



UNIVERZITET U NOVOM SADU

ACIMSI

Centar za sportsku medicinu sa fizioterapijom

**RAZLIKE U IZOKINETIČKIM PARAMETRIMA
NATKOLENE MUSKULATURE U ODNOSU NA
BOL U LEĐIMA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori:

Prof. dr Nikola Grujić

Prof. dr Borislav Obradović

Kandidat:

mr Dragana Golik-Perić

Novi Sad, 2016. godine

Univerzitet u Novom Sadu
Asocijacija centara za interdisciplinarne i
multidisciplinarne studije i istraživanja – ACIMSI
Ključna dokumentacijska informacija

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Dragana Golik-Perić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof.dr Nikola Grujić, redovni profesor Prof.dr Borislav Obradović, redovni profesor
Naslov rada: NR	Razlike u izokinetičkim parametrima natkolene muskulature u odnosu na bol u leđima
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina

Godina: GO	2016.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Srbija, Dr Zorana Đinđića 1
Fizički opis rada: FO	(broj poglavlja 12/ stranica 104/ slika 29/ grafikona 12/ tabela 4/ referenci 104/ priloga 2)
Naučna oblast: NO	Sportska medicina sa fizioterapijom
Naučna disciplina: ND	Biomehanika
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Izokinetička dinamometrija, natkolena muskulatura, bol u leđima
UDK	
Čuva se: ČU	Centralna biblioteka Univerziteta u Novom Sadu, Dr Zorana Đinđića 1
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	

Bol je subjektivno, neprijatno opažanje i osećaj. Čovek često oseća bol u delu tela koji je znatno udaljen od mesta nastanka bola. U istraživanju je primenjena transversalna metoda, jednokratnog merenja. Ispitivanjem je obuhvaćeno 136 ispitanika, aktivnih fudbalera, starosti 18-35 (20.49 ± 3.73) godina. Sva merenja su vršena od 2006. do 2016.godine. Ispitanici su ispunili anketu o postojanju bola u leđima, pre samog početka testiranja, gde su intenzitet bolnosti subjektivno procenili Rolandovom skalom bola). Celokupan uzorak je stratifikovan proporcionalnom tehnikom u pet grupa na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima. Multivarijantnom metodom varijanse utvrđivane su razlike na generalnom sistemu uzorkovanih varijabli, prilikom čega je ustanovljeno da postoji statistički značajna razlika između navedenih grupa ispitanika podeljenih na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima u izokinetičkim varijablama koje su uzete u obzir ovim istraživanjem dok su Univarijantnom analizom varijanse utvrđene razlike u pojedinačnim varijablama. Iz navedenih empirijskih saznanja i relevantnih podataka iz stručne literature dobija se uvid u faktore koji utiču na bolno stanje određene regije, disfunkciju i slabost pojedinih mišićnih grupa, uticaj pojedinih mišićnih grupa na druge, kao i poremećaj u kinetičkom lancu lokomotornog aparata kod fudbalera. Samo istraživanje ukazuju na značaj i potrebu da se standardizuju protokoli i konstruišu odgovarajući algoritmi za komparativnu sistematizaciju varijabli dobijenih specifičnim ispitivanjima izokinetičkom dinamometrijom kod ispitanika koji se bave timskim sportom sa loptom (fudbal, kosarka, rukomet i dr). Dobijeni podaci poslužiće jednim delom kao deo monitoringa sportskog treninga, kao i efekata različitih trenajnih protokola na parametre mišićne snage kod fudbalera. Sportsko-medicinski značaj na polju testiranja parametara mišićne snage izokinetičkom dinamometrijom se ogleda u prevenciji sportskih povreda ili u brznoj i efikasnoj dijagnostici i terapiji istih, što značajno utiče na ekonomski aspekt, s obzirom da je profesionalni sport postao visoko komercijalizovan.

Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	12.05.2016.godine
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	

University of Novi Sad

ACIMSI

Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD thesis
Author: AU	Dragana Golik-Perić
Mentor: MN	Prof.PhD Nikola Grujić, professor Prof.PhD Borislav Obradović, professor
Title: TI	Differences in isokinetic parameters of thigh muscles in relations to back pain
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2016.

Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	21000 Novi Sad, Srbija, Dr Zorana Đinđića 1
Physical description: PD	Number of chapters 12/number of pages 104/ number of citations 104/ number of tables 4/ number of charts 12/ number of pictures 29
Scientific field SF	Sports Medicine and Physiotherapy
Scientific discipline SD	Biomechanics
Subject, Key words SKW	Isokinetic dynamometry, thigh muscles, back pain
UC	
Holding data: HD	Central Library of the University of Novi Sad, Dr Zorana Đinđića 1
Note: N	
Abstract: AB	

Pain is a subjective, uncomfortable perception and feeling. Human often feels pain in the part of the body that is significantly away from the place of origin of pain. The transversal method was performed during study, with a one-time measurement. The study included 136 subjects, active players, ages 18-35 ($20:49 \pm 3.73$) years. All measurements were carried out from 2006 to 2016. Before the start of the test, examinee completed the survey on the existence of back pain, where the intensity of the pain was subjectively assessed according to Roland pain scale. The entire sample was stratified by proportional technique into five groups, based on the subjective experience of back pain. Multivariate variance method for detection of differences in the general system of sampled variables, during which it was established that there is a statistically significant difference between the groups of examinee, who were divided on the basis of subjective experience of back pain of the isokinetic variables that are taken into account in this study while the univariate analysis of variance determined differences in the individual variables. From the empirical findings above and relevant information from technical literature, an insight was obtained into the factors that influence the painful condition of a particular region, dysfunction and weakness of certain muscle groups, the impact of certain muscle groups on others, as well as the disruption in the kinetic chain of the locomotor apparatus. The research highlights the importance of and the need to standardize protocols and construct appropriate algorithms for comparative systematization of variables obtained by isokinetic dynamometry specific trials in subjects who are engaged in team sports with a ball (football, basketball, handball, etc.). The data will serve partially as part of the monitoring of sports training, as well as the effects of various parameters of training protocols on muscle strength in football. Sports and medical significance in the field of testing parameters with isokinetic muscle strength dynamometry is reflected in the prevention of sports injuries or in the quick and efficient diagnosis and treatment of the same, which significantly affects the economic aspect, considering that professional sport has become highly commercialized.

Accepted on Scientific Board on: AS	12.05.2016.
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	

Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	TEORIJSKA RAZMATRANJA	3
2.1.	Lumbalni bol	5
2.2.	Anatomija lumbosakralne regije.....	7
2.2.1.	Kičmeni stub.....	8
2.2.2.	Pršljenovi lumbosakralne regije	9
2.2.3.	Mišići lumbosakralne regije	12
2.2.4.	Kičmena moždina	18
2.3.	Funkcionalna anatomija i biomehanika lumbosakralnog dela kičmenog stuba	21
2.4.	Funkcionalna anatomija zgloba kolena	25
2.5.	Funkcionalna anatomija mišića natkolenice.....	27
2.6.	Biomehanika kolena i mišića natkolenice	28
2.7.	Biomehanički uzroci poremećaja statike tela	29
2.8.	Merenje mišićne snage	31
2.8.1.	Izokinetička dinamometrija	32
2.8.2.	Parametri izokinetičke dinamometrije.....	33
2.8.3.	Izokinetika	34
3.	DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA	36
3.1.	Istraživanja u prostoru morfologije	36
3.2.	Istraživanja u prostoru izokinetike	37
4.	PROBLEM I PREDMET ISTRAŽIVANJA.....	43
5.	CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	44
6.	HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	45
7.	METOD RADA.....	46
7.1.	Uzorak istraživanja.....	46
7.2.	Uzorak mera i testova	46
7.3.	Opis istraživanja	47
7.3.1.	Morfološke mere	47
7.3.2.	Merenje na izokinetičkom dinamometru.....	48
7.4.	Aparatura	50
7.5.	Primenjeni postupci statističke obrade podataka.....	52
8.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	53

9. DISKUSIJA	67
10. ZAKLJUČCI	82
11. LITERATURA	85
12. PRILOZI.....	95
12.1. Prilog liste skraćenica.....	95
12.1.1. Antropometrijske	95
12.1.2. Dinamometrijske	95
12.2. Slikovni prilog	96

1. UVOD

Kretanje ljudskog tela je složen proces koji zavisi od mnogih činilaca - moždanih impulsa, mišića, kostiju, zglobova, sile gravitacije i težine tela, ali i sklada svih činilaca zajedno. Uz silu gravitacije koja je stalna, ostali činioci podložni su promenama. To se posebno odnosi na snagu mišića kao temelja aktivnog pokreta. Zadovoljavajuća snaga i pravilan odnos snage među mišićima osiguravaju pravilan rad i stabilnost zglobova i celog tela, ali i očuvanje hrskavice i ligamenata od prekomernog trošenja, prenaprezanja i oštećenja. Nedovoljna snaga ili poremećen odnos snaga među mišićnim grupama koje pokreću pojedine delove tela uzrokuje otežano kretanje, preopterećenje zglobnih hrskavica i ligamenata, artrozu zgloba, te bol i nepokretljivost zgloba, često i celog tela.

Izokinetičkim testovima utvrđeno je da su promene u funkciji slabinske kičme u najvećem broju slučajeva posledice poremećaja odnosa snaga mišića zajedničkog statičkog i dinamičkog stuba koji čine mišići i kosti kolena, kukova (sa karlicom) i kičme (Kučvalja, 2005).

Lumbosakralni bolni sindrom kao najčešća bolna manifestacija savremenog čoveka zaokuplja pažnju brojnih istraživača. Uobičajeni predmeti istraživanja su prevencija, dijagnostika, lečenje i rehabilitacija ove bolne manifestacije.

Lumbalni bol doživi 80% ljudi tokom života (Nachemson, Jonsson, 2000). Podjednako je čest kod osoba oba pola. Ima osobinu da recidivira. U 85% slučajeva uzrok bola je nepoznat i nakon kompletne dijagnostike. Po troškovima lečenja u Americi lumbalni bol je na trećem mestu, iza malignih tumora i oboljenja srca (Waddell, 1998, Weiser 1997).

U biomehaničkom tumačenju etiopatogenetskih faktora u nastajanju lumbalnog bola naročit značaj se pridaje mehaničkom opterećenju tog segmenta kičmenog stuba. Držanje tela za vreme stajanja, sedenja ili ležanja veoma je bitno za lokomotorni aparat. Kičmeni stub ima važnu ulogu u pravilnom držanju tela.

Neki od faktora rizika za lumbalni bol mogu biti podizanje tereta, savijanje i uvijanje trupa, izloženost vibracijama i dr. Intenzivni trening takođe povećava rizik od degenerativnih oboljenja diskusa (Rowe, 1969; Mayer i sar., 1985), kao i sedeći stil života zbog oslabljenog tonusa mišića podupirača kičmenog stuba (Back pain/Back care. <http://scc.uchicago.edu/backpainbackcare.htm>).



Bol se može definisati i kao individualan i subjektivan doživljaj moduliran fiziološkim, psihološkim i drugim faktorima kao što je prethodno iskustvo, kultura, strah i anksioznost. U širem smislu bol je sve ono što bolesnik ili ispitanik kaže da ga boli.

2. TEORIJSKA RAZMATRANJA

Bol je subjektivno, neprijatno opažanje i osećaj, koji se može javiti usled oštećenja tkiva, njegovog predstojećeg oštećenja, ili usled psiholoških uzroka. Javlja se gotovo kod svih bolesti i povreda. To je zaštitni mehanizam čija je funkcija da organizam postane svestan opasnosti i reaguje kako bi uklonio bolni nadražaj, međutim ukoliko se bolni nadražaj ne može ukoniti onda se javlja hronični bol koji nema više zaštitnu funkciju već dodatno opterećuje obolelog. (<https://sr.wikipedia.org/sr>)

Prema definiciji Svetske zdravstvene organizacije: „bol je neprijatno čulno ili emocionalno iskustvo povezano sa stvarnim ili potencijalnim oštećenjem tkiva“.

Međunarodno udruženje za proučavanje bola International Association for the Study of Pain (IASP) definiše bol kao: „neprijatno emocionalno i osećajno iskustvo povezano sa pravom ili potencijalnom povredom tkiva, ili uzrokovano tim oštećenjem ili povredom.“

Bol je svestan, neprijatan senzorni i emotivni doživljaj koji je povezan sa postojećim (aktuelnim) oštećenjem tkiva. Vrlo često je afektivni stimulus koji izaziva refleks izbegavanja. Može biti posledica bolesti ili lezije somatosenzornog sistema. To je senzacija koja je karakteristična po grupi neprijatnih osećaja, koja aktivira autonomni, fiziološki, somatomotorni odgovor.

Čovek često oseća bol u delu tela koji je znatno udaljen od mesta nastanka bola. Takav bol se naziva projektovani bol. Somatska bol potiče od istezanja i povreda tetiva, kostiju, krvnih sudova, nerava. Ovaj bol je akutnog karaktera i dobro je lokalizovan.

Kako je bol subjektivni osećaj, ne postoji validan objektivni metod za merenje njegovog intenziteta. Na doživljaj bola utiču i kompleksna ljudska iskustva sa funkcionalnim, emotivnim i duhovnim komponentama.

