signala TrA, uz istovremeno smanjenje ili nebeleženje ikakve promene debljine ovog mišića. Zaključci o odnosu između EMG i UZ postaju još manje sigurni, kada se EMG snima površinskim elektrodama, imajuću na umu njegov glavni nedostatak, kontaminaciju signala okolnom mišićnom aktivnošću (*crosstalk*). Sa druge strane, s obzirom na to da igleni EMG odražava aktivnost malog uzorka mišića i da su pokazane su regionalne razlike u aktivnosti m.transversus abdominis (TrA) tokom *draw-in* (ADIM) manevra (133), površinski EMG bi mogao da bude informativniji za procenu veličinu globalne mišićne aktivacije. Glavni načini kontrole *crosstalk* fenomena su pažljiv izbor mesta površinskog senzora i klinički relevantne specifične vrste aktivacije mišića čiju aktivnost ispitujemo. M.transversus abdominis (TrA) je, anatomski, lociran ispod m.obliquus externus (OE) i m.obliquus internus (OI) sve do nivoa ligamentum inguinale (85), ispod kojeg se vlakna OE gube, a OI i TrA zadržavaju sa različitim stepenom međusobnog preplitanja (85). Osim toga, u neposrednoj blizini, medijalno, nalazi se i m.rectus abdominis (RA). Pokazano je da amplitude EMG signala dobijene površinskim elektrodama nad OI i TrA, lociranim neposredno iznad projekcije ingvinalnog ligamenta i na oko 15cm od srednje linije, odgovaraju amplitudama iglenog EMG-a TrA sa odstupanjima do najviše 10-15% (86). Takođe je pokazano da je TrA/OI sEMG signal, registrovan neposredno inferomedijalno od *spinae iliaca anterior superior* (SIAS), jasno odvojen i različit od signala sa m.rectus abdominis za specifične motorne

zadatke, kao što su *draw-in* manevar (manevar uvlačenja prednjeg trbušnog zida, ADIM) i za brze pokrete ekstremiteta (85). Abdominalni *draw-in* manevar (ADIM) selektivno aktivira TrA (28, 42, 119) pa je aktivnost površnije abdominalne muskulature minimalna tokom ovog motornog zadatka (66, 108, 133). Pa ipak, mi i dalje možemo samo da pretpostavimo sa velikom sigurnošću da površinski EMG signali sa prednjeg trbušnog zida, akvimirani sa mesta neposredno medijalno od spinae iliace anterior superior (SIAS), odražavaju predominantno signal m.transversus abdominis (TrA) tokom voljnog ekspirijuma i ADIM manevara. To je, za sada, najbliže pojmu selektivne aktivacije ovog mišića. Poređenje sa rezultatima drugih studija koje se bave odnosom EMG i promene debljine TrA nisu previše informativna, zbog toga što, za sada, jedine dve studije koje su ispitivale odnos površinskog EMG sa debljinom mišića trbušnog zida nisu merile TrA, nego obliquus externus (64) ili obliquus externus i obliquus internus (15). Sa druge strane, u istraživanjima sa iglenim EMG-om m.transversus abdominis uočava se sledeći dijapazon zaključaka: od loše korelacije (145) preko nelinearne veze u uskom opsegu od 0% do 20% od maksimalne voljne kontrakcije (61), do jasnog linearnog odnosa za m.transversus abdominis (88) i za m.transversus abdominis i m.obliquus interus (34). Iako je smešten ispod m.obliquus externus i m.obliquus internus, mišić koji je apsolutno dominantno aktivan tokom *draw in* manevara (ADIM) je m.transversus abdominis (TrA), dok su površinski mišići minimalno involvirani (28, 42, 119, 133) pa možemo da smatramo da doprinos ovog mišića preovladava u signalu sa prednjeg trbušnog zida. Takodje, smatramo da je odnos između sEMG sa opisane lokacije i promene debljine m.transversus abdominis zaslužuje istraživačku pažnju. Značajna korelacija između sEMG m.transversus abdominis i promene njegove debljine kod zdravih i kod ispitanika sa lumbalnim bolom u našem uzorku, bi bila bolje utemeljena da smo u dizajn ispitivanja uključili gradiranu mišićnu kontrakciju, što predstavlja jedno od ograničenja ove studije.

Procene osetljivosti senzora površinskog EMG za m.multifidus lumborum (LM) su suprotstavljene (6, 116). Analizirajući korelaciju između površinskih i intramuskularnih EMG signala kod 3 ispitanika, Stokes i sar. (116) nalaze da su površinske elektrode postavljene nad m.multifidus lumborum osetljivije za signale sa susednog m.longissimus-a nego za aktivnost dublje smeštenog multifidusa. Na žalost, nemamo uvid u detaljan opis položaja površinskih elektroda za m.multifidus lumborum. Nasuprot tome, rezultati Arokoskog i sar. (6) pokazuju da površinske elektrode jesu osetljive za aktivnost m.multifidus lumborum. Iako smo ih plasirali veoma pažljivo prema SENIAM protoklu za m.multifidus lumborum (LM), mi i dalje ne možemo da sa potpunom sigurnošću da tvrdimo da su površni senzori potpuno selektivni za m.multifidus lumborum tokom odabrane klinički relevantne aktivnosti (ekstenzije ledja i

podizanja suprotne ruke). Koliko je nama poznato, do sada se ni jedna studija nije bavila odnosom između površinskog EMG signala i promene debljine m.multifidus lumborum i kod zdravih i kod ispitanika sa lumbalnim bolom. Kiesel i sar. (69) su našli značajnu korelaciju između amplitude signala dobijenog iglenim EMG i promene debljine m.multifidus lumborum izmerene pomoću ultrazvuka kod 5 zdravih ispitanika u opsegu 19 do 34% od maksimalne voljne izometrijske kontrakcije. Značajnu korelaciju između amplitude EMG signala i promene debljine m.multifidus lumborum(LM) koju smo pronašli kod zdravih ispitanika razmatramo oprezno, s obzirom da smo radili sEMG tokom dva nivoa kontrakcije LM. Odnos između ova dva parametra je manje jasan kod ispitanika sa m.multifidus lumborum (LM), gde amplituda signala sa levog LM nije korelirala sa promenom debljine. Detaljnijom analizom podataka, identifikovali smo 10 subjekata čija je voljna kontrakcija levog LM imala veću amplitudu signala od kontrakcije protiv otpora ispitivača (koja bi trebalo da bude maksimalna kontrakcija). Ova pojava je donekle zapažena i za desni LM kod ispitanika sa lumbalnim bolom, kao i kod zdravih, ali u značajno manjoj meri (kod samo 2 zdrava i to za m.multifidus lumborum obostrano, i kod 4 ispitanika sa LB za desni m.multifidus lumborum). Analizirajući distribuciju bola kod subjekata sa unilateralnim prisustvom bola, 7 od ovih 10 ispitanika koji su izvodili voljnu kontrakciju levog m.multifidus lumborum jače od kontrakcije protiv otpora, imali bol upravo sa leve strane. Iako se ova pojava očekuje do određene mere (a i često navodi kao mana postupaka za normalizaciju EMG amplitude prema maksimalnoj kontrakciji), smatramo da je ova zastupljenost (7 od 10) prilično visoka, i može da predstavlja odraz nemogućnosti ovih ispitanika da kompetentno izvedu maksimalnu voljnu kontrakciju protiv otpora. Analizirajući, na primer, intenzitet bola kojom ispitanici sami ocenjuju jačinu svog bola prema vizuelnoj analognoj skali (VAS), zapažamo da je VAS skor kod subjekata sa unilateralnim levostranim bolom čiji je sEMG signal sa levog m.multifidus lumborum tokom voljne kontrakcije jači od signala tokom maksimalne kontrakcije protiv otpora, bio 6.44, dok je kod grupe sa unilateralnim bolom levo čiji je signal voljne kontrakcije očekivano niže amplitude nego pri maksimalnoj voljnoj kontrakciji, ocena bola VAS prosečno iznosio 4.10. Alternativno, mi smo mogli da primenimo neku drugu proceduru normalizacije za EMG signal, ali bi tako dobijeni podaci sa sobom nosili veći rizik za poredjenje EMG signala između subjekata (12, 43, 70).

Relativna promena debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum se razlikuje između subjekata sa lumbalnim bolom i zdravih ispitanika. Ona korelira sa amplitudama sEMG, pa se relativna promena ovih mišića, sa izvesnim oprezom, može posmatrati kao objektivna mera nivoa mišićne aktivacije tokom voljne kontrakcije. Na žalost , za sada još uvek ne znamo pun klinički smisao i relevantnost ovih morfoloških i funkcionalnih nalaza.

4.4 Oporavak

Kod ispitanika sa lumbalnim bolom se, nakon 6-nedeljne terapije, značajno smanjio skor onesposobljenosti (ODS) i jačina bola (VAS) u leđjima i nozi, poboljšao ishod na testu istežanja i povećao obim pokreta LS segmenta kičmenog stuba u pravcu ekstenzije, ali ne i fleksije (tabela 23). Od ehosonografskih parametara, značajno se povećala relativna promena m.transversus abdominis obostrano pri klinički relevantnoj aktivnosti (tabela 23). Jačina bola i stepen onesposobljenosti su , nedvosmisleno, ključni problemi sa stanovišta pacijenata sa lumbalnim bolom, a skor onesposobljenosti (ODS) i jačina bola (VAS) su dokazani kao pouzdani i senzitivni klinički parametri (39,65, 94) .

Iako je ispitivanje pokretljivosti LS segmenta kičmenog stuba deo rutinskog kliničkog ispitivanja, i rezultati brojnih studija govore da su oni redukovani kod pacijenata sa subakutnim i hroničnim lumbalnim bolom (78, 125, 148), ovi obimi pokreta nemaju tako jasnu korelaciju sa oporavkom ove grupe ispitanika. Tako, na primer Parks i sar.(97) ne nalaze vezu izmedj pokretljivosti lumbalne kičme i rezultata na funkcionalnim testovima u hroničnom lumbalnom bolu, Poitras i sar.(102) su objavili slabu pozitivnu krelaciju izmedju obima pokreta u LS segmentu kičmenog stuba i onesposobljenosti kod subakutnih i hroničnih formi lumbalnog bola. Naprotiv, Simmonds i sar . (111) nalaze da veličina lumbalne fleksije negativno korelira sa onesposobljenošću kod ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom.

Oporavak funkcije stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba je , do sada, ispitivan raznim metodama: mehanički , ehosonografski (55), elektromiografski (107) Poboljšana aktivacija m.transversus abdominis kod ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom pokazana je nakon vežbi za jačanje dubokih stabilizatora (34, 84, 121). Redukcija bola i oporavak nakon akutne epizode lumbalnog bola ne znači i automatski oporavak m.multifidus lumborum (51), ali da se veličina poprečnog preseka m.multifidus lumborum povećava ciljanim vežbama za jačanje stabilizatora i da je ta pojava praćena redukcijom bola (53) . Druga grupa autora, Vasseljen i sar. (136) zaključuju da je umanjeње bolova bilo udruženo sa povećanjem relativne debljine m.transversus abdominis, ali zaključuju da je 6 do 8 tretmana vežbama kod hroničnog lumbalnog bola vezano samo delimično doprinose umanjeњу bola. Kao što se iz ovog pregleda vidi, i studje koje prate ponašanja mišića trupa i klinički oporavak ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom, su , takodje, metodološki dosta raznolike, i to u ključnim elementima dizajna, kao što su vrsta parametara koji su praćeni , tip vežbi, dužina terapije. Svesni ovog problema i malog potencijala

za porednjenje efekata terapija u raznim ispitivanjima, akcenat naše studije nije bio na proveravanju da li terapija kojoj su tretirani naši ispitanici sa lumbalnim bolom ima kliničke efekte, već je nas više zanimalo ponašanje m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum kod zdravih i bolnih ispitanika, njihove odnose sa klinimetrijskim parametrima i , konačno, proveravanja da li ima klinički racionalnog opravdanja da se njihovo ponašanje prati pomoću ultrazvuka kod ove grupe ispitanika. S tim u vezi, pokušali smo i da ispitamo i upotrebljivost relativne promene debljine m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum kao prognostičkog faktora sa oporavak ispitanika sa lumbalnim bolom. Naši rezultati govore da je relativna promena debljine ovih mišića na početku terapije zadovoljavajući prediktor skora onesposobljenosti (ODS), motornog skora (MMT skora) i skora senzibiliteta (Sd, Sb), ali ne i prediktor jačine bola nakon 6-nedeljne terapije. Broj studija koje su ispitivale odnos između funkcije m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum i kliničkog ishoda nije velik (34, 40, 84, 132, 151) a i njihovi nalazi su kontradiktorni: prema nalazima Mannion i sar.(84) , i Unsgaard Tondel (132), relativna promena m.transversus abdominis pri manevru uvlačenja stomaka (ADIM manevru) ne korelira sa poboljšanjem kliničkog nalaza, izraženim kroz jačinu bola i onesposobljenost u aktivnostima dnevnog života izazvanom lumbalnim bolom, bez obzira na tip primenjene terapije; pa ipak, veće lateralno klizanje m.transversus abdominis tokom ADIM kod ispitanika sa hroničnim lumbalnim bolom, zabeleženo ultrazvukom, je bilo asocirano sa jačim bolom i manjom klinički značajnom redukcijom bola godinu dana od primenjene terapije (132). Slično našim nalazima, Fritz i sar.(40) nalaze da veličina relativne promene debljine m.multifidus lumborum tokom zadatka podizanja kontralateralne ruke nije bila udruženo sa smanjenjem onesposobljenosti izazvanom lumbalnim bolom, nedelju dana spinalne manipulativne terapije. Prema studiji Zielinski i sar. (151), promena debljine m.multifidus lumborum pre terapije ne može da predvidi jačinu bola, nakon 6-nedeljnog tretmana vežbi jačanja dubokih stabilizatora LS segmenta kičmenog stuba. Međutim, u podgrupi ispitanika koji nisu imali značajan oporavak nakon ovih vežbi, relativna promena debljine m.multifidus lumborum pri njegovoj aktivaciji je bila dobar prediktor nivoa onesposobljenosti izazvanom lumbalnim bolom.

Činjenica je da objektivna procena funkcije m.transversus abdominis-a i m.multifidus lumborum nedostaje u kliničkoj praksi. Ovi mišći su označeni kao ključni stabilizatori lumbalnog segmenta kičmenog stuba. Mi, za sada, ne znamo da li su morfološki i funkcionalni deficiti koji su opisani kod ispitanika sa lumbalnim bolom, primarni događaj ili adaptivno ponašanje u odnosu na pojavu bola ili neke njegove osobine. Uvodjenje objektivnog i jedinstavnog metoda za procenu i praćenje funkcije ovih mišića kod zdravih i ispitanika sa

lumbalnim bolom tokom , ali i nakon epizoda bola u dužem vremenskom periodu bi možda bili značajni za bolje razumevanje sekvence događaja: bol – promene u m.transversus abdominis i/ili m.multifidus lumborum – redukcija ili gubitak bola – potencijalna reverzibilnost ovih promena mišića. Razjašnjavanje ove etiopatološke zakonetke, bi moglo da ima uticaja i na terapijske strategije za razne forme lumbalnog bola, koje su , za sada, nedovoljno utemenjene u praksi zasnovanoj na dokazima.

Broj istraživačkih grupa koje danas koriste ultrazvuk za praćenje trofike i ponašanja m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum danas nije tako skroman.Podaci koje dobijamo na osnovu slike i dinamičkog praćenja ovih mišića mogu da budu korisni u kliničkoj praksi. Medjutim, u kojoj meri to može da doprinese tretmanu pacijenta sa lumbalnim bolom? Jedno od najznačajnijih pitanja u relevantnoj istraživačkoj zajednici danas je koji parametar je najsmisleniji za procenu ispitanika sa lumbalnim bolom (ili nekim drugim bolnim sindromom mišićno-skeletnog sistema)? Mi smo još uvek u fazi potrage za *klinički relevantnim* parametrom mišićne funkcije i praćenja ispitanika sa lumbalnim bolom. Klinički relevantan parametar mora da bude u nedvosmislenoj vezi sa kliničkim karakteristikama kao što su jačina bola i/ili stepen onesposobljenosti , potrebno je da promena te mere podrazumeva promenu važne kliničke karakteristike sa ili bez terapijske intervencije, i da ta mera jasno diskriminiše ispitanika sa lumbalnim bolom od zdravog. Da li je to debljina/ poprečni presek mišića, koja nam, očigledno, može govoriti o postojanju hipotrofije i usmeriti terapiju i praćenje efekata terapije ? Da li je to procena veličine mišićne aktivnosti? Već smo videli da kvantifikovanje mišićne kontrakcije na osnovu promene morfometrijskih karakterisika mišića nije jednostavno.Medjutim, u kontrolisanim uslovima, uprkos poteškoćama u interpretaciji, mogu da budu od značaja za testiranje, ali i planiranje načina lečenja i praćenje njegovih efekata. Ali osim procene jačine aktivnosti, ovaj objektivan način ispitivanja aktivnosti muskulature koja nije lako dostupna niti se može klinički pouzdano pratiti, nam daje i mogućnost praćenja obrasca mišićne aktivnosti, koji je, evidentno, poremećena u lumbalnom bolu. Analiza sekvence aktivacije dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba je u fokusu brojnih neurofizioloških studija. Da li najraprostranjeniji terapijski princip jačanja stabilizatora LS ima efekte na restoraciju koordinacije ovih mišićnog grupa? Da li bi onda i drugi terapijski principi tipa mobilizacije, trakcije, spinalne manipulacije imaju efekte na poremećaj sekvence aktivacije dubokih stabilizatora LS? Ako potpuno različiti terapijski principi kao što su spinalna manipulacija, *dry needling* , jačanje stabilizatora LS udruženi sa povećanjem aktivacije

m.transversus abdominis i m.multifidus lumborum, da li je u osnovi ovog efekta neki zajednički „restorativni“ princip? Ako imaju, da li je zajednički imenitelj tih efekata redukcija bola?

Očigledno, pokušaj da odgovorimo na neka pitanja vezana za objektivizaciju procene i praćnja ispitanika sa LB nas je dovelo u istraživačku situaciju u kojoj se otvara veliki broj novih pitanja. Iako je njihov spisak dugačak, smatramo da bi osnovni cilj narednih istraživanja trebalo da bude razjašnjavanje veze izmedju bola i poremećaja mišićne funkcije.

Zaključak

Relativna promena debljine m.transversus abdominis (TrA), i u manjoj meri, m.multifidus lumborum (LM) značajno korelira sa brojnim kliničkim parametrima, pokazateljima bola i onesposobljenosti izazvanom lumbalnim bolom

Rezultati korelacije između relativne promene debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) kod zdravih i ispitanika sa LB sa EMG odgovarajućih mišića ukazuju da možemo oprezno da razmotrimo njihovu upotrebu kao objektivnu meru aktivnosti ove muskulature

Ultrazvučno merenje debljine u miru, kontrakciji i promene debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) je pouzdan i precizan metod merenja u grupi ispitanika sa LB i zdravih, za jednog i između ispitivača

Relativna promena debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) je značajno različita između ispitanika sa LB i zdravih

Postoji značajna razlika u važnim kliničkim i funkcionalnim parametrima (veličini onesposobljenosti (Oswestry Disability skor), jačine bola u leđima i nozi, testu istezanja i veličini ekstenzije u LS segmentu kičmenog stuba između ispitanika sa lumbalnim bolom pre i nakon terapije

Postoji značajna razlika u relativnoj promeni debljine m.transversus abdominis (TrA), izračunatoj na osnovu ultrazvučnih merenja, između ispitanika sa lumbalnim bolom pre i nakon terapije

Relativna promena debljine m.transversus abdominis (TrA) i m.multifidus lumborum (LM) su zadovoljavajuć prediktor veličine onesposobljenosti izražene Oswestry Disability skorom (ODS) i nekih kliničkih parametara koje ispituujemo u svakodnevnoj kliničkoj praksi, ali ne i prediktor jačine bola nakon 6-nedeljne terapije

Rano uvođenje ciljanog jačanja m.transversus abdominis (TrA) u bezbednim položajima, bi mogao da bude značajan doprinos kineziterapijskom tretmanu pacijenata sa lumbalnim bolom

Literatura

1. Abe T, Kusuhara N, Yoshimura N. et al. Differential respiratory activity of four abdominal muscles in humans. *J.Appl.Physiol* (1985.) .1996 ; 80 (4): 1379-89.
2. Airaksinen O, Brox J.I, Cedraschi C. et al. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain." *Eur.Spine J.* 2006; 15 Suppl 2 : S192-S300.
3. Amaya F, Samad T.A, Barrett L. et al. Periganglionic inflammation elicits a distally radiating pain hypersensitivity by promoting COX-2 induction in the dorsal root ganglion. *Pain.*2009;142(1-2): 59-67.
4. Anderssen GBJ.,Frymoyer JW. *The Epidemiology of Spinal Disorders. The Adult Spine: Principles and Practice.* Ed. G. B. J. Anderssen and J. W. Frymoyer. New York: Raven Press, 1997; 93-141.
5. Arendt-Nielsen L. Graven-Nielsen T, Svarrer H. et al. The influence of low back pain on muscle activity and coordination during gait: a clinical and experimental study. *Pain.*1996; 64(2): 231-40.
6. Arokoski J. P. Kankaanpaa M, Valta T., et al. Back and hip extensor muscle function during therapeutic exercises. *Arch.Phys.Med.Rehabil.* 1999; 80(7): 842-50.
7. Atlas S. J, Nardin RA. Evaluation and treatment of low back pain: an evidence-based approach to clinical care. *Muscle Nerve* 2003; 27 (3): 265-84.
8. Baecke J, Burema J, Frijters J. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am.J.Clin.Nutr.* 1982; 36 (5): 936-42.
9. Beck A. Psychometric properties of the Beck Depression Inventory: Twenty-five years of evaluation. *Clinical Psychology Review* 1988; 8(1): 77-100.
10. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat.Methods Med.Res.* 1999; 8 (2): 135-60.
11. Bogduk, N. Management of chronic low back pain. *Med.J.Aust.* 2004; 180(2): 79-83.
12. Bolgla L, Uhl T. Reliability of electromyographic normalization methods for evaluating the hip musculature. *J.Electromyogr.Kinesiol.* 2007; 17 (1): 102-11.