Iako ne postoji validan objektivni metod za merenje intenziteta bola, ipak se koristi klinička procena bola (pokušaj objektivizacije bola), prilikom čega se uzima detaljna anamneza, vrši se fizički pregled, uključujući i neurološki pregled, kao i dodatna ispitivanja (laboratorijska, vizualizaciona) i dr.

S obzirom, kako je već više puta napomenuto, da je bol subjektivnog karaktera, postoje razna oruđa za merenje intenziteta bola. U osnovi svakog merenja je samoprocena

ispitanika, rangiranje bola prema skali i izražavanje brojčanom ili opisnom jedinicom. Jednodimenziona oruđa za merenje intenziteta bola koja se koriste u dijagnostici su različite skale koje mogu biti numeričke i vizuelne:

- Verbalna skala - VS (Categorical Verbal Rating Scales (VRS)). Ova skala predstavlja listu deskriptora, kojima se opisuje stepen jačine bola, najčešće sa četiri deskriptora (bez bola, blag, umereno jak, jak bol).
- Numerička skala - NS (Categorical Numerical Rating Scales (NRS)), koja se često zove i vizuelna numerička skala (VNRS/VNS), jer je skala objašnjena ili prikazana na papiru, tako da odgovara nekom broju (0-5 ili 0-10). Ona je jednostavna za primenu u proceni intenziteta bola. Koristiti se kod prvog pregleda i kod kontrolnih pregleda bolesnika radi praćenja delotvornosti terapije. Na skali su označena dva ekstrema u opisu intenziteta bola, na primer od „bola nema uopšte“, do „najgori mogući bol“.

Jedna od češće korišćenih skala i više puta opisanih u nekim naučnim radovima je skala po Rolandu. Subjektivan način obuhvata primenu **Rolandove skale bola** sa pet tačaka koje registruje sam ispitanik (Roland, Morris, 1983), a koja je korišćena i u ovom radu, kao oruđe za procenu subjektivnog bola u leđima kod fudbalera.

Tabela 1 **Rolandova skala bola**

Br. bodova	Značenje
0	nema bola
1	mali bol
2	srednji bol
3	jak bol
4	veoma jak bol
5	neizdrživ bol

- Vizuelno analogna skala - VAS (Visual Analogue Scale (VAS)). Kako je kod dece veoma teško odrediti karakter bola, primenom kombinovanih slikovno-numeričkih skala od 0-10 ta poteškoća se donekle može ublažiti. U praksi se često koristi Vong Bekerova skala (Wong Baker Scale) za procenu težine bola kod dece.

Izbor skale zavisi od njene praktičnosti, znanja i veštine korisnika, i uobičajeno se koriste u merenju intenziteta bola sa podjednakim uspehom.

2.1. Lumbalni bol

Lumbalni deo kičme ima pet pršljenova, čije su veličine i oblik prilagođeni nošenju najvećeg dela težine tela. Sistem ligamenata i vertebralni deo kičme u kombinaciji tetiva i mišića obezbeđuje prirodni mider koji čuva kičmu od povrede. Mišićni sistem kičme je kompleksan i njegova primarna funkcija je podupiranje i stabilizacija kičmenog stuba.

Po nekim autorima (Vujasinović-Stupar i sar., 2004) nespecifični lumbalni sindrom se može klasifikovati po dužini trajanja simptoma na akutni lumbalni bol koji traje od nekoliko dana do šest nedelja, na subakutni lumbalni bol koji traje od 6-12 nedelja i hronični lumbalni bol koji traje nekada duže od 12 nedelja.

Klasifikacija lumbalnog sindroma po toku i težini bolesti se može podeliti na nespecifični lumbalni bol, koji ima više od 95% ljudi, a karakteriše ga bol u krstima od donjih rebara do glutealne linije, zatim sindrom išijasa koji ima ispod 5% ljudi, a karakteriše ga bol koji se širi najčešće duž jedne noge, što ukazuje na iritaciju/kompresiju nervnih korenova i na kraju ozbiljna spinalna patologija koju ima manje od 2% ljudi. (Von Korff, Deyo, Cherkin 1993; Kostuik, Harrington, 1986).

Prvi pokušaji da se definiše lumbosakralna nestabilnost (LSN) bazirani su na činjenici da je ovo patološko stanje kičme posledica preterane pokretljivosti na intervertebralnom i segmentnom nivou (Stanković, 2000). Autori navode pretpostavku da segmentna nestabilnost postoji usled insuficijentnosti pasivne subjedinice lumbalnog dinamičkog segmenta: iv diskova, ligamenata i kapsula fasetnih zglobova. Smatralo se da samo ovi elementi svojom snagom i elastičnošću ograničavaju segmentnu pokretljivost.

Isti autori objašnjavaju Panjabijevu teoriju spinalne disfunkcije, koji uvodi neuromuskularni sistem kao aktivnu subjedinicu u održanju fiziološke segmentne pokretljivosti. Panjabi i saradnici (Panjabi, 1971) su predstavili prvi koncept stabilizacionog segmentnog sistema, a čine ga tri subjedinice:

- _ pasivna (osteo-ligamentni subsistem)
- _ aktivna (mišićno-tetivni subsistem)

_ neuralna (kontrolni subsistem).

Ova tri subsistema su u međuzavisnosti i disfunkcija u funkcionisanju jednog od njih uzrokuje povećane funkcionalne zahteve ostalih i kompenzaciju funkcije onog sistema koji je slabiji. Na osnovu predstavljenog koncepta, Panjabi je definisao lumbosakralnu nestabilnost kao značajno smanjenu mogućnost stabilizacionog sistema kičmenog stuba da održi intervertebralnu neutralnu zonu u okviru fizioloških granica i tako spreči pojavu neuroloških ispada, većih deformiteta i onesposobljavajućeg bola. Neutralna zona predstavlja jedan deo potpunog fiziološkog obima pokreta unutar intervertebralnog segmenta. Drugi deo čini elastična zona. Termin "neutralna zona" odnosi se na zonu pokreta koja okružuje neutralnu poziciju intervertebralnog dinamičkog segmenta. U ovom prostoru pokret se izvodi uz vrlo mali otpor. Elastična zona počinje od kraja neutralne zone i završava se u krajnjoj poziciji fiziološkog obima pokreta. Ovde se pokret izvodi uz značajan unutrašnji otpor. Panjabijeva teorija nestabilnosti zasnovana je na promenama koje se dešavaju u okviru neutralne zone - kada je neutralna zona veća od fiziološke, dolazi do povećanja pokretljivosti jednog pršljena u odnosu na drugi, što rezultira lumbosakralnom nestabilnošću.

Danas se smatra da klinička lumbosakralna nestabilnost postoji onda kada promene u okviru jednog subsistema rezultiraju promenama u segmentnoj pokretljivosti koje daju određenu kliničku sliku ili kada postoji pogrešna povratna informacija od strane kontrolnog, neuralnog subsistema, koja sprečava spinalni stabilizacioni sistem u celini, da kompenzuje nastali patološki proces. Što bi značilo da je klinička nestabilnost multisubsistemska disfunkcija (Panjabi, 1971).

Na primer ako je pasivna jedinica slaba, neuralni sistem prenosi opterećenje na aktivnu subjedinicu, koja povećanom kontraktilnošću mišića (spazmom) odgovara na povećane potrebe stabilizacionog sistema.

Lumbalni bolni sindrom često se javlja kod sportista. Mišićna slabost, loša mišićna koordinacija i kontrola pokreta dovode do loše sportske tehnike koja može prekomerno povećati delovanje različitih sila na lumbalnoj kičmi (Trošt, Šimek 2003).

Do bola može doći usled statičkog mehaničkog stresa (streljaštvo) ili kod ponavljajućeg stresa na kičmu, kao što je trčanje s prekomernom lumbalnom lordozom. Podizanje velikih tereta u prekomernoj antefleksiji može prouzrokovati kompresiju međupršljenskog diska, kao i pojavu bola lumbalnog dela što se može prevenirati pravilnim

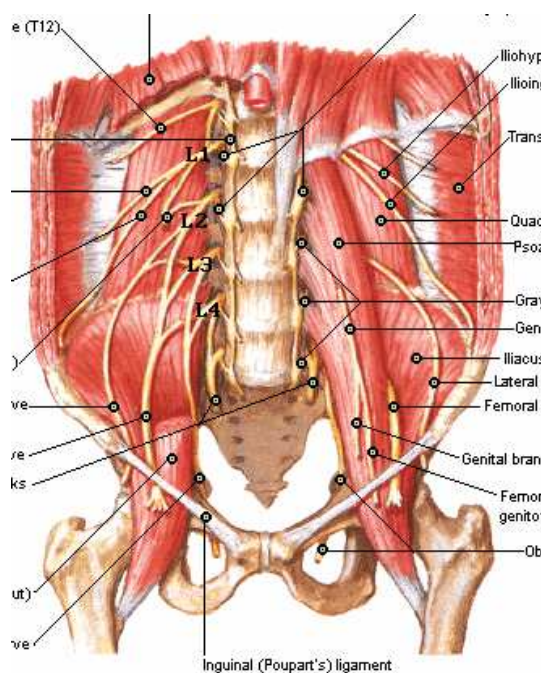
položajem kičme kako bi se teret jednako rasporedio po čitavom disku. Takve su povrede česte kod veslača i dizača tegova (Medved,1979). Drugi uzrok pojave lumbalnog bolnog sindroma kod sportista jeste povreda intervertebralnih zglobova do kojih može doći usled prekomerne retrofleksije trupa (česte kod gimnastičara i skakača u vodu). Kod sportista s lumbalnim bolnim sindromom česta je neravnoteža kod razvijenosti određenih mišićnih grupa. Najčešća je pojava izrazito razvijenih mišića nogu i to prednje lože kod fudbalera dok su musculus erector spinae, pa i zadnja loža često manje razvijeni. Osim ovih akutnih uzroka lumbalnog bolnog sindroma, on se javlja i u hroničnom obliku. Reč je o mikrotraumama prilikom pogrešnog opterećenja i nesklada mišića leđa sportista tokom njihove sportske karijere (Trošt, Šimek 2003).

2.2. Anatomija lumbosakralne regije

Lumbosakralna regija je kompleksna regija sastavljena iz više komponenti. Sve one su uvezane u jednu celinu koja je opet u neraskidivoj vezi sa svim ostalim regijama i sistemima ljudskog organizma.

Lumbalni deo kičmenog stuba predstavlja završni deo osovinskog skeleta. Počev od vratnog dela kičme pa do sakralnog, poprečni presek pršljenova se povećava.

Kako je osnovna uloga lumbalnog dela skeleta da podupire i nosi težinu gornjeg dela tela koju ravnomerno prenosi na karlični pojas i donje ekstremitete, povećanje površine pršljenova je u funkciji podnošenja i amortizovanja sve većeg statičkog opterećenja. Pošto za ovaj deo kičme nisu pripojena rebra, lumbalna regija ima relativno širok obim pokreta. Sa druge strane, lumbalni deo kičme služi za smeštaj 'caudae equinae' kao završnog dela kičmene moždine iz koje se izdvajaju nervi koji inervišu lumbalnu regiju i donje ekstremitete (Slika 1).



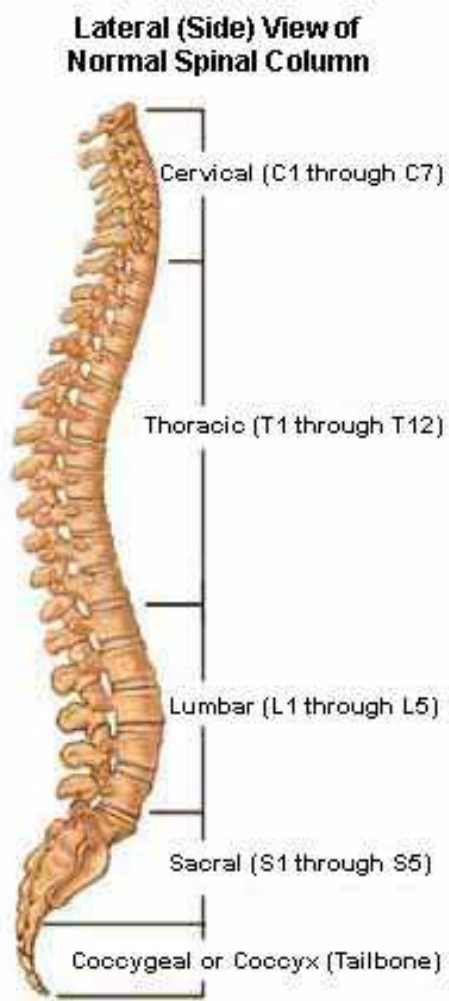
Slika 1. Različite strukture unutar lumbosakralne regije

2.2.1. Kičmeni stub

Kičmeni stub (columna vertebralis) je kompleksna tvorevina zglobnih segmenata koji omogućavaju noseći položaj i pokrete kičme u raznim pravcima. To je osnovni, najduži deo osovinskog, aksijalnog skeleta. On daje trupu neophodnu čvrstinu, a zahvaljujući svojoj elastičnosti, omogućuje mu i pokretljivost.

Kičmeni stub sačinjavaju kratke kosti, pršljenovi (vertebrae), čiji ukupan broj iznosi 33 - 34, (7 vratnih, 12 grudnih, 5 slabinskih, 5 krsnih i 4 - 5 trtičnih).