13. Bouhassira D, Attal N, Alchaar H. et al. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). *Pain* 2005. 114 (1-2); 29-36.
14. Brindle T, Mattacola C, McCrory J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. *Knee.Surg.Sports Traumatol.Arthrosc.* 2003; 11 (4): 244-51.
15. Brown S, McGill S. A comparison of ultrasound and electromyography measures of force and activation to examine the mechanics of abdominal wall contraction. *Clin.Biomech.(Bristol., Avon.)* . 2010; 25 (2): 115-23.
16. Bunce S, Moore A, Hough A. M-mode ultrasound: a reliable measure of transversus abdominis thickness? *Clin Biomech (Bristol, Avon)* .2002; 17(4): 315-17.
17. Campbell W, Vasconcelos O, Laine F. Focal atrophy of the multifidus muscle in lumbosacral radiculopathy. *Muscle Nerve.* 1998; 21 (10): 1350-53.
18. Chhem RK, Kaplan PA, Dussault RG. Ultrasonography of the musculoskeletal system. *Radiologic Clinics of North America* 1994; 32(2): 275-89
19. Chiou S, Shih Y, Chou L. et al. Impaired neural drive in patients with low back pain. *Eur.J.Pain.* 2014; 18(6): 794-802.
20. Cholewicki J, Panjabi M, Khachatryan A. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine (Phila Pa 1976.)*. 1997; 22 (19): 2207-12.
21. Chou R, Qaseem A, Snow V. 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;147:478-491
22. Cicchetti D, Sparrow S. Developing criteria for establishing interrater reliability of specific items: applications to assessment of adaptive behavior. *Am.J.Ment.Defic.* 1981; 86(2): 127-37.
23. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic. 1988.
24. Cowan S, Bennell K, Hodges P. et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch.Phys.Med.Rehabil.* 2001; 82 (2): 183-89.
25. Cuesta-Vargas A, Gonzalez-Sanchez M. Relationship of moderate and low isometric lumbar extension through architectural and muscular activity variables: a cross sectional study. *BMC.Med.Imaging* 2013;13: 38.

26. Cuesta-Vargas A, Gonzalez-Sanchez M. Ability to discriminate between healthy and low back pain sufferers using ultrasound during maximum lumbar extension. *Arch.Phys.Med.Rehabil.* 2014; 95(6): 1093-99.
27. Danneels L, Vanderstraeten G, Cambier D. et al. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *Eur.Spine J.* 2000; 9(4): 266-72.
28. De Troyer A, Estenne M, Ninane V., et al. Transversus abdominis muscle function in humans. *J.Appl.Physiol* (1985.). 1990; 68(3): 1010-16.
29. Dickx N, Cagnie B, Parlevliet T , et al. The effect of unilateral muscle pain on recruitment of the lumbar multifidus during automatic contraction. An experimental pain study. *Man.Ther.* 2010;15(4): 364-69.
30. Djordjevic O, Djordjevic A, Konstantinovic L. Interrater and intrarater reliability of transverse abdominal and lumbar multifidus muscle thickness in subjects with and without low back pain. *J.Orthop.Sports Phys.Ther.* 2014; 44(12): 979-88.
31. Djordjevic O, Konstantinovic L, Miljkovic N et al. Relationship between Electromyographic Signal Amplitude and Thickness Change of the Trunk Muscles in Subjects with and Without Low Back Pain. *Clin.J.Pain* 2014; (epub ahead of print).
32. Eliasziw M, Young S, Woodbury M. et al. Statistical methodology for the concurrent assessment of interrater and intrarater reliability: using goniometric measurements as an example. *Phys Ther.* 1994; 74(8): 777-88.
33. Farasyn A, Meeusen R. The influence of non-specific low back pain on pressure pain thresholds and disability. *Eur.J.Pain.* 2005; 9(4): 375-81.
34. Ferreira P, Ferreira M, Hodges P. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine (Phila Pa 1976.)* 2004; 29(22): 2560-66.
35. Ferreira P, Ferreira M, Maher C et al. Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: a systematic review. *Aust.J.Physiother.* 2006; 52(2): 79-88.
36. Ferreira P, Ferreira M, Nascimento D. et al. Discriminative and reliability analyses of ultrasound measurement of abdominal muscles recruitment. *Man.Ther.* 2011;16(5): 463-69.
37. Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions*, 2nd ed. New York: John Wiley Sons, 1981.
38. Freriks B. Hermens HJ. *European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy*, results of the SENIAM project, Roessingh Research and Development b.v., 1999 . CD-rom.

39. Fritz J, Irrgang J. A comparison of a modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire and the Quebec Back Pain Disability Scale. *Phys.Ther.* 2001; 81(2): 776-88.
40. Fritz J, Koppenhaver S, Kawchuk G. et al. Preliminary investigation of the mechanisms underlying the effects of manipulation: exploration of a multivariate model including spinal stiffness, multifidus recruitment, and clinical findings. *Spine (Phila Pa 1976).*2011; 36 (21): 1772-81.
41. Giesbrecht R, Battie M. A comparison of pressure pain detection thresholds in people with chronic low back pain and volunteers without pain. *Phys.Ther.* 2005; 85(10): 1085-92.
42. Goldman J, Lehr R, Millar A, et al. An electromyographic study of the abdominal muscles during postural and respiratory manoeuvres. *J.Neurol.Neurosurg.Psychiatry.* 1987; 50(7): 866-69.
43. Halaki M, Ginn K. Normalization of EMG Signals: To Normalize or Not to Normalize and What to Normalize to? In : *Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges* . Intech, 2012:176 - 194.
44. Hebert J, Koppenhaver S, Magel J. , et al. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus activation and prognostic factors for clinical success with a stabilization exercise program: a cross-sectional study. *Arch.Phys.Med.Rehabil.* 2010; 91(1): 78-85.
45. Hebert J, Koppenhaver S, Teyhen D. et al. The evaluation of lumbar multifidus muscle function via palpation: reliability and validity of a new clinical test. *Spine J.* 2013;(epub ahead of print)
46. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, et al. *European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy, deliverable of the SENIAM project* , Roessingh Research and Development b.v., 1999.
47. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Manniche C. Low back pain: what is the long-term course? A review of studies of general patient populations. *Eur.Spine J.* 2003; 12(2) (2003): 149-65.
48. Hides J, Stanton W, Mendis M. et al. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain. *Man.Ther.* 2011; 16(6): 573-77.

49. Hides J, Stokes M, Saide, M. et al. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine (Phila Pa 1976.)* 1994; 19(2): 165-72.
50. Hides J A, Richardson C A, Jull G A. Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995; 20(1): 54-58.
51. Hides J A, Richardson C A, Jull G A. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996; 21(23): 2763-2769
52. Hides J, Miokovic T, Belavy D et al. Ultrasound imaging assessment of abdominal muscle function during drawing-in of the abdominal wall: an intrarater reliability study. *J.Orthop.Sports Phys.Ther.* 2007; 37(8): 480-86.
53. Hides J A, Stanton W R, McMahon S, et al. Effect of stabilization training on multifidus muscle cross-sectional area among young elite cricketers with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2008; 38(3): 101-108.
54. Hodges P, Richardson C, Jull G. Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiother Res Int.* 1996;1:30-40.
55. Hodges P, Richardson C. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976.)* 1996; 21(22): 2640-50.
56. Hodges P, Richardson C. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp.Brain Res.* 1997; 114(2): 362-70.
57. Hodges P, Richardson C. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J.Spinal Disord.* 1998; 11(1): 46-56.
58. Hodges P, Richardson C . Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch.Phys.Med.Rehabil.* 1999; 80(9): 1005-12.
59. Hodges P, Moseley G. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J.Electromyogr.Kinesiol.* 2003; 13(4): 361-70.
60. Hodges P W, Moseley G L, Gabrielsson A, et al.. Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res* 2003; 151(2): 262-271

61. Hodges P, Pengel L, Herbert R. et al. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve* 2003; 27(6): 682-92.
62. Hodges, P. W. Ultrasound imaging in rehabilitation: just a fad? *J.Orthop.Sports Phys.Ther.* 2005; 35(6): 333-37.
63. Hyun J, Lee J, Lee S et al. Asymmetric atrophy of multifidus muscle in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976.)* 2007; 32(21): E598-E602.
64. John E, Beith I. Can activity within the external abdominal oblique be measured using real-time ultrasound imaging? *Clin.Biomech.(Bristol., Avon.)* 2007; 22(9): 972-79.
65. Johnsen L, Hellum C. Nygaard O.et al. Comparison of the SF6D, the EQ5D, and the Oswestry disability index in patients with chronic low back pain and degenerative disc disease. *BMC.Musculoskelet.Disord.* 2013; 14: 148.
66. Jull G, Richardson C, Hamilton C et al. Towards the validation of a clinical test for the deep abdominal muscles in back pain patients. In: *Proceedings of Ninth Biennial Conference of the Manipulative Physiotherapists Association of Australia, Gold Coast, Australia, 1995.p* 22-32.
67. Kidd A, Magee S, Richardson C. Reliability of real-time ultrasound for the assessment of transversus abdominis function. *J.Gravit.Physiol* 2002; 9(1): 131-32.
68. Kiesel K, Underwood F, Mattacola C et al. A comparison of select trunk muscle thickness change between subjects with low back pain classified in the treatment-based classification system and asymptomatic controls. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37(10): 596-607.
69. Kiesel K , Uhl T, Underwood F ,et al. Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. *Man Ther* 2007; 12(2): 161-166
70. Knutson L , Soderberg G, Ballantyne B et al. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. *J Electromyogr Kinesiol* 1994; 4(1): 47-59.
71. Konstantinovic Lj. Hroničan bol i funkcionalnost. 14.Kongres fizijatara Srbije sa medjunarodnim učešćem. Subotica. *Balneoclimatologia* 2014; 117-21.
72. Koppenhaver S, Parent E, Teyhen D, et al. The effect of averaging multiple trials on measurement error during ultrasound imaging of transversus abdominis and lumbar multifidus muscles in individuals with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; 39(8): 604-611.

73. Koppenhaver S, Hebert J, Fritz J et al. Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90(1): 87-94.
74. Koppenhaver S, Fritz J, Hebert J, et al. Association between changes in abdominal and lumbar multifidus muscle thickness and clinical improvement after spinal manipulation. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011; 41(6): 389-399.
75. Koppenhaver S, Walker M, Su J. et al. Changes in lumbar multifidus muscle function and nociceptive sensitivity in low back pain patient responders versus non-responders after dry needling treatment. *Man. Ther.* 2015;(epub ahead of print)
76. Krismer M, Tulder M. van. Strategies for prevention and management of musculoskeletal conditions. Low back pain (non-specific). *Best. Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 2007; 21(1): 77-91.
77. Langevin H, Stevens-Tuttle D, Fox J. Et al. Ultrasound evidence of altered lumbar connective tissue structure in human subjects with chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord* 2009; 10: 151.
78. Lariviere, C., Gagnon D, Loisel P. The effect of load on the coordination of the trunk for subjects with and without chronic low back pain during flexion-extension and lateral bending tasks. *Clin. Biomech. (Bristol., Avon.)* 2000; 15(6): 407-16.
79. Lariviere C, Gagnon D, De Oliveira E Jr et al. Ultrasound measures of the lumbar multifidus: effect of task and transducer position on reliability. *PM R* 2013; 5(8): 678-687.
80. MacDonald D, Moseley G, Hodges P. Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain* 2009; 142(3): 183-88.
81. Majid K, Truumees E. Epidemiology and Natural History of Low Back Pain. *Semin Spine Surg* 2008; 20(2):87-92.
82. Mannion A, Kaser L, Weber E. et al. Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *Eur Spine J* 2000; 9(4): 273-281.
83. Mannion A, Pulkovski N, Gubler D. et al. Muscle thickness changes during abdominal hollowing: an assessment of between-day measurement error in controls and patients with chronic low back pain. *Eur Spine J* 2008; 17(4): 494-501.

84. Mannion A, Caporaso F, Pulkovski N. et al. Spine stabilisation exercises in the treatment of chronic low back pain: a good clinical outcome is not associated with improved abdominal muscle function. *Eur Spine J* 2012; 21(7): 1301-1310
85. Marshall P, Murphy B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J.Electromyogr.Kinesiol.* 2003; 13(5): 477-89.
86. McGill S, Juker D, Kropf P. Appropriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity (psoas, quadratus lumborum, abdominal wall) in the lumbar spine. *J.Biomech.* 1996; 29 (11): 1503-07.
87. McGill S. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc.Sport Sci.Rev.* 2001; 29 (1): 26-31.
88. McMeeken J, Beith I, Newham D. et al. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech (Bristol , Avon)* 2004; 19(4): 337-342.
89. Nachemson A. Back pain: delimiting the problem in the next millennium. *Int.J.Law Psychiatry* 1999; 22(5-6): 473-90.
90. Nagano T, Yonenobu K, Miyamoto S et al. Distribution of the basic fibroblast growth factor and its receptor gene expression in normal and degenerated rat intervertebral discs. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995; 20(18): 1972-1978.
91. O'Sullivan, P. Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Man.Ther.* 2005; 10(4): 242-55.
92. Okubo Y, Kaneoka K, Imai A et al. Electromyographic analysis of transversus abdominis and lumbar multifidus using wire electrodes during lumbar stabilization exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010; 40(11): 743-750.
93. Ostelo R, de Vet H. Clinically important outcomes in low back pain. *Best.Pract.Res.Clin.Rheumatol.* 2005; 19 (4): 593-607.
94. Ostelo R, Deyo R, Stratford P et al. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008a; 33(1): 90-94.
95. Özdolap S, Sarikaya S, Kokturk F. Evaluation of Pain Pressure Threshold and Widespread Pain in Chronic Low Back Pain. *Phys Med Rehab* 2014; 60: 32-6.
96. Parkkola R, Rytokoski U, Korman M. Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine (Phila Pa 1976.)* 1993; 18(7): 830-36.

97. Parks K, Crichton K, Goldford R. et al. A comparison of lumbar range of motion and functional ability scores in patients with low back pain: assessment for range of motion validity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003; 28(4): 380-384.
98. Patel A, Ogle A. Diagnosis and Management of Acute Low Back Pain. *Am Fam Physician.* 2000 Mar 15;61(6):1779-1786.
99. Peng B, Wu W, Hou S et al. The pathogenesis of discogenic low back pain. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87(1): 62-67
100. Peng B, Chen J, Kuang Z. et al. Expression and role of connective tissue growth factor in painful disc fibrosis and degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009; 34(5): E178-E182
101. Pillastrini P, Gardenghi I, Bonetti F et al. An updated overview of clinical guidelines for chronic low back pain management in primary care. *Joint Bone Spine* 2012; 79(2): 176-185.
102. Poitras S, Loisel P, Prince F et al. Disability measurement in persons with back pain: a validity study of spinal range of motion and velocity. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81(10): 1394-1400
103. Priority Medicines for Europe and the World 2013 Update. Priority diseases and reasons for inclusion. Low back pain 6.1-3, preuzeto sa www.apps.who.int/medicinedocs/documents/s20220en/s20220en.pdf.
104. Pulkovski N, Mannion A, Caporaso F et al. Ultrasound assessment of transversus abdominis muscle contraction ratio during abdominal hollowing: a useful tool to distinguish between patients with chronic low back pain and healthy controls? *Eur Spine J* 2012; 21 Suppl 6: 750-9
105. Rankin G, Stokes M, Newham D. Abdominal muscle size and symmetry in normal subjects. *Muscle Nerve* 2006; 34(3): 320-26.
106. Renkawitz T, Boluki D, Grifka J. The association of low back pain, neuromuscular imbalance, and trunk extension strength in athletes. *Spine J.* 2006; 6(6): 673-83.
107. Richardson C, Hodges P, Hides J. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain. 2nd ed. London: Churchill Livingstone. 2004.
108. Richardson C, Jull G, Richardson B. A dysfunction of the deep abdominal muscles exists in low back pain patients. *Proceedings of World Confederation of Physical Therapists, Washington DC ,1005.* 932.

109. Roland M, Morris R. A study of the natural history of back pain. Part I: development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine (Phila Pa 1976.)* 1983; 8(2): 141-44.
110. Scott J, Huskisson E. Graphic representation of pain." *Pain* 1976; 2(2): 175-84.
111. Simmonds M, Olson S, Jones S et al. Psychometric characteristics and clinical usefulness of physical performance tests in patients with low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998; 23(22): 2412-2421
112. Smidt N, van der Windt D , Assendelft W et al. Interobserver reproducibility of the assessment of severity of complaints, grip strength, and pressure pain threshold in patients with lateral epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83(8): 1145-1150.
113. Springer B, Mielcarek B, Nesfield T et al. Relationships among lateral abdominal muscles, gender, body mass index, and hand dominance. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36(5): 289-297.
114. Staal J, Hlobil H, Twisk J et al. Graded activity for low back pain in occupational health care: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2004; 140(2): 77-84.
115. Standards for Neurological Clasification of SCI WorkSheet. American Spinal Injury Association [www.asia- spinalinjury.org/publications/2006 Classif_worksheet.pdf](http://www.asia-spinalinjury.org/publications/2006_Classif_worksheet.pdf).
116. Stokes I, Henry S, Single R. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clin.Biomech.(Bristol., Avon.)* 2003; 18(1): 9-13.
117. Stratford P, Goldsmith C. Use of the standard error as a reliability index of interest: an applied example using elbow flexor strength data. *Phys.Ther.* 1997; 77(7): 745-50.
118. Strine T, Hootman J. US national prevalence and correlates of low back and neck pain among adults. *Arthritis Rheum.* 2007; 57(4): 656-65.
119. Strohl K, Mead J, Banzett R et al. Regional differences in abdominal muscle activity during various maneuvers in humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1981; 51(6): 1471-1476.
120. Suseki K, Takahashi Y, Takahashi K et al. Sensory nerve fibres from lumbar intervertebral discs pass through rami communicantes. A possible pathway for discogenic low back pain. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80(4): 737-742
121. Teyhen D, Miltenberger C, Deiters H, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35(6): 346-355.

122. Teyhen D, Williamson J, Carlson N, et al. Ultrasound characteristics of the deep abdominal muscles during the active straight leg raise test. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90(5): 761-767
123. Teyhen D, Bluemle L, Dolbeer J, et al. Changes in lateral abdominal muscle thickness during the abdominal drawing-in maneuver in those with lumbopelvic pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009a; 39(11): 791-798
124. Teyhen D, George S, Dugan J, et al. Inter-rater reliability of ultrasound imaging of the trunk musculature among novice raters. *J Ultrasound Med* 2011; 30(3): 347-356
125. Thomas E, Silman A, Papageorgiou A et al. Association between measures of spinal mobility and low back pain. An analysis of new attenders in primary care. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998; 23(3): 343-347.
126. Tolonen J, Gronblad M, Virri J, et al.. Basic fibroblast growth factor immunoreactivity.
127. Training in diagnostic ultrasound. : essentials, principles and standards. Report of a WHO Study Group. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1998;875:i-46.
128. Trecarichi E, Di M, Mazzotta V, et al. Tuberculous spondylodiscitis: epidemiology, clinical features, treatment, and outcome. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2012; 16 Suppl 2: 58-72.
129. Tsao H, Hodges P. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp.Brain Res.* 2007; 181(4): 537-46.
130. Tsao H, Galea M, Hodges P. Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain* 2008; 131(Pt 8): 2161-71
131. Tsao H, Hodges P. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J.Electromyogr.Kinesiol.* 2008; 18(4): 559-67.
132. Unsgaard-Tondel M, Lund Nilsen T I, Magnussen J et al. Is activation of transversus abdominis and obliquus internus abdominis associated with long-term changes in chronic low back pain? A prospective study with 1-year follow-up. *Br J Sports Med* 2012; 46(10): 729-734.
133. Urquhart D, Hodges P, Allen T, et al. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Man Ther* 2005; 10(2): 144-153.
134. Van Dieen J, Selen L, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *J.Electromyogr.Kinesiol.* 2003; 13(4): 333-51.

135. Van K, Hides J, Richardson C. The use of real-time ultrasound imaging for biofeedback of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. *J.Orthop.Sports Phys.Ther.* 2006; 36(12): 920-25.
136. Vasseljen O, Fladmark A. 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): 482-89.
137. Von Korff M, Jensen M, Karoly P. Assessing global pain severity by self-report in clinical and health services research. *Spine (Phila Pa 1976.)* 2000; 25(24): 3140-51.
138. Vos, T., Flaxman A D, Naghavi M et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; 380(9859): 2163-2196.
139. Waddell G. The clinical course of low back pain. *The back pain revolution* Edinburgh: Churchill Livingstone, 1998:103–117.
140. Wallwork T, Hides J, Stanton W. Intrarater and interrater reliability of assessment of lumbar multifidus muscle thickness using rehabilitative ultrasound imaging. *J.Orthop.Sports Phys.Ther.* 2007; 37(10): 608-12.
141. Wallwork T, Stanton W, Freke M et al. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Man Ther* 2009; 14(5): 496-500.
142. Wasiak R, Kim J, Pransky G. Work disability and costs caused by recurrence of low back pain: longer and more costly than in first episodes. *Spine (Phila Pa 1976.)* 2006; 31(2): 219-25.
143. Whittaker J, Teyhen D, Elliott J et al. Rehabilitative ultrasound imaging: understanding the technology and its applications. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37(8): 434-449.
144. Whittaker J, Stokes M. Ultrasound imaging and muscle function. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011; 41(8): 572-580.
145. Whittaker J , McLean L, Hodder J et al. Association between changes in electromyographic signal amplitude and abdominal muscle thickness in individuals with and without lumbopelvic pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013; 43(7): 466-477.
146. Wong A, Parent E, Funabashi M, et al. Do various baseline characteristics of transversus abdominis and lumbar multifidus predict clinical outcomes in nonspecific low back pain? A systematic review. *Pain* 2013a; 154(12): 2589-2602
147. Wong A, Parent E, Kawchuk G. Reliability of 2 ultrasonic imaging analysis methods in quantifying lumbar multifidus thickness. *J.Orthop.Sports Phys.Ther.* 2013; 43(4): 251-62.