Prva 24 pršljena su slobodni i pokretljivi jedan prema drugom. Poslednjih 9 - 10 pršljenova su međusobno srasli i obrazuju dve kosti, krsnu i trtičnu, koje ulaze u sastav karličnog koštanog prstena (Slika 2).



Slika 2. Kičma u celini

2.2.2. Pršljenovi lumbosakralne regije

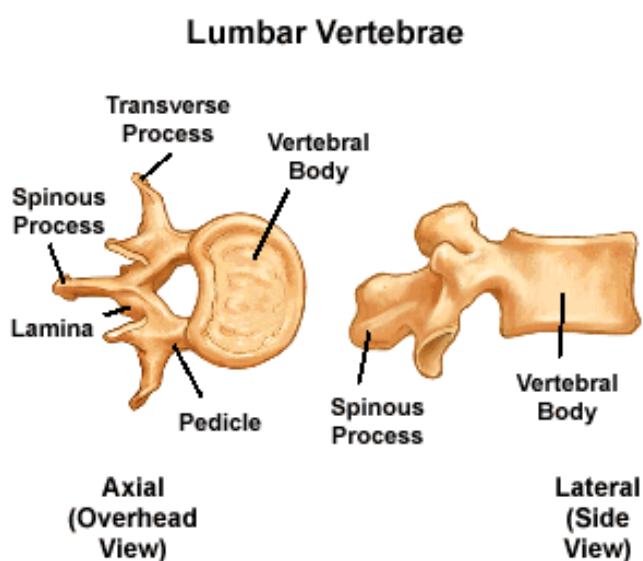
U ovom delu kičmenog stuba nalaze se lumbalni pršljenovi, krsna i trtična kost. Lumbalni pršljenovi su najveći pršljenovi pokretnog dela kičmenog stuba. Razlikuju se od ostalih, ali poseduju opšte osobine pršljenova. Ima ih pet (L1-L5). Kod nekih lumbalnih pršljenova u izvesnim slučajevima ne dolazi do spajanja lamina u spinozni nastavak, te nastaje otvor na zadnjoj strani kičmenog kanala (spina bifida).

Krsna kost (os sacrum) je neparna, simetrična kost koja je u vidu klina umetnuta između karličnih kostiju, na koje prenosi težinu trupa i pritisak. Čine je 4-5 krsnih pršljenova koji su se tokom razvoja spojili. U sakrumu je smešten krsni kanal (canalis sacralis), koji je

donji deo kičmenog kanala. Od njega polaze četiri kraka kanala koji se završavaju otvorima. Kroz njih sakralni kanal napuštaju prednje i zadnje grane sakralnih spinalnih živaca.

Trtična kost (os coccygis) je završni deo kičmenog stuba i čine je 4-5 zakržljalih i jako izmenjenih pršljenova. Na njima se više ne mogu raspoznati tipični sastavni delovi pršljena.

Posebne odlike lumbalnog pršljena se uglavnom ogledaju u njegovoj specifičnoj građi koja je u neposrednoj vezi sa njegovom funkcijom, kao najčvršćeg nosača težine i tereta (Slika 3).

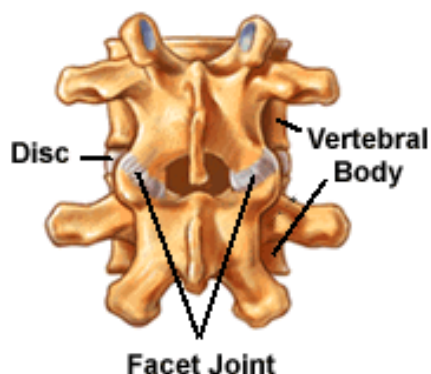


Slika 3. Lumbalni pršljen

Tipičan lumbalni kičmeni pršljen je veliki, veći u transferzalnom nego u anteroposteriornom dijametru i ima izraženo prema nazad usmerene pedikule. Na svakom pršljenu razlikuje se: telo, dva luka i nastavci. Telo i lukovi ograničavaju pršljenski otvor (foramen vertebralae). Peti lumbalni pršljen ima debelo pršljensko telo, mali spinozni nastavak i debeo transferzalni procesus.

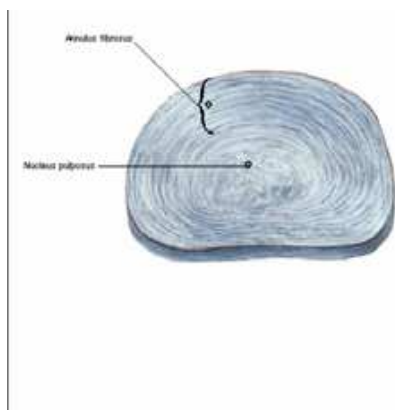
Otvori svih kičmenih pršljenova obrazuju **kičmeni kanal (canalis vertebralis)**. U kičmenom kanalu do drugog slabinskog pršljena nalazi se kičmena moždina. Od drugog slabinskog pršljena do vrha krsne kosti, kičmenim kanalom silaze kičmeni živci, koji zajedno podsećaju na konjski rep (cauda equina). Pršljenovi se spajaju međupršljenskim vezama i zglobovima (Slika 4).

Posterior Spinal Segment



Slika 4. Međupršljenski zglobovi

Međupršljenski disk (discus intervertebralis) nalazi se između tela dva susedna pršljena i razdvaja ih. Omogućuje pokretljivost i savitljivost kičme, kao i apsorpciju kompresivnog stresa. U lumbalnom segmentu kičme diskusi čine oko jedne trećine ukupne visine samog segmenta. Intervertebralni diskus je deblji u svom prednjem delu, što je naročito izraženo kod petog lumbalnog diskusa (L5). Diskus je klinastog oblika, što omogućava formiranje konveksne krivine kičme u njenom lumbalnom delu (Slika 5).

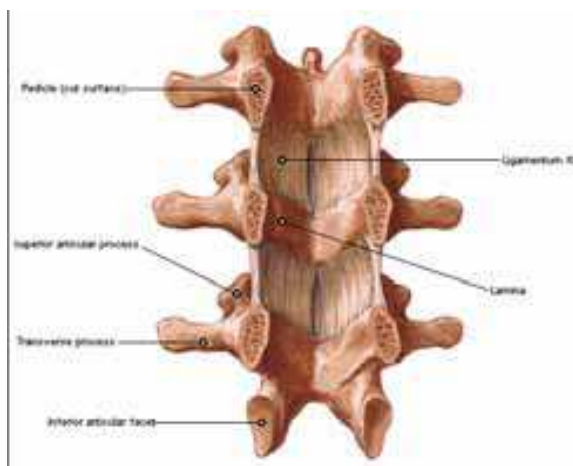


Slika 5. Discus intervertebralis

Međupršljenski diskus nema krvnih sudova, tako da se ishranjuje inhibicijom preko anulus fibrosusa i hrskavičave ploče (hijaline hrskavice). Sastoji se iz tri dela: hrskavičave ploče, anulus fibrosus-a i nucleus pulposus-a.

Fibrozne trake kojima se tela pršljena, pored međupršljenskog diska, takođe povezuju, protežu se duž celog kičmenog stuba.

Prednja uzdužna kičmena veza (**ligamentum longitudinale anterius**) izuzetno je jaka i čvrsto je vezana za prednje strane kičmenih pršljenskih tela, a mnogo slabije za odgovarajuće međupršljenske diskuse. Zadnja uzdužna kičmena veza (**ligamentum longitudinale posterius**) nalazi se u samom kičmenom kanalu i priljubljena je za zadnju stranu pršljenskih tela i međupršljenskih diskusa (Slika 6).



Slika 6. Međupršljenske veze

Zglobovi pršljenskih nastavaka (processus articulares) čine donji zglobni nastavci gornjeg i gornji zglobni nastavci donjeg pršljenja.

Posebne međupršljenske veze se pružaju između istoimenih delova pršljenova: veze između pršljenskih lukova (**ligamenta flava**), veza između rtnih nastavaka (**ligamenta inter et supraspinales**) i spojevi poprečnih nastavaka (**ligament intertransversaria**). Veličina i oblik pršljenova, jačina i elastičnost veza, kao i visina međupršljenskih diskusa zavise od funkcije segmenta kome pripadaju.

2.2.3. Mišići lumbosakralne regije

U *mišiće tzv. lumbalnog korseta* (paravertebralna muskulatura dubokog sloja leđa i mišići abdomena spadaju:

m. transversus abdominis

m. multifidus

m. obliquus internus et externus

m. rectus abdominis

m. erector spinae (m. longissimus thoracis)

Mišići karličnog poda (m. levator ani: m. pubococcygeus, m. puborectalis, m. iliococcygeus i m. coccygeus)

dijafragma

Pomoćni mišići stabilizatori (malo jezgro):

m. latissimus dorsi

m. gluteus maximus

m. trapezius

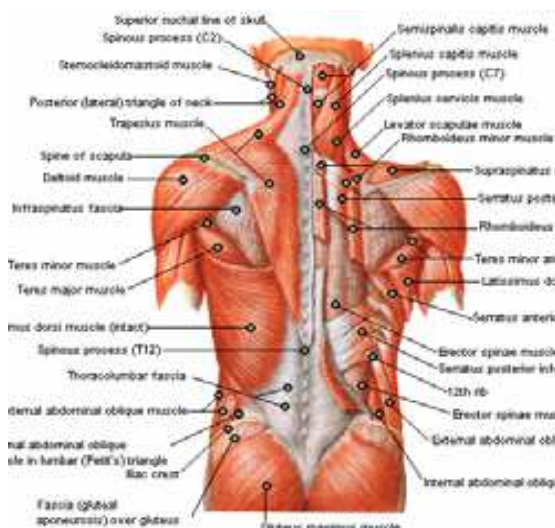
Mišići koji se nalaze pored kičmenog stuba, a vezani su za lumbosakralnu regiju spadaju u **mišiće leđa** (Slika 7). Možemo ih podeliti na:

• **površinske mišiće**

- 1. sloj: *m. trapezius, m. latissimus dorsi*
- 2. sloj: *mm. rhomboidei, m. levator scapulae*
- 3. sloj: *m. serratus posterior superior et inferior*

• **duboke mišiće**

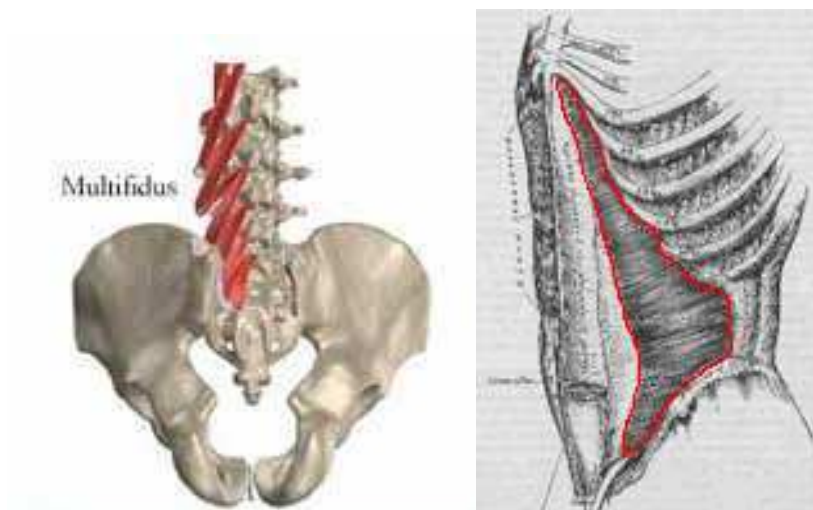
- površni: *m. iliocostalis, m. longissimus dorsi, m. spinalis, mm. interspinales*
- duboki: *mm. transversospinalis (m. semispinalis, m. multifidus), mm. rotatores, mm. interspinales*
- najdublji: *mm. intertransversarii.*



Slika 7. Mišići leđa

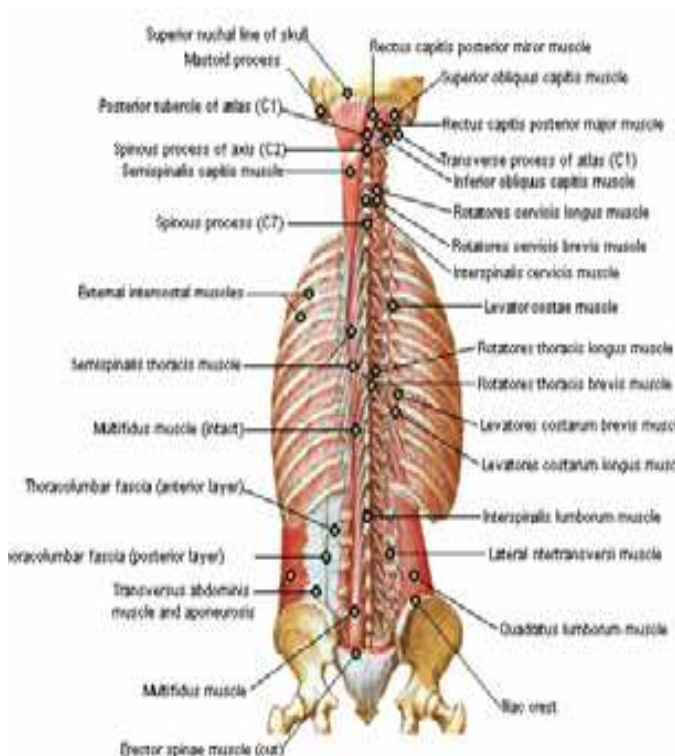
Površni i duboki mišići čine tzv. *m.errector spinae*. Imaju ulogu u ekstenziji kičmenog stuba i održanju posture. Stabilizuju kičmeni stub tokom fleksije. Antagonist mu je: *m. rectus abdominis*.