148. Wong T, Lee R. Effects of low back pain on the relationship between the movements of the lumbar spine and hip. *Hum.Mov Sci.* 2004; 23(1): 21-34.
149. Woolf A, Pfleger B. Burden of major musculoskeletal conditions. *Bull.World Health Organ* 2003; 81(9): 646-56.
150. Zedka M, Prochazka A, Knight B, et al. Voluntary and reflex control of human back muscles during induced pain. *J Physiol* 1999; 520 (Pt 2): 591-604.
151. Zielinski K , Henry S, Ouellette-Morton R , et al. Lumbar multifidus muscle thickness does not predict patients with low back pain who improve with trunk stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 2013; 94(6): 1132-1138.

Spisak priloga:

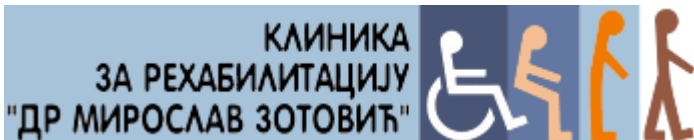
Prilog 1- obrazac informisanog pritstanak ispitanika

Prilog 2 – upitnik Oswestry Disabiliy i kliničke mere

Prilog 3- DN4 upitnik

Prilog 4- Beck Depression Inventory

Prilog 5- obrazac ASIA skala



11000 Београд, Сокобањска бр. 13

Телефони: централа 011.2062500, управа 2062505, факс 2667.623

Poziv da učestvujete u istraživanju o lumbalnom sindromu

Naziv studije: Korelacija kliničkog i funkcionalnog sa ultrazvučnim nalazom mišića dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba kod ispitanika sa lumbalnim sindromom

Pozivamo Vas da učestvujete u istraživanju o lumbalnom sindromu koje se sprovodi na Klinici za rehabilitaciju „Dr Miroslav Zotović“ u Beogradu. Veoma je važno da pažljivo pročitate sledeće informacije o ovom ispitivanju, da ih u potpunosti razumete i da onda odlučite da li želite da učestvujete. Budite slobodni da nam se obratite za razjašnjenje svih Vaših pitanja, nedoumica i nejasnoća na koja će Vam naši istraživači detaljno odgovoriti. Ukoliko želite, razgovarajte sa još nekim, pre nego što se odlučite za učešće. Takođe, imajte na umu da imate dovoljno vremena da odlučite da li želite da učestvujete u ovom istraživanju.

Šta je cilj ovog istraživanja? Lumbalni sindrom ili bol u leđjima je najčešća vrsta bola kod savremenog čoveka. Cilj ovog ispitivanja je da saznamo više o aktivnosti određene grupe dubokih mišića trupa (leđja i stomaka) koji su važni za stabilnost krsnog dela kičme, kao i da ustanovimo da li se njihova aktivnost razlikuje kod ljudi sa bolom u leđjima u poredjenju sa osobama koje nemaju tu vrstu bola. Takođe, želimo da saznamo kako lečenje deluje na ove mišiće kod osoba sa bolom u leđjima. Važan deo ispitivanja je i da shvatimo kao možemo da poboljšamo pregled ovih mišića u svakodnevnom radu i da predvidimo brzinu opravka kod osoba sa bolom u leđjima.

Zašto smo Vas pozvali da učestvujete u istraživanju? Vas smo pozvali da učestvujete u ovom istraživanju jer je kod Vas je dijagnostikovao lumbalni sindrom odnosno bol ili zato što nemate i niste u proteklih godinu dana imali bol u leđjima pa se Vaši nalazi smatraju normalnim i primenjivali bi se za poredjenje sa nalazima kod osoba sa lumbalnim sindromom.

Da li sam obavezan (obavezna) da učestvujem? Vaše učešće u ovom istraživanju je potpuno dobrovoljno. Ukoliko odlučite da učestvujete, zamolićemo Vas da sačuvate ove papire sa informacijama i da potpišete formular informisanog pristanka. Takođe, ako se odlučite da učestvujete, možete slobodno, u bilo kom trenutku, i prekinuti svoje učešće bez obaveze da objašnjavate razloge. Bez obzira da li prihvatite ili odbijete učešće, Vaše pravo na lečenje na ovoj Klinici neće biti ugroženo i moći ćete normalno da ga sprovedete.

Šta će se desiti ukoliko prihvatim da učestvujem u istraživanju? Ukoliko prihvatite učešće u istraživanju, najpre ćemo od Vas tražiti da odgovorite na pitanja koja se odnose na Vaše ime i prezime, starost, stepen obrazovanja i bračno stanje. Potom ćemo Vam izmeriti visinu i težinu, a zatim ćemo Vas pregledati na sledeći način, koji je identičan pregledu u ambulanti kroz koji su već prošle one osobe kod kojih postavljena dijagnoza lumbalnog sindroma. Ovaj pregled predstavlja rutinski postupak i podrazumeva sledeće: od Vas ćemo tražiti da procenite jačinu Vašeg bola na skali od 0 do 10, proverićemo koliko možete da se sagnete unapred u

stojećem položaju (pravite pokret kao da želite da dodirnete prstima pod), pipanjem čvrstine mišića ledja procenimo njihovu napetost, pipanjem ćemo proveriti postojanje bolno osetljivih tačaka, obavićemo pregled na nogama koji se sastoji iz provere snage mišića, provere refleksa, osetljivosti i nadraženosti jednog velikog živca istezanjem noge u ležećem položaju. Zatim ćemo od Vas tražiti da popunite dva upitnika. Prvi upitnik se odnosi na aktivnosti dnevnog života i sadrži pitanja o jačini Vašeg bola, o tome da li bol i koliko utiče na sledeće aktivnosti Vašeg dnevnog života: podizanje tereta, održavanje lične higijene, na sposobnost hodanja, sedenja, stajanja, spavanja, putovanja, obavljanja posla, vođenja domaćinstva i društvenog života. Drugi upitnik se odnosi na Vaše raspoloženje i ima 21 pitanje. Pored toga obavićemo i proveru osobina Vašeg bola, kroz upitnik tome kako fizički doživljavate svoj bol i testiranje da li je on praćen i drugim senzacijama kao što su poremećajem bolne osetljivosti, svrabom, peckanjem i slično. Sledeća vrsta pregleda je elektromiografski pregled mišića ledja. Elektromiografija ili skraćeno EMG je rutinski postupak za pregled mišića koji je mnogim ispitanicima sa lumbalnim bolom poznat. Za ovaj pregled, od Vas ćemo tražiti da legnete na stomak, potom ćemo kožu prebrisati vlažnom zalepiti, pa ćemo elektrode na Vaša ledja i početi snimanje. Tokom EMG ispitivanja beležićemo ponašanje ovog mišića u miru i pri podizanju Vaše suprotne ruke. Postupak ćemo sprovesti sa desne i leve strane. Ovaj pregled traje oko 10 minuta. Na sličan način ćemo snimati i aktivnost stomačnih mišića: nakon što legnete na ledja, obrisaćemo kožu gazom i elektrode ćemo zalepiti na stomak i nakon toga ćemo početi snimanje, koje traje još oko 5 minuta. Ovo ispitivanje ne boli. Sledeća vrsta testiranja je ultrazvučni pregled mišića ledja i trbuha. Ovaj test nam govori o tome kolika je debljina mišića koji su veoma važni za stabilizaciju krsnog dela kičme i kako se ta debljina menja kada se ti mišići ciljano aktiviraju. Ultrazvučni pregled mišića je sličan kao ultrazvučni pregled stomaka ili neke druge regije; on ne boli i ispitanik ne oseća nikakve posebne osećaje, osim lakog pritiska sonde i gela kojim se premaže regija na koju se stavlja ultrazvučna sonda. Radi ultrazvučnog pregleda određenog dubokog mišića stomaka, od Vas ćemo tražiti da legnete na ledja, nakon čega ćemo staviti malo gela i sondu na bočnu regiju stomaka. Izmerićemo debljinu mišića koji nas zanima, a potom ćemo to merenje obaviti kad uvučete stomak čime aktivirate ovaj mišić. Ovo merenje ponavljamo tri puta i obavljamo sa desne i leve strane. Radi ultrazvučnog pregleda mišića ledja, od Vas ćemo tražiti da legnete na stomak. Premazaćemo lumbalni deo ledja gelom i staviti ultrazvučnu sondu na tu regiju da bi smo izmerili debljinu mišića koji nas interesuje. Zatim taj postupak ponavljamo kad je Vaš mišić aktiviran, što se postiže odizanjem ruke sa suprotne strane. I ovaj postupak ponavljamo po tri puta sa desne i sa leve strane. Ukupno trajanje ultrazvučnog pregleda mišića stomaka i ledja je oko 10 minuta

Nakon obavljenih pregleda ispitanici sa dijagnozom lumbalnog sindroma će biti podvrgnuti lečenju koje se sastoji iz obuke zaštitnih položaja i pokreta, određenih vrsta elektroterapije (transkutane elektrostimulacije – TENS i lasera niske snage) u trajanju od tri nedelje i ciljanih vežbi za jačanje mišića koji stabilizuju krsni deo kičme u trajanju od 6 nedelja. Nakon šest nedelja, debljina mišića će biti ponovljena ultrazvučnim pregledom na već opisani način.

Da li postoje razlozi da ne učestvujem u istraživanju? Ukoliko imate dijagnozu lumbalnog sindroma koji je uzrokovan prelomima, infektivnim procesom, tuberkulozom, tumorima, urođenim problemima sa kičmom, težim formama krive kičme, oboljenjem kukova, nervno-mišićnim slabostima ili ste operisani zbog nekog problema sa kičmom, vi niste odgovarajuć kandidat za ovo ispitivanje. Ukoliko ste u drugom stanju, takodje, niste kandidat za učešće u ovoj studiji. Ukoliko imate manje od 18 godina, vi niste kandidat za učešće u ovom istraživanju.

Koji su mogući rizici i neprijatnosti u toku učešća u istraživanju? Možete da osetite bol u leđjima tokom odizanja ruke od podloge. Ukoliko želite, u svakom trenutku možemo da prekinemo istraživanje.

Koje su moguće koristi od učešća u istraživanju? Ne možemo Vam sa sigurnošću garantovati da ćete imati lične koristi od učešća u ovom istraživanju. Međutim, većina osoba sa lumbalnim bolom ima koristi od tretmana koji će biti primenjen u ovoj studiji. Osim toga, Vaše učešće u studiji može da doprinese boljem razumevanju i tretiranju problema lumbalnog sindroma.

Gde će se istraživanje održati i koliko će trajati? Istraživanje će se obaviti na Klinici za rehabilitaciju “dr Miroslav Zotović” u Beogradu. Sve etape ispitivanja traju ukupno nešto manje od 2 sata.

Da li će moje učešće u ovom istraživanju biti čuvano kao poverljiva informacija? Sve informacije dobijene u istraživanju su strogo poverljive i ta poverljivost je regulisana zakonom. Jedino će ljudi iz istraživačkog tima biti upoznati sa informacijama koje ste nam dali. Vaše ime će se čuvati odvojeno od ostalih informacija koje nam dajete, i pod šifrom. Ukoliko objavimo rezultata studije, to će biti obavljeno na takav način da Vi ni na koji način ne možete biti identifikovani, jer su Vaše ime i identitet strogo poverljivi.

Šta će se desiti sa rezultatima istraživanja? Planirano je da se rezultati istraživanja analiziraju i objave, radi boljeg sagladavanja ponašanja specifične grupe mišića koji stabilizuju krsni deo kičmenog stuba kod osoba sa bolom u leđjima i efekata lečenja na te mišiće. U sklopu poverljivosti ličnih podataka, Vaše ime ili bilo koji podatak koji Vas može identifikovati neće biti objavljen.

Ko organizuje i finansira istraživanje? Istraživanje se obavlja u potpunosti resursima Klinike za rehabilitaciju “dr Miroslav Zotović” u Beogradu. Ispitanici i istraživači obavljaju rad na volonterskoj osnovi, bez finansijske nadoknade.

Šta će se desiti ako se povredite ili razbolite tokom istraživanja? Ako se povredite ili razbolite ili Vam bude naneta bilo kakva šteta zbog neke procedure u toku istraživanja, obavezno obavestite istraživača Oliveru Đorđević lično, na Klinici za rehabilitaciju “dr Miroslav Zotović” u Ul. Sokobanjska 13, u Beogradu ili putem telefona 0112062568. Ukoliko se povredite ili razbolite zbog naše nebrige, dobićete nadoknadu. Ukoliko ne budete bili zadovoljni nadoknadom, svoj zahtev ćete možda morati da nastavite kroz pravni postupak.

Šta ako imate neka pitanja u vezi sa studijom, ako postoji neka hitna situacija ili ste na bilo koji način u nedoumici vezano za Vaše učešće u studiji? Za sve što Vas brine ili Vam ne bude jasno možete se, u bilo kom trenutku pre ili tokom učešća, obratiti istraživaču dr Oliveri Đorđević, na Klinici za rehabilitaciju “dr Miroslav Zotović” u Beogradu, adresa Sokobanjsa 13, ili na broj telefona 0112062568.

Ako se odlučite da učestvujete u istraživanju, dobićete kopiju ovih informacija i potpisani obrazac informisanog pristanka da ga ponesete sa sobom.

PISMENI FORMULAR PRISTANKA

Korelacija kliničkog i funkcionalnog sa ultrazvučnim nalazom mišića dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba kod ispitanika sa lumbalnim sindromom

Број

Име учесника

- Organizatori studije su me pozvali da učestvujem u istraživanju.
- Razumem šta se nalazi na listi sa informacijama o istraživanju. Imam jedan primerak te liste koji ću sačuvati.
- Imao sam prilike da razgovaram i postavim pitanja o studiji.
- Znam koja je moja uloga u studiji i znam koliko dugo će trajati.
- Znam kako ova studija može uticati na mene. Rečeno mi je da postoje mogući rizici.
- Razumem da ne bi trebalo da aktivno učestvujem u više od 1 istraživačke studije istovremeno.
- Znam da je Etički komitet Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu video i odobrio ovu studiju.
- Razumem da su lične informacije strogo poverljive. Znam da će samo ljudi koji su deo istraživačkog tima biti u mogućnosti da vide informacije u vezi sa mojim učešćem u studij
- Slobodnom voljom pristajem da učestvujem u ovoj studiji. Niko na mene nije vršio pritisak.
- Znam da mogu prestati sa učestvovanjem u bilo kom trenutku.
- Znam da ukoliko ne učestvujem i dalje ću biti u mogućnosti da dobijem normalno lečenje.
- Znam da ukoliko postoje ikakvi problemi mogu kontaktirati dr Oliveru Đorđević lično na Klin za rehabilitaciju „dr Miroslav Zotović“, Sokobanjska 13 u Beogradu ili na broj telefo 0112062568

Potpis učesnika Datum

Kao istraživač odgovoran za ovo istraživanje ili određeni zamenik potvrđujem da sam objasnio gore navedenom učesniku prirodu i cilj istraživanja koje se sprovodi.

Име истраживача

Potpis istraživača

Datum

Klinika za rehabilitaciju

Dr M. Zotović

Lekar: _____

Br istorije:

Klinički sindrom:

Terapijski program:

UPITNIK LIČNI PODACI

Datum:

Broj istorije : _____

Ime i prezime: _____

Pol: Ž M

Zanimanje: _____

Radni staž: _____

Adresa: _____

Telefon kućni: _____

na poslu: _____

MOLIMO VAS DA ZAOKRUŽITE ODGOVORE NA PITANJA KOJA SLEDE

1. Kakvo je vaše trenutni bračno stanje?
 - 1 Oženjen-udata/živim u vanbračnoj zajednici sa drugom osobom
 - 2 Razveden-a/ razdvojeni
 - 3 Udovac – udovica
 - 4 Samac (nikad venčan-a)

2. Pre koliko vremena je počela trenutna epizoda (napad) vaše bolesti?
 - 1 manje od 4 nedelje
 - 2 od 4 do 12 nedelja
 - 3 preko 12 nedelja

3. Oswestry Disability Skor

| Parameter | kvalifikacija | pre | posle | | |
|------------------|--|-----|-------|--|--|
| Intenzitet bola | mogü da istrpim bol bez uzimanja analgetika (0) | | | | |
| | bol je jak ali ga podnosim bez uzimanja analgetika (1) | | | | |
| | analgetici me potpuno oslobađaju bola (2) | | | | |
| | analgetici me umereno oslobađaju bola (3) | | | | |
| | analgetici me vrlo malo oslobađaju bola -4 | | | | |
| lična nega | analgetici nemaju nikakvog efekta na bol i ja ih ne koristim -5 | | | | |
| | mogü da brinem o sebi normalno bez pojačanja bola-0 | | | | |
| | mogü da brinem o sebi normalno ali mi to izaziva pojačanje bola-1 | | | | |
| | briga o sebi mi ozaziva bol i pri tome sam spor i pažljiv (2) | | | | |
| | donekle mi je potrebna pomoć ali veći deo lične nege sam obavljam (3) | | | | |
| podizanje tereta | potrebna mi je svakodnevna pomoć u većini aspekata lične nege-4 | | | | |
| | ne oblačim se, otežano se kupam (održavam ličnu higijenu) i ne ustajem iz kreveta (5) | | | | |
| | mogü da podižem velike težine tereta bez pojačanja bola (0) | | | | |
| | mogü da podižem velike težine tereta ali mi to izaziva pojačanje bola (1) | | | | |
| | bol me sprečava u podizanju tereta velike težine sa poda ali mogu da se snađem ako su pogodno postavljeni, npr. na sto (2) | | | | |
| hodanje | bol me sprečava u podizanju tereta vel. težina ali mogu da podignem teret manjih i srednj. težina ako su pogodno postavljeni-3 | | | | |
| | mogü da podignem samo teret veoma malih težina (4) | | | | |
| | ne mogu nikakav teret da podižem i nosim (5) | | | | |
| hodanje | bol me ne sprečava u hodanju (na bilo kojoj distanci) (0) | | | | |

| | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|
| | bol me sprečava u hodanju preko 1.8 km (preko 40-60 min.) (1) | | | | |
| | bol me sprečava u hodanju preko 800m (30 min.) (2) | | | | |
| | bol me sprečava u hodanju preko 500m (10-15 min.) (3) | | | | |
| | moгу da hodam jedino uz pomoć štapa ili štaka (4) | | | | |
| | većinu vrem. provodim u krevetu i sa teškoćom idem do toaleta-5 | | | | |
| sedenje | moгу da sedim u bilo kojoj stolici koliko dugo želim (0) | | | | |
| | moгу da sedim samo u odgovarajućoj stolici koliko dugo želim (1) | | | | |
| | bol me sprečava u sedenju duže od jednog sata (2) | | | | |
| | bol me sprečava u sedenju duže od pola sata (3) | | | | |
| | bol me sprečava u sedenju duže od 10 minuta (4) | | | | |
| | bol me u potpunosti sprečava u sedenju (5) | | | | |
| stajanje | moгу da stojim koliko dugo želim bez pojačanja bola (0) | | | | |
| | moгу da stojim koliko dugo želim ali mi to izaziva pojačanje bola (1) | | | | |
| | bol me sprečava u stajanju dužem od jednog sata (2) | | | | |
| | bol me sprečava u stajanju dužem od pola sata (3) | | | | |
| | bol me sprečava u stajanju dužem od 10 min. (4) | | | | |
| | bol me u potpunosti sprečava u stajanju (5) | | | | |
| spavanje | bol me ne sprečava da dobro spavam (0) | | | | |
| | moгу da dobro spavam samo ako koristim tablete (1) | | | | |
| | čak i kada koristim tablete spavam manje od 6 sati (2) | | | | |
| | čak i kada koristim tablete spavam manje od 4 sata (3) | | | | |
| | čak i kada koristim tablete spavam manje od 2 sata (4) | | | | |
| | bol me u potpunosti sprečava da spavam (5) | | | | |
| seksualni život | moј seksualni život je normalan i ne izaziva mi pojačanje bola (0) | | | | |
| | moј seksualni život je normalan ali mi izaziva malo pojačanje bola (1) | | | | |
| | moј seksualni život je skoro normalan ali je veoma bolan (2) | | | | |
| | moј seksualni život je ozbiljno ugrožen bolom (3) | | | | |
| | moј seksualni život je blizu apstinencije zbog bola (4) | | | | |
| | bol u potpunosti onemogućava moј seksualni život (5) | | | | |

| | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|
| društveni život | moј društveni život je normalan i ne izaziva mi pojačanje bola (0) | | | | |
| | moј društveni život je normalan ali mi pojačava bol (1) | | | | |
| | bol nema značajniji uticaj na moј društveni život osim što me ograničava u energičnijim aktivnostima kao što je ples (2) | | | | |
| | bol ograničava moј društveni život i ja ne izlazim napolje često (3) | | | | |
| | bol ograničava moј društveni život na moju kuću (4) | | | | |
| | moј društveni život ne postoji zbog bola (5) | | | | |
| putovanja | moгу da putujem bilo gde bez pojačanja bola (0) | | | | |
| | moгу da putujem bilo gde ali mi to izaziva pojačanje bola (1) | | | | |
| | bol je jak ali moгу da podnesem putovanja do 2 sata (2) | | | | |
| | bol me ograničava na putovanja kraća od 1 sata (3) | | | | |
| | bol me ograničava na kraća neophodna putovanja do 30 min. (4) | | | | |
| | bol me sprečava da putujem osim do doktora ili bolnice (5) | | | | |
| ukupni skor | | | | | |

KLINIČKI PREGLED

ANTROMOPETRIJSKA MERENJA

| parametar | Pre terapije | Posle terapije |
|---------------------------|--------------|----------------|
| Telesna visina (cm) | | |
| Telesna težina (kg) | | |
| Indeks telesne mase (BMI) | | |