Iz duboke grupe mišića *transversospinalis-a* izdvaja se *m. semispinalis* i *m. multifidus*, koji je i najznačajniji stabilizator kičmenog stuba. Nalazi se duboko uz kičmene pršljenove, stabilizuje njihove spojeve i redukuje degenerativne procese zglobnih struktura. Pojedinačni fascikulusi multifidusa su postavljeni ukoso, naviše i unutra ka kičmenom stubu, pružajući se celom dužinom rtnih nastavaka susednih pršljenova. Obostrano ekstendiraju kičmu, kontrolišu lateralnu fleksiju i pojedinačnu rotaciju pršljenskih tela. *M. multifidus* stabilizuje lokalne pokrete u svim segmentima (Slika 8).



Slika 8. M. multifidus i m. trasversus abdominis

Mm. rotatores se nalaze ispod *m. multifidusa* u torakalnom regionu kičmenog stuba. U njihovim vlaknima se nalazi gusta mreža proprioceptivnih receptora koji su važni u održanju posture. *Mm. interspinales* se protežu duž celog kičmenog stuba i imaju ekstenzornu ulogu. Najdublji mišići leđa, *mm. intertransversarii* (anteriores, posteriores, laterales, mediales) učestvuju u lateralnoj fleksiji trupa (Slika 9).



Slika 9. Dublji slojevi mišića kičmenog stuba

U održavanju uspravnog stava, kao i u pokretanju kičmenog stuba, učestvuju i mnogi drugi mišići, a od posebnog su značaja kod prisustva lumbalnog bola sledeći mišići koji učestvuju u kinetičkom lancu:

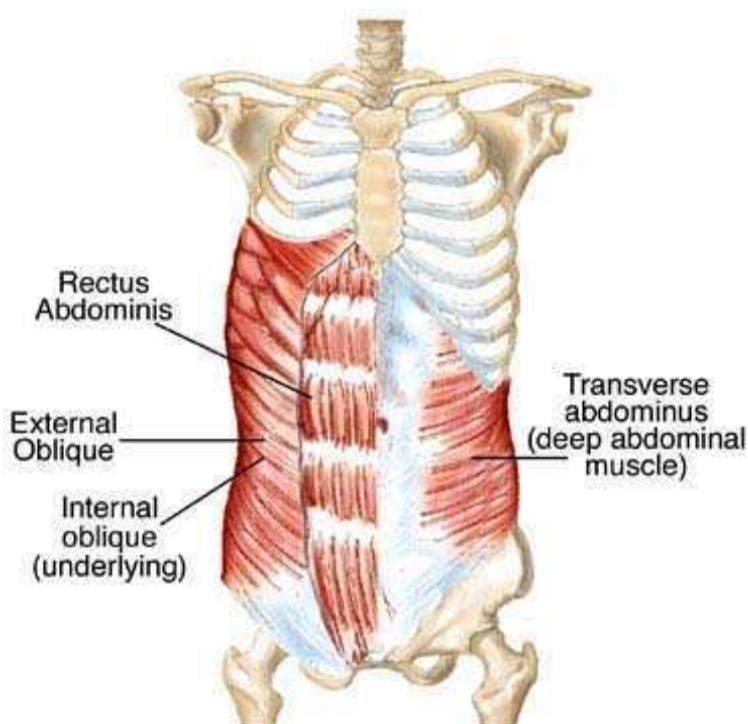
Pelvifemoralna muskulatura - *m.iliopsoas* u čiji sastav ulaze *m.iliacus* i *m.psoas major*.

• Mišići trbušnog zida:

- U prednje bočnu grupu spadaju: *m.transversus abdominis* i *m.obliquus internus abdominis* koji obrazuju snažnu aponevrotičnu ploču u čijoj duplikaturi se nalaze dva mišića, pravi trbušni mišić (*m.rectus abdominis*) i piramidni (*m.pyramidalis*).

- U zadnjem trbušnom zidu nalazi se četvrtasti slabinski mišić (*m.quadratus lumborum*).

Svi ovi mišići vrše fleksiju, bočno savijanje i rotaciju trupa (Slika 10).



Slika 10. Duboki sloj mišića trbuha

• **Mišići koji drže kičmu u uspravnom položaju:**

- *M. quadratus lumborum* - proteže se između donje ivice dvanaestog rebra i bedrenog grebena,
- *M. sacrospinalis* je dugačak i snažan snop mišića koji se pruža od krsne kosti do zatiljka, a deluje kao vrlo snažan mišić za uspravljanje kičme,
- *M. multifidus* proteže se od krsne kosti do vratnih pršljenova, a najrazvijeniji je u lumbalnom delu,
- *Mm. intertransversarii* su mali mišići između poprečnih nastavaka pršljena,
- *Mm. interspinales* jesu kratki mišići između rtnih nastavaka.

• **Mišići koji vrše pregibanje kičmenog stuba su uglavnom trbušni mišići:**

- *M. obliquus externus abdominis* je spoljni, kosi, mišić koji polazi od donjih osam rebra prema trbuhu,
- *M. obliquus internus abdominis* leži ispod *m. obliquus externus abdominis*, manji je od njega i tanji,
- *M. transversus abdominis* ide poprečno preko trbušnog zida,
- *M. rectus abdominis* je dugačak i tanak mišić koji se proteže preko prednjeg trbušnog zida.

Osim trbušnih mišića, u pregibanju kičme učestvuju i:

- *M.psoas major*, dugačak vretenasti mišić koji je pričvršćen na lumbalne pršljenove, a njegovo hvatište je na gornjem delu bedrene kosti (Slika 11).

- *M.psoas minor* leži ispred *m.psoas major*-a, a njegovo hvatište je na preponi ili stidnoj kosti.

• **Mišići koji vrše pokrete na levu ili desnu stranu (duboki sloj – lateralna grupa):**

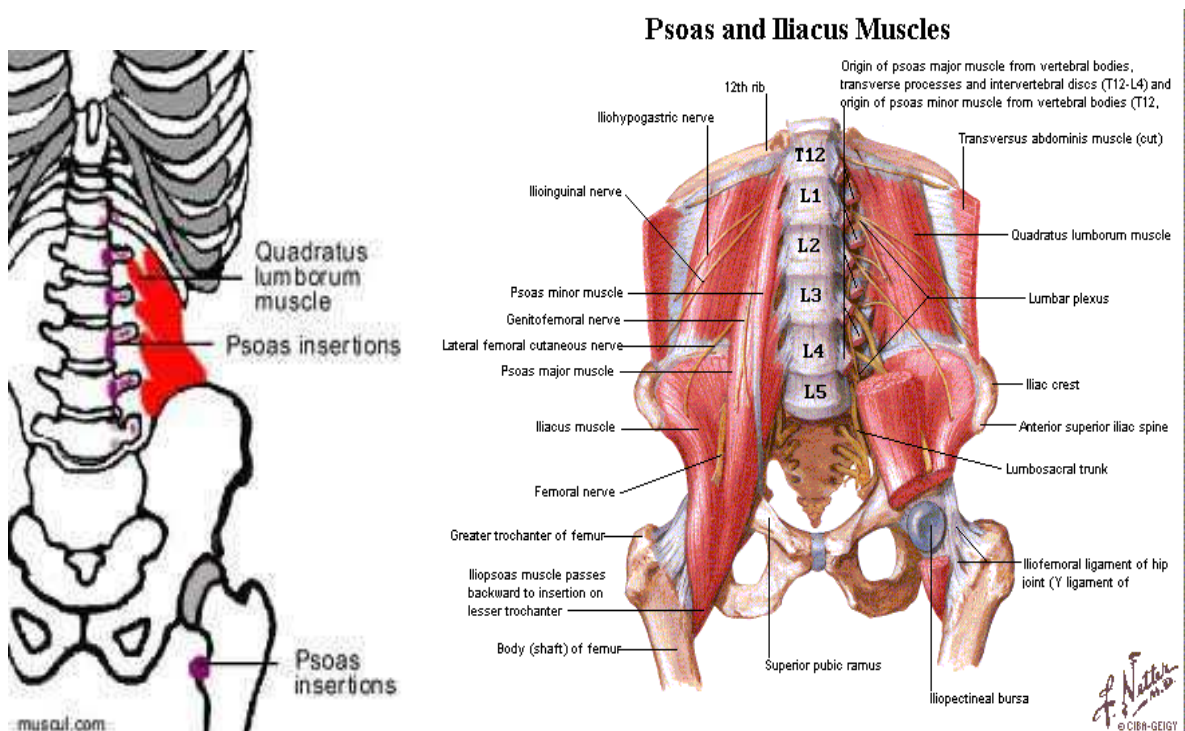
- *M.quadratus lumborum*

- *M.psoas major et minor*

- *Mm.abdominis*

- *Mm.intertransversarii*

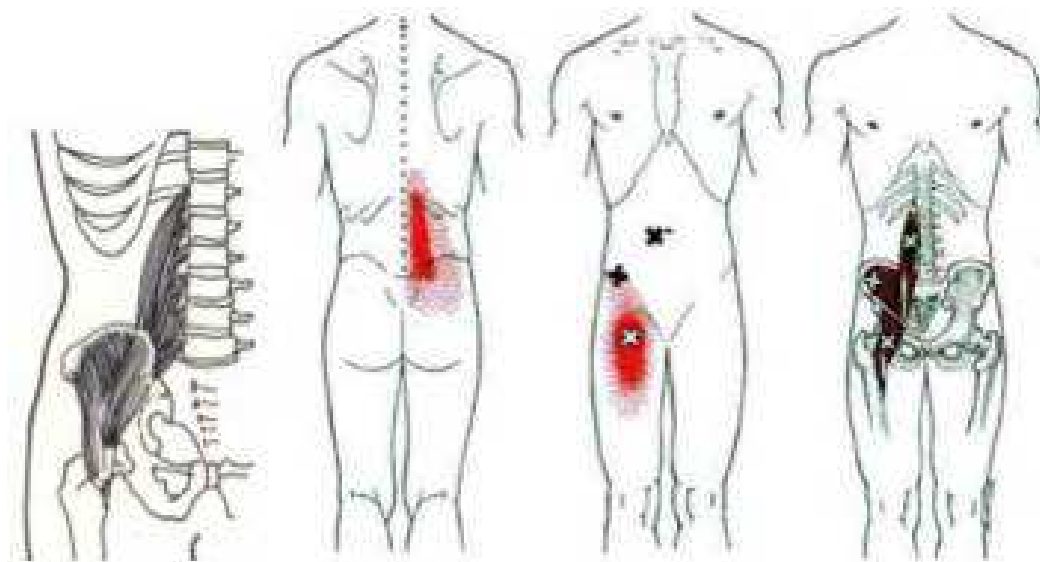
M. quadratus lumborum omogućuje lateralnu fleksiju trupa, ima depresivno dejstvo na disajnu muskulaturu, fiksira rebra, suprotstavlja se forsiranom ekspirijumu (Slika 11).



Slika 11. m. quadratus lumborum, m.psoas major, m.iliacus

M. psoas major je glavni je fleksor kuka, spoljašnji rotator zgloba kuka, ističe lumbalnu lordozu, omogućava kontralateralnu rotaciju lumbalne kičme. Kao i drugi fleksori kuka (*m. iliacus*, *m. tensor fascia latae*), *m. psoas major* je često prevedeni uzročnik

lumbalnog bola, koji može biti praćen tendinitisom iliopsoasa - "snapping hip" sindromom (Slika 12).



Slika 12. M.psoas major - uzročnik lumbalnog bola i tendinitisa m.iliopsoasa

Stanković i autori su izdvojili Bergmarkovu teoriju (Stanković, 2000), koja definiše dva osnovna mišićna sistema, globalni i lokalni. Po anatomske-biomehaničkom modelu mišića trupa i po njegovoj postavci hipoteze, ti mišićni sistemi kontrolišu pokrete i učestvuju u stabilnosti kičme.

Globalni sistem čine primarni pokretači: rectus abdominis, obliquus ext, delovi m. iliocostalis lumborum. Ovi mišići pokreću trup, ali nisu direktno vezani za lumbalnu kičmu.

Lokalni sistem čine tonični, posturalni i stabilizacioni mišići kičmenog stuba: psoas major, quadratus lumborum, lumbalni deo m.iliocostalis lumborum, lumbalni multifidus, obliquus int. i transversus abdominis. Ovi mišići su kraći i bliži uglovima rotacije. Direktno su povezani sa pršljenovima i zato mogu stabilizovati pokrete kičmenog stuba.

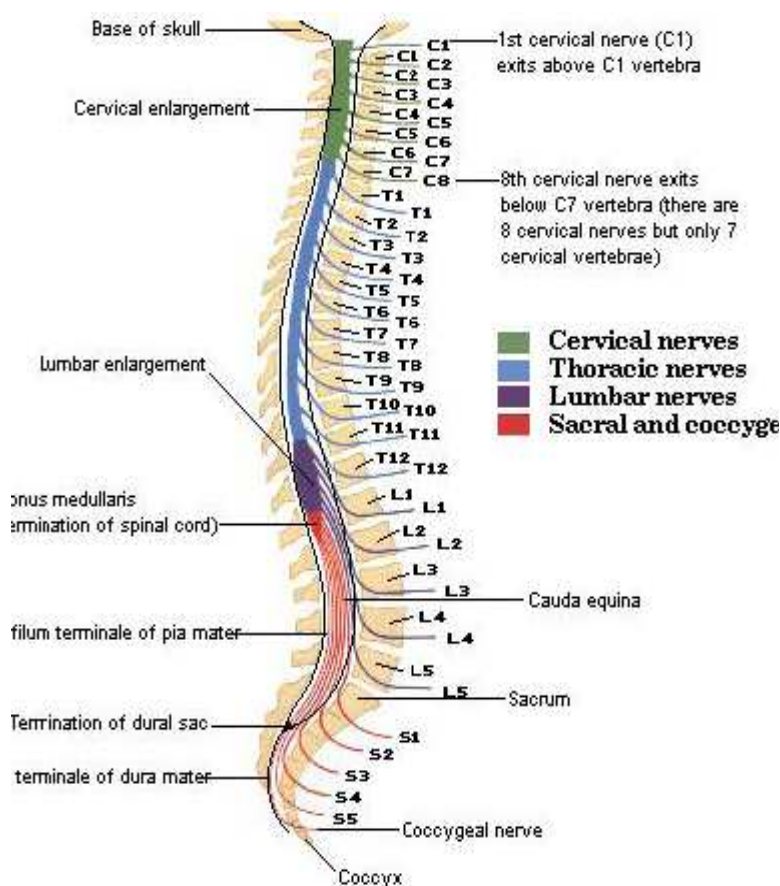
2.2.4. Kičmena moždina

Jedna od osnovnih funkcija kičmenog stuba jeste da štiti nervne elemente smeštene u kičmenom kanalu: kičmenu moždinu i korenove kičmenih živaca. Sa obe strane kičmene moždine dobija se po 31 par simetrično raspoređenih kičmenih živaca: 8 vratnih, 12 grudnih,

5 slabinskih, 5 krsnih i trtični. Pošto kod odraslih osoba postoji nesrazmera između dužine spinalnog kanala i kičmene moždine, samo gornji vratni korenovi kičmenih živaca napuštaju kičmeni kanal horizontalno, dok se svi ostali sve više spuštaju nadole prema mestu izlaska iz kanala.

Kičma poprima svoj karakterističan oblik «S» sa fiziološkim krivinama tek u postnatalnom periodu. Posle rođenja kičma je gotovo ravna. Podizanjem glave iz ležećeg položaja nastaje cervikalna lordoza, sedenjem torakalna kifoza, a puzanjem i pokušajima ustajanja razvija se kod dece lumbalna lordoza. U školskom periodu kičma već ima svoj konačan oblik. U starosti kičmeni stub zbog gubitka vode međupršljenskih diskusa i zbog slabljenja žutih veza, smanjuju svoju visinu i povija se napred.

Pošto je kičmena moždina kraća od kičmenog stuba, u vratnoj kičmenoj oblasti izlazi osam nervnih korenova (C 1-8) i to više vodoravno, dvanaest nervnih korenova iz grudne kičmene oblasti izlazi koso (Th 1-12), pet nervnih korenova (L 1-5) u slabinskoj oblasti kičmenog stuba i pet sakralnih nervnih korenova (S 1-5) izlaze skoro vertikalno nadole, dakle daleko dublje, no što odgovara njihovom prvobitnom mestu u kičmenoj moždini (Slika 13).



Slika 13. Odnos kičmenog stuba i kičmenih živaca

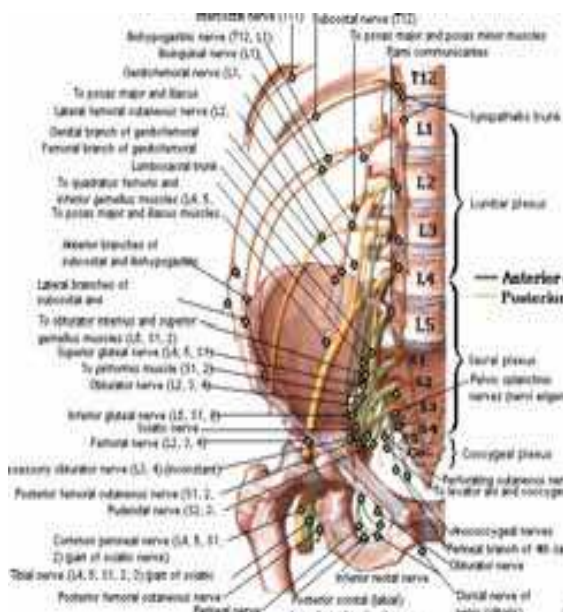
U lumbosakralnoj regiji nalaze se dva velika nervna spleta: slabinski nervni splet (plexus lumbalis) i krsni nervni splet (plexus sacralis), (Slika 14).

Plexus lumbalis se nalazi ispred poprečnih nastavaka lumbalnih pršljenova, između površnog i dubokog snopa m.psoas major-a. Ovaj splet čine prednje grane četiri prva lumbalna živca (nn.lumbales I, II, III, IV) sa svojim trima spojnicama (ansae lumbales I, II, III).

Završne grane su:

1. n.iliohypogastricus,
2. n.ilioinguinalis,
3. n.genitofemoralis,
4. n.cutaneus femoris lateralis,
5. n.femoralis,
6. n.obturatorius.

Prve tri grane pripadaju trbuhu, a nozi daju neznatne kožne grane, dok druge tri grane pripadaju u celosti donjem ekstremitetu. Bočne grane ovog spleta su za: m.quadratus lumborum, m.psoas major, m.psoas minor i mm.intercostales.



Slika 14. Plexus lumbalis i plexus sacralis

Plexus sacralis leži na prednjoj strani krsne kosti i na prednjoj strani kruškastog mišića, a pokriva ga fascia pelvis. On nastaje spajanjem po jedne grane četvrtog i petog lumbalnog živca, koji grade truncus lumbosacralis, i prednjih grana prva tri sakralna živca.

Prednje grane sakralnih živaca izlaze iz canalis centralis-a, prolaze kroz foramina sacralia pelvina i stvaraju sakralni splet sa bazom na ovim otvorima i vrhom upravljanim prema foramen ischiadicum maius, kroz koji izlaze šireći se prema inervacionom području. Plexus sacralis ima anastomoze sa plexus lumbalis-om i plexus pudendus-om, a pomoću spojnih grančica i sa stablom n.simpaticusa (rr.communicantes).

Bočne grane ovog spleta su:

1. rr.musculares,
2. n.gluteus superior,
3. n.gluteus inferior,
4. n.cutaneus femoris posterior i
5. n.ischiadicus, kao završna grana sakralnog spleta

Senzorna inervacija vertebralnih i paravertebralnih struktura potiče od zadnjih primarnih grana i meningealne grane spinalnih nerava. Zadnje primarne grane inervišu faset zglobove, fascije, ligamente i deo periosta zadnjeg dela pršljena. Senzorna vlakna za periost pršljenskog tela, površinski deo anulus fibrosus-a, prednju i zadnju duru, kičmenu moždinu, prednje i zadnje longitudinalne ligamente i sakroilijačne i lumbosakralne zglobove sjedinjuju se i formiraju meningealne nerve (sinovertebralni ili rekurentni nerv Luschka). Meningealni nerv sadrži somatska eferentna i simpatička vlakna.

2.3. Funkcionalna anatomija i biomehanika lumbosakralnog dela kičmenog stuba

Kičmeni stub, u koji ubrajamo koštani deo, međupršljenske diskuse i fibrozne veze, čini snažan nosač težine tela i vrlo elastičnu osnovu trupa. Od ukupne dužine kičmenog stuba (oko 75 cm), četvrtinu čine međupršljenski diskusi. Zbog toga je kičmeni stub istovremeno i čvrst i pokretljiv.

Osnovno statičko svojstvo lumbosakralnog dela kičme je prenos težine na karlicu i održavanje uspravnog stava. Sunderasta kost u telima pršljena organizovana je u sistem koštanih pregrada koje prate smerove sila opterećenja. U **frontalnoj ravni** sistem pregrada povezuje gornju i donju površinu, te lateralne površine pršljena. Kose pregrade povezuju još donju s lateralnom površinom. U **sagitalnoj ravni** pregrade su organizovane u dva snopa.

Jedan spaja gornju površinu pršljena s gornjim zglobnim nastavkom, oba korena luka i rtnim nastavcima. Drugi spaja donju površinu tela s donjim zglobnim nastavcima i rtnim nastavkom.

Koštane pregrade su najređe u prednjem delu trupa, tako da je to najneotpornija tačka u kojoj često nastaje prelom (npr.kod osteoporoze). Kompresivne sile koje opterećuju pršljen pasivno se cirkumferencijski raspoređuju u discus intervertebralis-u.

Aksijalno opterećenje je najveće upravo u lumbalnom području, pa nucleus pulposus tu ima najveću površinu, a samim tim i mogućnost apsorpcije opterećenja.

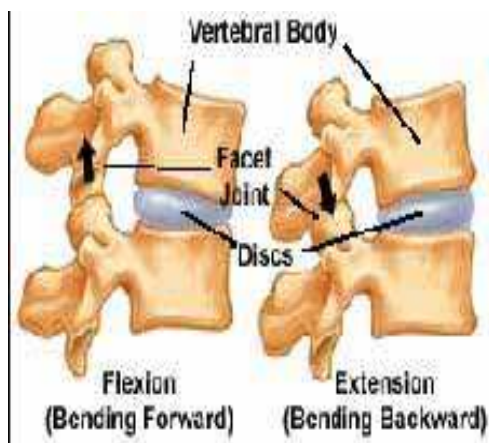
Kompresivno opterećenje lumbalnih pršljenova ponekad dostiže i do 1000 kg, pa bi moglo da dođe do frakture vertebralnih ploča pre hernijacije nucleus pulposus-a. To se ne događa, jer kompresivno opterećenje apsorbuju i pridruženi elementi, kao što su prednja i zadnja uzdužna veza, žute veze, interspinozne i supraspinozne veze, leđni i trbušni mišići.

Vertebralne veze postavljene su duž aksijalne ose i sprečavaju prekomerne pokrete u svim ravnima, ali ne ograničavaju normalne pokrete i elastičnost intervertebralnog diska (Slika 15).

Zaštitna uloga vertebralnih veza poremećena je samo u području L5-S1, gdje je zadnja uzdužna veza najtanja te slabo učvršćuje područje s najvećim opterećenjem i gipkošću.

Opterećenje **međupršljenskog diska** zavisi od položaja lumbalne kičme i prema Nachemsonovim istraživanjima (Nachemson 1992). iznosi oko 25 kg u ležećem, 100 kg u stojećem, 250 kg u sedećem sagnutom položaju. Osim svoje statičke uloge, nukleus pulposus deluje i kao lopta između dva pršljenska tela i tako čini zglob u kome su mogući svi pokreti. Kod kompresivnog opterećenja nukleus pulposus rasteže fibrozni prsten, u kome se stvara suprotna sila koja nastoji da međupršljenski disk vrati u prvobitno stanje (Slika 15).

Starenjem, anulus fibrosus gubi elastičnost i ne može delotvorno oponirati pokrete nucleus pulposus-a.



Slika 15. Međupršljenski disk i fasetni zglobovi prilikom fleksije i ekstenzije

Zadnja dinamička funkcionalna jedinica sastavljena je od dva luka, dva poprečna i dva rebarna nastavka, te parnih gornjih i donjih zglobnih nastavaka. U zglobovima lumbalnih pršljenova moguće su samo fleksija i ekstenzija, a pri nagibu tela prema napred, kad se delimično ispravlja lumbalna lordoza, mogući su lateralni i rotatorni pokreti.

Zahvaljujući člankovitoj građi, kičmeni stub ima mogućnost izvođenja veoma različitih pokreta: u sagitalnoj ravni pokrete vrši ispravljanjem lumbalne krivine, a zahvaljujući specifičnosti međupršljenskih zglobova i veza mogući su i pokreti rotacije i laterofleksije kičmenog stuba. Ovi pokreti se izvode zahvaljujući interakciji mnogobrojnih mišića, od kojih se neki direktno, a neki posredno pripajaju na kičmeni stub.

Pokreti kičme se odvijaju oko tri osovine: oko frontalne, sagitalne i horizontalne. Tu se vrše pokreti: pregibanja (fleksija), opružanja (ekstenzija), bočnog savijanja (lateralna fleksija) i uvrtnja (rotacija). Ovi pokreti mogu da se međusobno udružuju i da obuhvataju celi kičmeni stub ili samo pojedine njegove delove.

U lumbalnom delu kičmenog stuba izvode se sledeći pokreti (Slika 16):

- anterofleksija (40°); uglavnom između L5-S1,
- retrofleksija/ekstenzija (30°); ograničava je prednja uzdužna veza,
- laterofleksija (gotovo 0° na L5-S1, u proseku 20° - 30°).