BOL (mm –VAS)

| parametar | Pre terapije | | Posle terapije | |
|---------------------------------------|--------------|-------|----------------|-------|
| | levo | desno | levo | Desno |
| Bol u leđjima -prosek u poslednja 24h | | | | |
| Bol u nozi - prosek u poslednja 24h | | | | |

FUNKCIONALNA PROCENA LUMBOSAKRALNE REGIJE

Obim aktivnih pokreta (goniometar-stepeni)

| Obim pokreta | Pre terapije | Posle terapije |
|--------------|--------------|----------------|
| fleksija | | |
| ekstenzija | | |

MMT skor (MMT 0-5) ako ima ispada

| GMS mišića | Pre terapije | | Posle terapije | |
|-------------------------------|--------------|-------|----------------|-------|
| | levo | desno | levo | desno |
| L2 m ileopsoas | | | | |
| L3 m quadriceps femoris | | | | |
| L4 m tibialis anterior | | | | |
| L5 m extensor hallucis longus | | | | |
| S1 m triceps surae | | | | |
| Ukupni motorni skor | | | | |

Senzibilitet (0-2)*

| regija | dodir | | | | ubod | | | |
|--|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|
| | pre | | posle | | pre | | posle | |
| | L | D | L | D | L | D | L | D |
| L1-gornji deo butine distalno od ingvinalnog ligamenta | | | | | | | | |
| L2- sredina prednje strane butine | | | | | | | | |
| L3-donji deo prednje strane butine | | | | | | | | |
| L4-medijalna strana potkolenice i stopala | | | | | | | | |
| L5 lateralna strana potkolenice dorzum stopala | | | | | | | | |
| S1 lateralna strana stopala | | | | | | | | |
| S2 zadnja uzdužna strana butine | | | | | | | | |

| | | | | |
|------------------------|--|--|--|--|
| Ukupni senzitivni skor | | | | |
|------------------------|--|--|--|--|

*(0-2) 0-odsutno, 1-smanjeno, 2- normalno

*(0-2) 0-odsutno, 1-smanjeno, 2- normalno

Specifični testovi

| Parametar procena* | Pre terapije | | Posle terapije | |
|-------------------------|--------------|-------|----------------|-------|
| | levo | desno | levo | desno |
| Test istežanja | | | | |
| Test duralne kompresije | | | | |

* 1-normalan, 2-45-60 st, 3-30-45 st, 4.manje od 30



Neuropathic Pain Diagnostic Questionnaire

PATIENT NAME:
GENDER:
DOB:
DATE:
TIME:

Please complete this questionnaire by ticking one answer for each item in the 4 questions below.
A "YES" score of ≥ 4 is diagnostic of Neuropathic Pain.

INTERVIEW OF THE PATIENT

Question 1: Does the pain have one or more of the following characteristics?

| | YES | NO |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 - Burning | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 - Painful cold | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 - Electric Shocks | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Question 2: Is the pain associated with one or more of the following symptoms in the same area?

| | YES | NO |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4 - Tingling | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 - Pins and Needles | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 - Numbness | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7 - Itching | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

EXAMINATION OF THE PATIENT

Question 3: Is the pain located in an area where the physical examination may reveal one or more of the following characteristics?

| | YES | NO |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 8 - Touch Hypoaesthesia | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 - Pricking Hypoaesthesia | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Question 4: In the painful area, can the pain be caused or increased by:

| | YES | NO |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 10 - Brushing (for example: using a Von Frey Hair brush) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

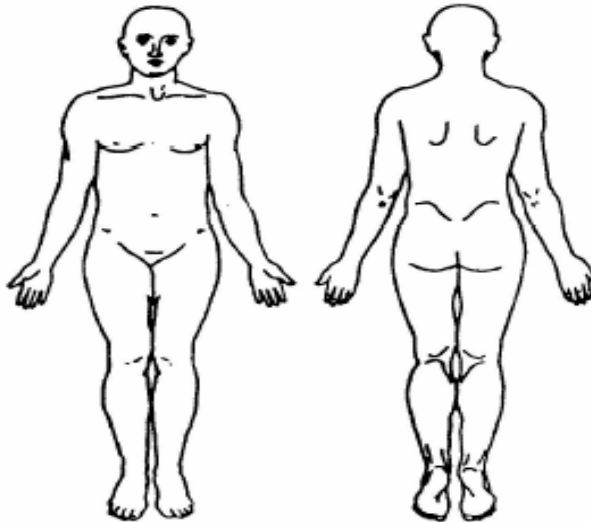


*D. Bouhassira *et al.* Pain. 2005 Mar 114(1-2):29-36.

Patient Score: /10

Assessing Pain

On the diagram below, please shade in the areas where the patient feels pain.



How did the pain develop?

Pain pattern: are there specific times of the day or night when the pain is most intense?

.....

What level of interference does the pain present: (circle one number only)

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| • General activity | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| • Mood | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| • Normal work | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| • Relationship | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| • Sleep | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| • Enjoyment of life | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

0 = Does not interfere

10 = Completely interferes

What kind of things help ease the pain?.....

What medication or treatment is the patient currently receiving?.....

.....

How much relief has this treatment provided? (circle one number only)

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

0% = No relief

100% = Complete relief

Prilog 4

Beck Depression Inventory skala

Instrukcije: Ovaj upitnik se sastoji iz 21 grupe izjava. Molim Vas pažljivo pročitajte svaku izjavu, a zatim izaberite **jednu** koja najbolje odslikava kako se osećate u poslednje dve nedelje, uključujući i današnji dan. Zaokružite broj ispred izjave koju ste odabrali. Ako Vam se više izjava čine tačnim, zaokružite onu sa najvećim brojem u toj grupi.

| | |
|----|---|
| A. | 0 Ne osećam se tužno. 1 Osećam se tužno. 2 Osećam se tužno sve vreme i ne mogu se osloboditi toga. 3 Tako sam tužan ili nesrećan da to više ne mogu da podnesem. |
| B. | 0 Nisam posebno obeshrabren u pogledu budućnosti. 1 Obeshrabren sam u pogledu budućnosti. 2 Osećam da nemam cemu da se radujem. 3 Osecam da je budućnost beznadežna i da stvari ne mogu da se poprave. |
| C. | 0 Osećam da sam neuspešna osoba. 1 Osećam se neuspešnijim od prosečnog coveka. 2 Kad sagledam unazad svoj zivot, vidim samo mnogo neuspeha. 3 Kao osoba osećam se kao potpuni promašaj. |
| D. | 0 Neke mi stvari i dalje čine zadovoljstvo kao i ranije. 1 Ne uživam više u nekim stvarima kao ranije. 2 Više mi gotovo ništa ne donosi pravo zadovoljstvo. 3 Nista mi ne moze pričiniti zadovoljstvo i sve mi je dosadno. |
| E. | 0 Ne osećam se posebno krivim. 1 Dobar deo vremena osećam krivicu. 2 Većinom se osećam krivim. 3 Sve vreme se osećam krivim. |
| F. | 0 Ne mislim da sam kažnjen. 1 Osećam da sam možda kažnjen. 2 Očekujem da ću biti kažnjen. 3 Osećam da mi je ovo kazna. |
| G. | 0 Nisam razočaran sobom. 1 Razočaran sam sobom. 2 Gadim se sam sebi. 3 Mrzim se. |
| H. | 0 Ne osećam se gore nego bilo ko drugi. 1 Kritičan sam prema sebi zbog svojih slabosti ili grešaka. 2 Sve vreme se okrivljujem zbog svojih grešaka. 3 Krivim sebe za sve loše sto se dogodi. |
| I. | 0 Uopšte ne pomišljam na samoubistvo. 1 Pomišljam na samoubitvo, ali ne bih ga počinio. 2 Voleo bih da se ubijem. 3 Ubio bih se, da imam priliku. |
| J. | 0 Ne plačem više nego obično. 1 Sada plačem više nego ranije. |

| | |
|----|---|
| | <p>2 Sada stalno plačem.</p> <p>3 Ranije sam mogao da plačem, ali sada više ne mogu čak i kada to želim.</p> |
| K. | <p>0 Vise se ljutim nego ikada.</p> <p>1 Lakše se razljutim nego ranije.</p> <p>2 Sada se sve vreme ljutim.</p> <p>3 Više me uopšte ne ljute stvari koje su me ranije ljutile.</p> |
| L. | <p>0 Nisam izgubio zanimanje za druge ljude.</p> <p>1 Drugi me ljudi zanimaju manje nego ranije.</p> <p>2 Uglavnom sam izgubio zanimanje za druge ljude.</p> <p>3 Izgubio sam svako zanimanje za druge ljude.</p> |
| M. | <p>0 Odluke donosim dobro kao i pre.</p> <p>1 Odlazem donošenje odluka više nego ranije.</p> <p>2 Teže mi je donošenje odluka nego ranije.</p> <p>3 Uopšte ne mogu više da donosim odluke.</p> |
| N. | <p>0 Ne mislim da izgledam imalo gore nego obično.</p> <p>1 Bojim se da izgledam staro ili nepoželjno.</p> <p>2 Osećam da su se u mom izgledu dogodile promene koje me čine neprivlačnim.</p> <p>3 Mislim da ružno izgledam.</p> |
| O. | <p>0 Mogu da radim isto kao i pre.</p> <p>1 Moram da uložim poseban napor da bih počeo nešto da radim</p> <p>2 Moram da se mnogo nateram da bih bilo šta radio.</p> <p>3 Uopšte ne mogu da radim.</p> |
| P. | <p>0 Spavam dobro kao i obično.</p> <p>1 Ne spavam dobro kao pre.</p> <p>2 Budim se sat-dva ranije nego obično i teško mi je ponovo da zaspim.</p> <p>3 Budim se nekoliko sati ranije nego pre i više ne mogu da zaspim.</p> |
| Q. | <p>0 Ne umaram se više nego obično.</p> <p>1 Umaram se lakše nego pre.</p> <p>2 Ako bilo šta radim, umorim se.</p> <p>3 Preumoran sam da bih bilo šta radio.</p> |
| R. | <p>0 Nemam slabiji apetit nego obično.</p> <p>1 Nemam više tako dobar apetit kao pre.</p> <p>2 Apetit mi je sada mnogo slabiji.</p> <p>3 Uopšte više nemam apetit.</p> |
| S. | <p>0 Nisam mnogo smršao - ako sam uopšte smršao</p> <p>1 Izgubio sam više od 2 kg.</p> <p>2 Izgubio sam više od 5 kg.</p> <p>3 Smršao sam više od 7 kg.</p> |
| T. | <p>0 Zdravlje me ne zabrinjava više nego obično.</p> <p>1 Brinem zbog fizioloških problema kao što su bolovi, ili nervoza stomaka, ili zatvor.</p> <p>2 Vrlo sam zabrinut zbog zdravstvenih problema i teško mi je da razmišljam o drugim stvarima.</p> <p>3 Tako sam zabrinut zbog zdravstvenih problema da više ni o čemu drugom ne mogu da razmišljam.</p> |
| U. | <p>0 U poslednje vreme nisam primetio da se moje interesovanje za seks promenilo.</p> <p>1 Seks me zanima manje nego ranije.</p> <p>2 Jako sam izgubio interesovanje za seks.</p> |

| | |
|--|--|
| | 3 Potpuno sam izgubio interesovanje za seks. |
| | |

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

SENSORY KEY SENSORY POINTS
Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

UER
(Upper Extremity Right)