Pokrete u međupršljenskim zglobovima vrše leđni mišići koji učvršćuju segmente lumbalne kičme i omogućuju veći obim pokreta. Pokrete još ograničava rastegljivost uzdužnih veza i zglobne kapsule, kao i stanje diskusa.



Slika 16. Veze i mišići koji su aktivni prilikom pokreta u lumbalnom delu kičme.

Krsna i karlične kosti ponašaju se kao celina, a glavni zadatak im je prenos aksijalnog opterećenja na noge. Jedini pokreti koji su mogući u sakroilijačnom zglobu su:

- translacija sakruma prema dole i
- rotacija oko trenutne ose; zavisi od opterećenja (gotovo 0° u L4-5, nešto više na L5-S1, u proseku kao celina ima raspon rotacije od samo 10°).

Najvažnije veze u sakroilijačnom zglobu su *ligg. interosaea*, *lig. sacrospinale* i *lig. sacrotuberale* (Slika 16 i 17).



Slika 17. Antefleksija, laterofleksija i rotacija

Pokretljivost između dva susedna pršljena je minimalna, ali pokreti kičme u celini, kao zbir većeg broja malih pokreta imaju dosta veliku amplitudu. Pokreti su veći ako su tela pršljenova uža i niža, međupršljenski diskusi viši, širina lukova manja, *procesus spinosus*-i horizontalni i ako u pokretu učestvuje više pršljenova. Naravno, sve ovo nije slučaj sa lumbosakralnim delom kičmenog stuba, pa je pokretljivost manja. S druge strane,

pokretljivost pršljenova ograničava mala istegljivost ligamenata, te sudaranje nastavaka dvaju susednih pršljenova.

Posmatrajući normalne krivine kičme sa prednje ili zadnje strane, u stojećem stavu, na kičmi se ne vide znatnije krivine. Ovako gledajući, možemo uzeti da je kičmeni stub prav i da processus spinosus-i čine vertikalni greben koji se može opipati ispod kože.

Posmatrano sa strane, kičmeni stub ima četiri krivine: vratnu lordozu, torakalnu kifožu, slabinsku lordozu i krsno-repnu krivinu. Svaka od ovih krivina ima svoju najistaknutiju tačku. To su šesti i sedmi vratni pršljen za vratnu lordozu, šesti leđni pršljen za leđnu kifožu, treći i četvrti slabinski pršljen za slabinsku lordozu i treći i četvrti sakralni pršljen za krsno repnu krivinu. Zbog krivina i pritisaka, međupršljenski diskusi i tela pršljenova dobijaju klinast izgled.

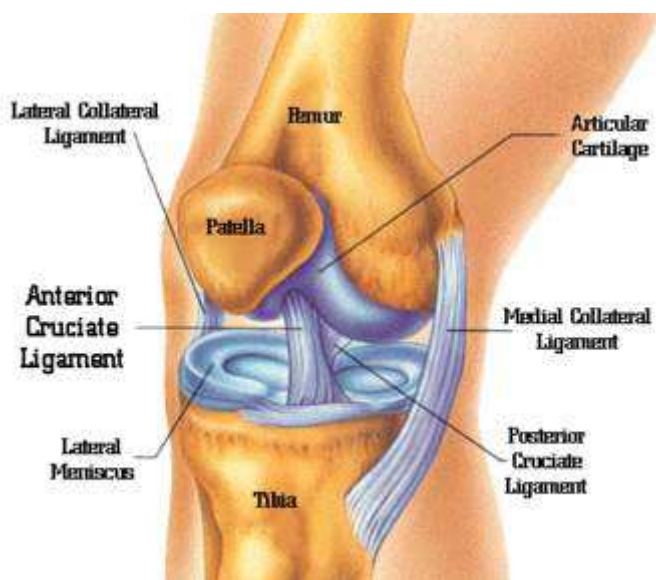
Zglobne površine L5 pršljena su okrenute napred i upolje i preko njih se ovaj pršljen uklješti između gornjih zglobnih nastavaka krsne kosti i na taj način sprečavaju njegovo potiskivanje napred i dole, delovanjem sile Zemljine teže.

Kičmene krivine se menjaju u različitim položajima (sedeći, stojeći stav i razni pokreti), a njihova manja ili veća naglašenost zavisi od čitavog niza faktora među koje ubrajamo konstituciju, mišićni tonus, a posebno tonus trbušnih mišića, zatim pokretljivost kukova (ekstenzija), zanimanje, navike držanja, visina potpetica, a izvesnu ulogu igraju karakterne osobine i momentalno emocionalno stanje.

2.4. Funkcionalna anatomija zgloba kolena

Zglob kolena je najveći u ljudskom organizmu i predstavlja veoma kompleksnu strukturu kako u anatomskom, tako i u biomehaničkom smislu. Koleno je jedan od najsloženijih zglobova u ljudskom organizmu i najpodložniji je povredama. Sve promene koje se javljaju nakon oštećenja kako mekih, tako i koštanih struktura, dovode do otežanog hoda, trčanja, skakanja i funkcionisanja uopšte. Koleno zglob generalno predstavlja važnu kariku u kinetičkom lancu lokomotornog sistema. Da bi spreg sila bio funkcionalan svi sistemi, mišićni, vezivni i koštani, moraju biti u skladu i balansu. Bilo kakvo odstupanje dovodi do promena u samom zglobu, koji postaje preopterećen, čime se smanjuje kvalitet života, posebno onih koji nakon povrede nastavljaju da se bave sportskim aktivnostima.

Zglob kolena (Slika 18), povezuje femur sa tibijom i na taj način čini kariku u lancu funkcionalne celine lokomotornog sistema. Koleno je najveći zglob čoveka, ali zglobni okrajci natkolene kosti i golenjače su u manjem stepenu kongruentni što ga čini podložnim traumatskim uticajima. Stabilnost zglobu kolena daju ligamenti, zglobna kapsula i pripoji mišića.



Slika 18. Zglob kolena

Stabilnost zavisi od zajedničkog delovanja aktivnih i pasivnih stabilizatora kolena. Aktivni stabilizatori su mišići i njihove tetive koje ga okružuju i se pripajaju u predelu kolena, dok su pasivni stabilizatori ligamenti, zglobna kapsula, meniskusi i zglobna tela. Svi stabilizatori čine jedan integralni mehanizam, koji omogućava odraz i zaustavljanje, ubrzanje ili usporavanje, što uz mišiće daje svojevrsnu elastičnost tako što štiti čoveka od potresa pri kontaktu sa tlom (Drapšin, 2009).

Kada se koleno nalazi u punoj ekstenziji ono postaje čvrsto i stabilno, prilikom čega se može opteretiti bez funkcije mišića, uprkos težini tela i velikim polugama koje deluju na njega. Ukrštene veze kolena (ligamentum cruratum anterior et posterior) su dva kratka, snažna i međusobno ukrštena ligamenta koji ispunjavaju interkondilarnu jamu natkolene kosti imajući jednu od najvažnijih funkcija u stabilizaciji zgloba kolena.

Ligamenti, kao i tetive i mišići, imaju građu koja odslikava prisutne sile koje deluju na njih s obzirom na poznatu činjenicu da sila mišića, tj. istezanja uvek deluje u istom pravcu.

Sastavljeni su uglavnom od kolagenih vlakana koja su postavljena paralelno u smeru delovanja mišića. Molekularna strukturalna organizacija ligamenata i tetiva je prvenstveno takva da što bolje prenosi i neutralizuje sile istežanja koje se javljaju pri kretanju. Sadrže u sebi 60-70% vode koja nema neku biomehaničku funkciju, dok glavnu mehaničku funkciju daju kolagena vlakna koja čine 70-80% suve materije tkiva. Velika otpornost ligamenata i tetiva na sile izvlačenja i rastežanja bazirana je prvenstveno na specifičnim osobinama kolagenih vlakana tako što je njihov raspored u prostoru prilagođen mehaničkom opterećenju.

2.5. Funkcionalna anatomija mišića natkolenice

Mišići natkolenice predstavljaju aktivne stabilizatore kolena. Grupisani su u tri lože: prednju, unutrašnju i zadnju. Mišiće prednje lože čine m.sartorius i m.quadriceps femoris. Pri tome je m.sartorius fleksor u zglobu kuka i kolena, dok je m.quadriceps femoris fleksor u zglobu kuka i ekstenzor u zglobu kolena. Mišići zadnje lože su po funkciji ekstenzori u zglobu kuka i fleksori u zglobu kolena. U ovu grupu spadaju: m.biceps femoris, m.semimembranosus i m.semitendinosus. Mišići unutrašnje lože su po funkciji aduktori buta i u ovu grupu spadaju: m.pectineus, m.adductor brevis, m.adductor longus, m.adductor magnus i m.gracilis (Stefanović 2002).

Najveći značaj u ekstenziji kolenog zgloba ima m.quadriceps femoris i on je ujedno i najveći mišić buta. Sastoji se iz četiri posebna mišića (m.rectus femoris, m.vastus medialis, m.vastus lateralis i m.vastus intermedius) čije se završne tetive ujediniju u tetivu m.quadriceps femoris-a koja se pripaja na tuberositas tibiae. U završnoj tetivi se formira patela, koja kao sezamoidna kost ima ulogu da udaljava tetivu kvadricepsa od poprečne osovine kolena i time povećava obrtni moment ovog mišića, kao i da predstavlja prednji stabilizator kolenog zgloba, odnosno, fiksira koleno u ekstenziji. M.rectus femoris takođe predstavlja pomoćni fleksor u zglobu kuka, dok m.vastus lateralis i m.gluteus maximus formiraju mišićnu grupu koja opruža nogu u zglobu kuka i kolenu i fiksira ih u ekstenziji. Ova dva mišića omogućuju i podizanje trupa iz sedećeg položaja. M.quadriceps femoris je inervisan granama m.femoralis-a (L2-L4).

M.biceps femoris pripada zadnjoj loži buta i sastoji se od dve glave: duge i kratke. Zajednička tetiva obe glave se završava na apex capitis fibulae. M.semitendinosus polazi sa tuber ischiadicum-a i završava se na gornjem delu unutrašnje strane tibiae.

M.semimembranosus takođe polazi sa tuber ischiadicum-a i pruža se do zadnje strane unutrašnjeg kondila tibiae gde se završava pripojem svojom tetivom. Svi mišići zadnje lože buta inervisani su od strane n.ischiadicus-a (L5, S1 i S2).

2.6. Biomehanika kolena i mišića natkolenice

Koleno u procesu kretanja predstavlja kariku u lancu čovekove funkcionalne celine i na taj način omogućava svakoj individui stajanje, hodanje, trčanje i klečanje. Bilo kakve patološke promene u strukturi kolena dovode do poremećaja procesa kretanja, što ima velike posledice na sve životne aktivnosti čoveka i na taj način na fizički i psihički integritet pojedinca. Koleno teži da se odupre sili nametnutoj od strane stopala tokom njegovog kontakta sa podlogom, kroz čitav proces hoda, toliko da može da omogući savladavanje efekta inercije noge, tokom faze ljuľanja pri hodu. Konstrukcija kolenog zgloba omogućava osnovne pokrete ekstenzije i fleksije, pokrete valgusa i varusa, kao i unutrašnje i spoljašnje rotacije, koji su skromnog opsega (Jovanović 1989, Radivojević 1975).

Funkcionalna stabilnost kolena je omogućena zajedničkim delovanjem zglobnih tela, ligamenata, zglobne kapsule i meniskusa koji predstavljaju pasivne stabilizatore i okolnim mišićima, tj. njihovim pripojima koji čine aktivne stabilizatore kolena (Jovanović 1989, Radivojević 1975, Stefanović 2002). Centralni ligamentalni aparat, prednji i zadnji ukršteni ligament, su osnovni stabilizatori kolena u sagitalnoj ravni i jezgro su kinematike u zglobu kolena (Simank 1995). Njihova osnovna uloga je da ograničavaju anterioposteriornu translaciju tibije.

Takai je u svojim istraživanjima dokazao da odnos elemenata u zglobu kolena zavisi u mnogome od spoljne sile, odnosno opterećenja. Kada je koleno flektirano bez opterećenja, ne dolazi do unutrašnje rotacije tibije. Za razliku od toga, dovoljna je vrlo mala aksijalna sila da bi tokom fleksije došlo do unutrašnje rotacije kolena (Takai 1993). Pri punoj fleksiji potkolenica se nalazi u unutrašnjoj rotaciji, a pri punoj ekstenziji u spoljnoj rotaciji. Pri fleksiji od 40-90° osa u frontalnoj ravni je praktično horizontalna, tako da se u tim momentima odvija čista fleksija i tada se koleno ponaša kao šarkasti zglob. Smanjivanjem ili povećavanjem fleksije dolazi do rotacije potkolenice uz mogućnost valgus ili varus položaja. Ovi pokreti su limitirani postojanjem ligamenata, kao kolateralnih tako i ukrštenih, zglobne

čaure i samih artikularnih površina. Centralni ligamentarni aparat je osnova pasivne stabilnosti zgloba kolena u sve tri ravni, a ne samo u sagitalnoj.

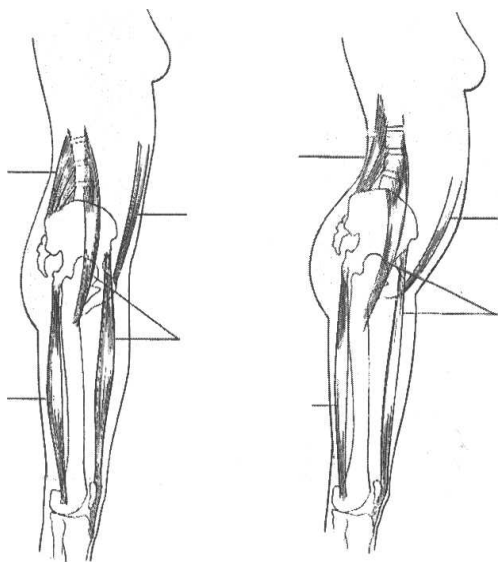
Mišići prednje i zadnje lože buta se mogu svrstati u grupu dvozglobnih mišića i povezuju karlicu sa gornjim okrajcima tibije i fibule i ispoljavaju svoje dejstvo na zglob kuka i kolena. Ovi mišići svojim koordinisanim radom regulišu odnos u zglobu kuka i kolena i fiksiraju ih u potrebnom međusobnom položaju. Dvozglobni mišići svojim zatezanjem i kontrakcijom obezbeđuju stabilnost položaja kolena i normalnu funkciju ovom zglobu. Pored osnovne uloge koja se ogleda fleksijom u kolenom zglobu i ekstenzijom u zglobu kuka, mišići zadnje lože buta vrše i rotatorne pokrete u zglobu kolena. M.biceps femoris vrši spoljnu rotaciju, a m.semimembranosus i m.semitendinosus vrše rotaciju potkolenice ka unutra (Drapšin, 2009).

2.7. Biomehanički uzroci poremećaja statike tela

Principi osnovnog držanja tela vrlo su kompleksni i zasnivaju se na uslovnim i bezuslovnim refleksima. Kako su uslovni refleksi podložni spoljnim uticajima, držanje tela sadrži i individualne karakteristike. U suštini, osnovno držanje čoveka je nasledno, ali se može modifikovati spoljnim uticajima. Tako fizička aktivnost i sport, uslovi života, podneblje, ishrana, bolest, rast, starost i drugo, mogu u velikoj meri uticati na držanje tela. Lokomotorni aparat čoveka, a naročito mišiće, karakteriše plastična adaptacija (Jovović, 2008). To je sposobnost da se lokomotorni aparat, relativno brzo, svojim dimenzijama prilagodi novonastalim promenama međusobnog položaja pojedinih segmenata i tela u celini (Slika 19).

Jovović u svom izlaganju objašnjava da ukoliko su kod određenog mišića, usled dejstva spoljašnjih sila (posebno sile teže), mišićni pripoji duže vreme udaljeni, pri čemu se njegova kontraktilnost svodi na najmanju meru, dolazi do njegovog prilagođavanja stanju opuštenosti. Usled nedovoljnih aktivnosti dolazi do slabljenja i propadanja mišića, pri čemu se menjaju njihove mehaničke osobine i arhitektura. Zbog povećanja dužine mišića, što je rezultat povećanja, ili izduženja vlakana ili, kao kod perastih mišića, smanjenja ugla njihovog pripajanja, dolazi do gubitka elastičnosti njihovih svodova, pri čemu se smanjuje njihova ukupna sposobnost u razvijanju sile i vršenju rada. S druge strane, ako se kod nekog mišića, koji je opušten i ne nalazi se u aktivnom stanju, mišićni pripoji približe nekom drugom silom i

tako se održavaju duže vremena, takođe dolazi do adaptacije novonastalim odnosima. S obzirom da takav mišić nije u stanju potrebne mobilnosti on atrofira, pri čemu se skraćuje, jer su mu mišićni pripoji približeni.



Slika 19. Držanje tela-plastična adaptacija

Dobro držanje tela obezbeđuju dugi i snažni opružači slabinskog dela kičme, dugi i snažni dvozglojni mišići zadnje lože buta, snažna trbušna muskulatura, snažni i dugi pregibači zgloba kuka. Loše držanje tela kao rezultat slabe i neuravnotežene muskulature čine kratki i slabi opružači kičme, insuficijentni mišići zadnje lože buta, slabi mišići trbuha, kratki i nedovoljno snažni pregibači zgloba kuka. Uticaj kinetičkog lanca u oba slučaja je izuzetno bitan.

Isti autor dodaje da slično, kao što kod duže neupotrebe nekog zgloba nastaje ankiloza zgloba, tako i kod mišića usled njihove duže neaktivnosti dolazi do neizbežne atrofije. Ako je neaktivni mišić bio duže vreme u rastegnutom položaju, ostaje izdužen, a ako je bio u opuštenom položaju on se skрати. Kod takvih mišića smanjuje se njihova sposobnost, tj. teže razvijaju silu i vrše rad, pokreti su sporiji, a u težim slučajevima čak ne mogu ni da se izvedu. Tako slabi mišići ne mogu da održe aktivno stanje u organizmu, pa se usled dejstva sile zemljine teže pritisak delova tela prenosi na pasivni deo aparata za kretanje (ligamente, kosti, zglobove), pri čemu nastaju drugačiji odnosi na lokomotornom sistemu, pa i na telu u celini. Oba ova oblika atrofije sreću se istovremeno kod agonista i antagonista, gde je na račun

skraćanja jednih došlo do istežanja drugih i obratno. Tako je zbog promene odnosa kod pojedinih delova tela (u odnosu na normalni uspravni stav) došlo do narušavanja tonične ravnoteže suprotstavljenih mišićnih grupa. Zbog dugotrajnog održavanja jednih u istegnutom, a drugih mišića u opuštenom stanju, dolazi do promena dužina i sila kod pomenutih grupa mišića. Ukoliko bi se sada, nakon promene njihovih mehaničkih osobina, pokušalo da se kontrakcijom istegnutih mišića pojedini segmenti tela vrate u raniji međusobni odnos (normalno stanje), pojavio bi se određeni otpor novoadaptiranih elemenata. To su, pre svega, nedovoljna sila atrofiranih mišića i nedovoljna dužina njihovih antagonista, kao i novoadaptirana sila pasivnih delova aparata za kretanje, sa strane skraćenih mišića.

Ukoliko bi se na tako poremećeno stanje delovalo nekom spoljašnjom silom, došlo bi do korekcije narušenog stava, ali bi se nakon njenog prestanka, korigovani segmenti tela ponovo vratili u pređašnje stanje narušene posture. Ovo ukazuje na činjenicu da su izduženi i atrofirani mišići nedovoljno snažni, a njihovi antagonisti suviše kratki da održavaju delove tela u normalnom položaju. To je potvrda da je držanje tijela, stav ili postura, narušena, što je rezultat slabe, astenične muskulature, koja usled gubljenja kvaliteta svojih funkcija nije u mogućnosti da održi delove tela u normalnom stanju.

Na osnovu do sada rečenog može se zaključiti da je plastična adaptacija delova aparata za kretanje samo posledica. Osnovni uzrok je poremećaj tonične ravnoteže agonista i antagonista, do kojeg dolazi usled popuštanja muskulature, koja treba suprotstavljenim spoljašnjim silama da održi delove tela u odnosima normalnog uspravnog stava i obezbedi normalnu funkciju organa trbušne i grudne šupljine. U osnovi, uzroci koji dovode do odstupanja od međusobnih normalnih odnosa delova tela su spoljašnje sile, ili bolje rečeno, mogućnost dejstvovanja spoljašnjih sila u smislu narušavanja tonične ravnoteže aktuelnih mišića i njihovih antagonista.

2.8. Merenje mišićne snage

Mišićna snaga je maksimalna veličina sile koju mišić može da razvije. Ona zavisi od biomehaničkih karakteristika pokreta, ali i od nervno-mišićne sposobnosti savladavanja zadatog opterećenja (Aagaard 2002, Dvir 2002, Howatson 2005, Kanehisa 2002).

Istraživanja su pokazala da merenje mišićne snage ima značaja u svakodnevnoj praksi, kako kod osoba sa poremećajima u funkciji mišića, tako i u zdravoj i sportskoj populaciji (Andrade 2002, Cardone 2004, Hill 2005, Keayes 2000, Ryschon 1997, Wirth 2002). Neke od najčešće primenjivanih metoda za merenje mišićne snage su: manuelno određivanje mišićne snage, određivanje mišićne snage tenziometrom, određivanje jedne maksimalne mišićne kontrakcije (1RM) i određivanje mišićne snage izokinetičkim dinamometrom.

Kod manuelnog testiranja mišićne snage se može brzo odrediti stanje određenog segmenta lokomotornog aparata ili mišićne grupe. Kod ove metode ocenom od jedan do pet se ocenjuje funkcija mišića. Glavni nedostatak ove metode je subjektivnost, odnosno dobijanje nepreciznih parametara koji definišu funkciju mišića. Ovakav vid merenja se više odnosi na izometričke sposobnosti mišića nego na dinamičke.

Tenziometrijom možemo odrediti silu koju mišić može da proizvede za vreme izometričke kontrakcije, prilikom čega se određuje statička snaga skoro svih većih mišićnih grupa. Ova metoda nalazi širu primenu u programima medicinske rehabilitacije.

Merenje mišićne snage na osnovu određivanje jedne maksimalne mišićne kontrakcije je metod koji ima značaja i trenažnom procesu sportista, dok u kliničkoj praksi ne pruža dovoljno informacija o stanju i funkciji mišića (Wirth 2002).

Izokinetički dijagnostički uređaji se koriste u oceni trenutnog stanja lokomotornog aparata, testirajući silu određenih mišićnih grupa pri različitim brzinama. U testiranju ekstremiteta najčešće se koriste brzine od 60°/sec za merenje maksimalne sile i od 240°/sec za određivanje izdržljivosti. Takođe se tokom testa dobijaju i drugi važni parametri, kao što su maksimalni obrtni moment, maksimalni obrtni moment u odnosu na telesnu masu, ukupni rad, obim pokreta, indeks zamora, odnos agonista i antagonista i dr.

2.8.1. Izokinetička dinamometrija

Izokinetičko funkcionalno ispitivanje na izokinetičkom dinamometru jedan je objektivnih postupaka za detaljnu dijagnostiku rada mišića i zgloba, jer osigurava detaljan uvid u stanje lokomotornog aparata svake osobe, uzimajući u obzir starost, pol, telesnu masu, visinu, aktivnost, itd. Određeni broj radova je pokazao da osobe sa jakim mišićima, u ovom slučaju donjih ekstremiteta, mogu podneti veće napore tokom sportske aktivnosti (Čolak 1999; Lacerte et. al., 1992).

Izokinetička dijagnostika je takođe izuzetno značajna u prevenciji povreda i oštećenja mišićno-koštanog sistema. To je posebno važno kod sportista, kod kojih postoje ogromni zahtevi sistema za kretanje i kod kojih detekcijom i ispravljanjem disbalansa različitih grupa mišića možemo sprečiti povrede.

Izokinetički dinamometar predstavlja aparaturu koja u toku svog rada aktivno učestvuje u izvođenju pokreta ispitivane osobe. Aparatura se sastoji od tri glavna dela: sedište dinamomtra, glave dinamometra i kompjuterske jedinice za prijem i obradu podataka. Sedište dinamometra je tako dizajnirano da omogućava ispitanika trakama, čime se omogućava izolovanje mišićne akcije samo odgovarajuće grupe agonista i antagonista pojedinih zglobova. Razvojem kompjuterske tehnologije, omogućen je i razvoj savremenih medicinskih uređaja koji su osposobljeni za obradu velikog broja ulaznih informacija, koje se uz pomoć specijalizovanih softvera prerađuju i pružaju informacije od značaja za dijagnostiku i terapiju pacijenata. Kod izokinetičkog dinamometra informacije o kretanju i aktivnosti mišića stižu od glave aparature, koji predstavlja centralni deo dinamometra. U glavi dinamometra su smešteni senzori i servomotori, dok od glave kreće poluga dinamometra sa kojom se povezuje i za koju se pričvršćuje testirani ekstremitet. Mišićna akcija ispitivanog ekstremiteta ostvaruje ugaono kretanje čija je osa, osa glave dinamometra. U toku rada u mišiću se stvara odgovarajuća napetost, sila mišića.