- Elbow flexors **C5**
- Wrist extensors **C6**
- Elbow extensors **C7**
- Finger flexors **C8**
- Finger abductors (little finger) **T1**

Comments (Non-key Muscle? Reason for NT? Pain?):

LER
(Lower Extremity Right)

- Hip flexors **L2**
- Knee extensors **L3**
- Ankle dorsiflexors **L4**
- Long toe extensors **L5**
- Ankle plantar flexors **S1**

(VAC) Voluntary anal contraction (Yes/No)

RIGHT TOTALS
(MAXIMUM) (50) (56) (56)

MOTOR SUBSCORES

UER + UEL = UEMS TOTAL LER + LEL = LEMS TOTAL
MAX (25) (25) (50) MAX (25) (25) (50)

NEUROLOGICAL LEVELS
Steps 1-5 for classification as on reverse

1. SENSORY

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| R | L |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE?
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS)

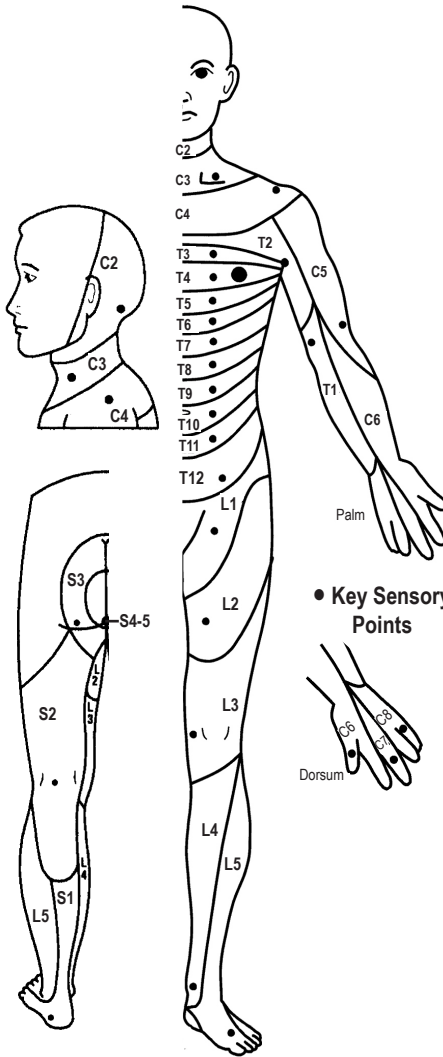
(In complete injuries only)
ZONE OF PARTIAL PRESERVATION
Most caudal level with any innervation

SENSORY

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| R | L |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

MOTOR

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| R | L |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



SENSORY KEY SENSORY POINTS
Light Touch (LTL) Pin Prick (PPL)

MOTOR KEY MUSCLES

LEFT

- Elbow flexors **C5**
- Wrist extensors **C6**
- Elbow extensors **C7**
- Finger flexors **C8**
- Finger abductors (little finger) **T1**

MOTOR (SCORING ON REVERSE SIDE)

- 0 = total paralysis
- 1 = palpable or visible contraction
- 2 = active movement, gravity eliminated
- 3 = active movement, against gravity
- 4 = active movement, against some resistance
- 5 = active movement, against full resistance
- 5* = normal corrected for pain/disuse
- NT = not testable

SENSORY (SCORING ON REVERSE SIDE)

- 0 = absent
- 1 = altered
- 2 = normal
- NT = not testable

- Hip flexors **L2**
- Knee extensors **L3**
- Ankle dorsiflexors **L4**
- Long toe extensors **L5**
- Ankle plantar flexors **S1**

(DAP) Deep anal pressure (Yes/No)

LEFT TOTALS
(MAXIMUM) (50) (56) (56)

SENSORY SUBSCORES

LTR + LTL = LT TOTAL PPR + PPL = PP TOTAL
MAX (56) (56) (112) MAX (56) (56) (112)

Muscle Function Grading

- 0** = total paralysis
- 1** = palpable or visible contraction
- 2** = active movement, full range of motion (ROM) with gravity eliminated
- 3** = active movement, full ROM against gravity
- 4** = active movement, full ROM against gravity and moderate resistance in a muscle specific position
- 5** = (normal) active movement, full ROM against gravity and full resistance in a functional muscle position expected from an otherwise unimpaired person
- 5*** = (normal) active movement, full ROM against gravity and sufficient resistance to be considered normal if identified inhibiting factors (i.e. pain, disuse) were not present
- NT** = not testable (i.e. due to immobilization, severe pain such that the patient cannot be graded, amputation of limb, or contracture of > 50% of the normal range of motion)

Sensory Grading

- 0** = Absent
- 1** = Altered, either decreased/impaired sensation or hypersensitivity
- 2** = Normal
- NT** = Not testable

Non Key Muscle Functions (optional)

May be used to assign a motor level to differentiate AIS B vs. C

| Movement | Root level |
|---|------------|
| Shoulder: Flexion, extension, abduction, adduction, internal and external rotation | C5 |
| Elbow: Supination | |
| Elbow: Pronation | C6 |
| Wrist: Flexion | |
| Finger: Flexion at proximal joint, extension. | C7 |
| Thumb: Flexion, extension and abduction in plane of thumb | |
| Finger: Flexion at MCP joint | C8 |
| Thumb: Opposition, adduction and abduction perpendicular to palm | |
| Finger: Abduction of the index finger | T1 |
| Hip: Adduction | L2 |
| Hip: External rotation | L3 |
| Hip: Extension, abduction, internal rotation | L4 |
| Knee: Flexion | |
| Ankle: Inversion and eversion | |
| Toe: MP and IP extension | |
| Hallux and Toe: DIP and PIP flexion and abduction | L5 |
| Hallux: Adduction | S1 |

ASIA Impairment Scale (AIS)

A = Complete. No sensory or motor function is preserved in the sacral segments S4-5.

B = Sensory Incomplete. Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-5 (light touch or pin prick at S4-5 or deep anal pressure) AND no motor function is preserved more than three levels below the motor level on either side of the body.

C = Motor Incomplete. Motor function is preserved below the neurological level**, and more than half of key muscle functions below the neurological level of injury (NLI) have a muscle grade less than 3 (Grades 0-2).

D = Motor Incomplete. Motor function is preserved below the neurological level**, and at least half (half or more) of key muscle functions below the NLI have a muscle grade ≥ 3 .

E = Normal. If sensation and motor function as tested with the ISNCSCI are graded as normal in all segments, and the patient had prior deficits, then the AIS grade is E. Someone without an initial SCI does not receive an AIS grade.

** For an individual to receive a grade of C or D, i.e. motor incomplete status, they must have either (1) voluntary anal sphincter contraction or (2) sacral sensory sparing with sparing of motor function more than three levels below the motor level for that side of the body. The International Standards at this time allows even non-key muscle function more than 3 levels below the motor level to be used in determining motor incomplete status (AIS B versus C).

NOTE: When assessing the extent of motor sparing below the level for distinguishing between AIS B and C, the **motor level** on each side is used; whereas to differentiate between AIS C and D (based on proportion of key muscle functions with strength grade 3 or greater) the **neurological level of injury** is used.



Steps in Classification

The following order is recommended for determining the classification of individuals with SCI.

1. Determine sensory levels for right and left sides.

The sensory level is the most caudal, intact dermatome for both pin prick and light touch sensation.

2. Determine motor levels for right and left sides.

Defined by the lowest key muscle function that has a grade of at least 3 (on supine testing), providing the key muscle functions represented by segments above that level are judged to be intact (graded as a 5).

Note: in regions where there is no myotome to test, the motor level is presumed to be the same as the sensory level, if testable motor function above that level is also normal.

3. Determine the neurological level of injury (NLI)

This refers to the most caudal segment of the cord with intact sensation and antigravity (3 or more) muscle function strength, provided that there is normal (intact) sensory and motor function rostrally respectively.

The NLI is the most cephalad of the sensory and motor levels determined in steps 1 and 2.

4. Determine whether the injury is Complete or Incomplete.

(i.e. absence or presence of sacral sparing)

*If voluntary anal contraction = **No** AND all S4-5 sensory scores = **0** AND deep anal pressure = **No**, then injury is **Complete**.*

*Otherwise, injury is **Incomplete**.*

5. Determine ASIA Impairment Scale (AIS) Grade:

Is injury Complete? If YES, AIS=A and can record ZPP (lowest dermatome or myotome on each side with some preservation)

NO ↓

Is injury Motor Complete? If YES, AIS=B

NO ↓

(No=voluntary anal contraction OR motor function more than three levels below the motor level on a given side, if the patient has sensory incomplete classification)

Are at least half (half or more) of the key muscles below the neurological level of injury graded 3 or better?

NO ↓

AIS=C

YES ↓

AIS=D

If sensation and motor function is normal in all segments, AIS=E

Note: AIS E is used in follow-up testing when an individual with a documented SCI has recovered normal function. If at initial testing no deficits are found, the individual is neurologically intact; the ASIA Impairment Scale does not apply.

Biografija

Dr Olivera Djordjević je rođena 04.08.1972. godine u Senti. Završila Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu sa prosečnom ocenom 9.78. Magistarsku tezu „Kinematička analiza poremećaja pokreta kod pacijenata sa Parkinsonovom bolešću i cerebelarnom degeneracijom“ odbranila 2003. godine na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Specijalistički ispit iz fizikalne medicine i rehabilitacije položila sa odličnom ocenom 2004. godine na Medicinskom fakultetu u Beogradu, a specijalistički ispit iz plastične i rekonstruktivne hirurgije položila sa odličnom ocenom, na istom fakultetu, 2007.godine. 2012.godine izabrana za kliničkog asistenta na predmetu Fizikalna medicina i rehabilitacija na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Radi na Klinici za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju „dr Miroslav Zotovic“ u Beogradu. Autor je i koautor je u 44 publikacije, od čega je 10 objavljeno u celini, a prvi autor je u 3 rada u časopisima iz kategorije M21, citiranim na JCR listi.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a Olivera Đorđević

broj upisa _____

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Korelacija kliničkog i funkcionalnog sa ultrazvučnim nalazom mišića dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba kod ispitanika sa lumbalnim sindromom

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, _____



Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Olivera Đorđević

Broj upisa _____

Studijski program _____

Naslov rada Korelacija kliničkog i funkcionalnog sa ultrazvučnim nalazom mišića dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba kod ispitanika sa lumbalnim sindromom

Mentor prof.dr Ljubica Konstantinović

Potpisani Olivera Đorđević

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

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

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, _____



Prilog 3.

Izjava o korišćenju

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

Korelacija kliničkog i funkcionalnog sa ultrazvučnim nalazom mišića dubokih stabilizatora lumbosakralnog segmenta kičmenog stuba kod ispitanika sa lumbalnim sindromom

koja je moje autorsko delo.

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

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

1. Autorstvo

2. Autorstvo - nekomercijalno

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima

5. Autorstvo – bez prerade

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, _____