2.8.2. Parametri izokinetičke dinamometrije

Merenjem snage pojedinih mišićnih grupa koji pokreću određene delove ekstremiteta, dobijaju se parametri koji definišu taj pokret. Jedan od osnovnih parametara je, svakako, moment sile (torque), odnosno vrednost sile koju testirani mišić razvija oko ose rotacije tokom merenog pokreta (moment rotacije) (Iossifidou, 2000). U toku izvođenja pokreta ne

razvija se konstantan moment sile, tako da parametar srednja vrednost momenta sile (Nm) - (mean torque) predstavlja prosečnu vrednost rotacione sile ostvarene u toku merenog pokreta za određenu vrednost ugaone brzine. Maksimalni moment sile (Nm) (peak torque) predstavlja maksimalna vrednost rotacione sile ostvarene u toku merenog pokreta pri određenoj ugaonoj brzini (Jarić 2002, Lindsdrom 2006, Sykaras 2003, Veloso 2002). Da bi se dobili rezultati koji se mogu upoređivati neophodno ih je relativizirati, odnosno uporediti ih sa telesnom masom ispitanika, pa odatle i parametar relativna vrednost maksimalnog momenta sile (peak torque/BW) (Nm/kg), dobijen u odnosu na telesnu masu ispitanika (Mameletzi 2003). Potrebno je napomenuti da je pri testiranju mišićne snage neophodno da jedan od parametara samog pokreta bude konstantan, što se i postiže izokinetičkim dinamometrom. Brzina kretanja poluge za koju je fiksiran ekstremitet za vreme testiranja, ili ugaona brzina (angular velocity) je konstantna i unapred određena. Izražava se u stepenima/sekundi ($^{\circ}/s$), dok je ugao u odnosu na koji je postignut maksimalni moment sile (angle to peak torque) ($^{\circ}$) i govori o eksplozivnoj komponenti mišićne akcije (Okamoto 2004). Ostvareni rad (work) u toku vremena za koji se izvodi pokret i snaga (power), izražavaju se u džulima (J), odnosno vatima (W) (Heitkamp 2005, Olmo 2005).

2.8.3. Izokinetika

Sam izraz «izokinetika» potiče od grčkog (iso=stalan, kinesis=kretanje) i može se prevesti kao «kretanje stalnom brzinom». Opisuje proces u kojem se segment tela kreće kroz određene domete pri unapred određenoj stalnoj brzini (Davies, 1985).

Izokinetika je metod vežbanja mišića kod koje se odabere konstantna brzina pokreta, a otpor se prilagođava automatski. Izokinetički otpor omogućuje vežbanje u funkcionalnoj brzini, da bi se razvile sila i izdržljivost, te da se neuromuskularni sistem uvežba na brzine koje su potrebne za dinamičke funkcije ekstremiteta (Akima, Takahashi, Kuno, Masuda K., Masuda T., Shimojo, Anno, Itai, Katsuta, 1999; Keays S.L., Bullock – Saxton, Keays A.C., 2000). Postoji potpuna akomodacija otpora koji se precizno prilagođava kapacitetu sile, kao i bolu i umoru ispitanika u svakoj tački pokreta (Kellis i Baltzopoulos, 1999).

Postoje dve osnovne primene izokinetike: dijagnostika i rehabilitacija.

U izokinetici najvažniji deo upravo je dijagnostika, jer svaka osoba ima svoje parametre. U računar se unesu podaci (visina, starost, težina, pol, istorija aktivnosti, itd),

nakon čega se izvodi izokinetički test u pokretu za određeni deo tela. Pomoću ličnih podataka i dobijenih rezultata računar vrši obradu, dajući detaljne podatke o tome šta osoba može uraditi (Kučalja, 2005).

Podaci prikupljeni na ovaj način mogu se koristiti za poređenje efekata terapijskih procedura kod sportskih povreda, ali i za analizu efekata različitih trenažnih protokola. Glavne prednosti ove metode u odnosu na druge u evaluaciji funkcije lokomotornog sistema su efikasnost, pouzdanost, objektivnost i neinvazivnost.

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

3.1. Istraživanja u prostoru morfologije

Još daleke 264. godine nove ere (po Titelu, 1972) Philostratus Flavius u svom delu „Kaogathia“ opisuje idealnu građu grčkog takmičara kao osnovu za mogućnost pobeđe na olimpijskim igrama. Ali tek u XX veku (i to u drugoj polovini) javljaju se značajni radovi iz morfološke problematike. Morfološke karakteristike, kao segment psihosomatskog statusa predstavljaju sistem antropometrijskih manifestnih i latentnih dimenzija.

Dosadašnja istraživanja morfološkog prostora većeg broja autora faktorskim postupkom (Momirović i saradnici, 1969; Kurelić i saradnici, 1975; Stojanović i saradnici, 1975; Hošek, 1981) sa znatnom sigurnošću, utvrdili su, da je morfološki prostor četvorodimenzionalan i da se model morfoloških karakteristika sastoji od četiri faktora: longitudinalna dimenzionalnost skeleta, transverzalna dimenzionalnost skeleta, volumen tela i potkožno masno tkivo.

Ovom problematikom, pored ostalih, bavili su se: Škerlj (1936), Smodlaka (1946-1950), Medved (1953, 1976), Jovanović i Gavrilović (1961), Viskiće (1972), Stahonja (1974), Vukosavljević i saradnici (1977), Szivovics (1980) i dr.

Od stranih autora problematikom morfoloških karakteristika sportista raznih sportskih disciplina bavili su se: Bach (1926), Mc Cloy (1929), Arnold (1933), Breitinger (1933), Carpenter (1941), Tappen (1950), Cureton (1951), Prokop (1953), Pere, Cunas i Telka (1954), Milicerova (1956), Novotny (1958), Stemmler (1959), Peterson (1960), Tanner (1964), Tittel (1967), Wutscherek (1968), Drozdowski (1969), Bulgakova, Voroncov (1977) i dr.

Juras i saradnici (1986), prezentovali su rezultate istraživanja različitih kinezioloških uticaja na transformaciju morfoloških obeležja. Autori su na osnovu mišljenja stručnjaka i upotrebom savremenih metoda ustanovili, da najveći doprinos u transformaciji mišićne mase na račun masnog tkiva imaju discipline tipa snage, dizanje tereta i vežbi na spravama.

3.2. Istraživanja u prostoru izokinetike

Značajniji počeci primene izokinetičkih sistema datiraju iz 1975 godine, kada su Pipes i Wilmore opisali prednost izokinetičkih vežbi sprovedenih na CYBEX izokinetičkom sistemu u odnosu na dotad primenjivane izotoničke. Savremeni izokinetički dinamometri su moderni uređaji u koje su ugrađena najnovija tehnička rešenja sa ciljem pružanja validnih informacija o parametrima koji opisuju mišićne kontrakcije, a koje su dobijene tokom samog merenja. Dalja obrada binarnih podataka se vrši softverskim paketima integrisanim u računar koji predstavlja podršku za kontrolu rada uređaja i izlaznih parametara testiranja. Dinamometri su konstruisani tako da mogu da vrše testiranja pri rasponu od 0 %s do 500 %s, pri čemu brzina od 0% odgovara izometričkoj kontrakciji. Predloženo je da najbolji izbor brzine za testiranje parametara mišićne snage i izdržljivosti varira od 60 do 180 %s. (Burkett 2000).

Fudbal, kao jedan od najpopularnijih ekipnih sportova današnjice u stručnoj javnosti pleni pažnju. Bredy (1993) i Capranica (1992) su vršili procenu snage i drugih funkcionalnih karakteristika u grupama fudbalera. Između ostalog su utvrdili i to da ne postoji značajnija razlika u snazi između dominantne (šuterske) i ne dominantne (stajne) noge.

Sportsko-medicinski značaj na polju testiranja parametara mišićne snage izokinetičkom dinamometrijom se ogleda u prevenciji sportskih povreda ili u brznoj i efikasnoj dijagnostici i terapiji istih. Istraživanja Smith-a (1981), Kannus-a (1987), Yeefun-a (2002), Tang-a (2005) i Binet-a (2005) pružila su određena saznanja na ovu temu, ali još uvek postoji veliko interesovanje za daljim istraživanjima, posebno sa ekonomskog aspekta. U drugim studijama se autori specijalizovano bave aspektima izokinetičke dinamometrije u određenim sportovima, što obezbeđuje kriterijumsku validnost tih istraživanja s obzirom na homogenost uzorka. Najčešće se ispituju vrednosti snage mišića natkolenice radi bolje mogućnosti komparacije dobijenih rezultata (Davies 1992).

Osternig (1984) je testirao grupu sportista i nesportista izokinetičkim dinamometrom, na manjim i većim ugaonim brzinama. Uočio je da je EMG aktivnost zadnje lože bila veoma visoka za vreme ekstenzije kolena, za razliku od kvadricepsa, čije je aktivnost bila znatno manja za vreme fleksije kolena. Ovo se objašnjava činjenicom da kvadriceps, kao znatno

snažniji mišić, ima potrebu za intenzivnom koaktivacijom zadnje lože zbog deceleracije distalnog segmenta donjeg ekstremiteta na kraju pokreta ekstenzije i bolje koordinacije samog pokreta. Kod grupe sportista je još uočeno da je intenzitet koaktivacije zadnje lože četiri puta veći u odnosu na grupu nesportista.

Schuermans, VanTiggelen, Danneels i Witvrouw su u svom istraživanju mehanizama povreda zadnje lože kod fudbalera došli do zaključka da su povrede ovih mišića vezane sa složenošću rada m.biceps femorisa i m.semitendinosusa, gde je utvrđeno da su fudbaleri koji imaju istoriju povrede zadnje lože imali znatno manji kapacitet izdržljivosti tokom ekscentrične kontrakcije.

Testirajući sportiste na izokinetičkom dinamometru, Croisier, Forthhome, Namurois i saradnici su utvrdili da od 26 sportista sa istorijom povrede zadnje lože, kao i ponovljenim povredama, 18 sportista je imalo disbalans u snazi zadnje lože buta. Nakon završenog rehabilitacionog procesa, koji je bio prilagođen svakom sportisti, a podrazumevao je 10-30 tretmana, u odnosu na rezultate dobijene testiranjem, 17 sportista od njih 18, korigovalo je disbalanse u snazi. Sportisti su praćeni 12 meseci i utvrđeno je da se nijedan od 17 sportista nije povredio u tom periodu, čime se potvrđuje pretpostavka da dobra izbalansiranost utiče na funkcionalnost mišića, kao i manji stepen povređivanja.

Woods, Hawkins i saradnici sprovedli su detaljnu analizu povrede zadnje lože buta kod profesionalnih fudbalera tokom dve takmičarske sezone. Analiza je sprovedena u 91 profesionalnom fudbalskom klubu u Engleskoj, gde je pokazano da povrede zadnje lože buta čine 12% ukupnih povreda tokom dve sezone i gotovo polovina od njih uključuje povredu m.biceps femoris-a (5 povreda zadnje lože po klubu u sezoni). U 57% slučajeva povreda se desila za vreme trčanja tokom utakmica, sa porastom na kraju svakog poluvremena. Po stepenu učestalosti povređivanja zadnje lože, češće su povrede kod igrača Premijer lige, kod igrača crne etničke pripadnosti i starijih igrača po godinama. Utvrđena je stopa ponavljanja povređivanja zadnje lože od 12%. Na osnovu statističke procene utvrđeno je da su igrači imali 2,5 puta veće šanse za povredu zadnje lože, u odnosu na prednju ložu tokom utakmice. Faktori koji utiču na mogućnost povređivanja su: nedovoljna zagrejanost, slaba fleksibilnost, mišićni disbalans, slabost mišića, nervna napetost, kompenzacija funkcije mišića, zamor, prethodne povrede, prerani povratak u trening i neadekvatan oporavak.

Keller, Johansen i saradnici su testirali snagu mišića trupa, kod 105 pacijenata, sa hroničnim bolom u lumbalnoj regiji, sa ciljem predviđanja izokinetičke snage mišića leđa. Performanse pacijenata zavise od radioloških abnormalnosti kičme, stanja mišića leđa i raznih psihosocijalnih faktora. Pacijenti sa hroničnim bolovima u leđima su testirani izokinetičkim testom snage mišića trupa (CYBEX). Pored toga beležene su sledeće varijable: pol, starost, indeks telesne mase, emocionalni stres, bol pri naporu, degenerativne promene u lumbalnom delu kičme, poprečni presek i debljina m. erector spinae (poslednje tri su procenjene tomografijom). Na osnovu istraživanja, došlo se do zaključka da za procenu rezultata izokinetičkog testa snage mišića trupa, pol, poprečni presek i bol pri naporu treba uzeti u obzir.

Rissanen, Kalimo i Alaranta su ispitivali efekte programa intenzivne fizikalne rehabilitacije na ekstenzore trupa i kolena kod pacijenata sa hroničnim bolom u leđima. Ispitivanju je pristupilo 30 pacijenata sa hroničnim bolom u lumbalnom delu leđa. Urađena je biopsija m.multifidus-a i m.vastus lateralis-a, na početku rehabilitacionog toka i nakon tri meseca. Rehabilitacija je dizajnirana za pacijente sa hroničnim bolom u lumbalnoj regiji, tako da poboljšava snagu mišića trupa, pokretljivost kičme i funkcionalnu sposobnost pacijenata. Obrtni momenti izokinetičke ekstenzije trupa i kolena određeni su na dve različite ugaone brzine. Rezultati ove studije ukazuju da trening sa maksimalnim i submaksimalnim naporima može da povрати selektivnu atrofiju mišićnih vlakana u m.multifidus-u kod muškaraca, a kod žena bi rehabilitacioni tok trebao da traje duže.

Lee, Hoshino, Nakamura i saradnici su radili petogodišnju studiju vezanu za slabost mišića trupa kao faktor rizika za pojavu bola u leđima. Studija je obuhvatala 30 ispitanika muškog pola i 37 ispitanica ženskog pola, prosečne starosti od 17 ± 2 godine, koji nisu prijavili postojanje bola u leđima, niti su ikada bili na terapiji zbog bola u leđima. Snaga mišića trupa merena je izokinetičkom dinamometrijom ($60^\circ/s$), koristeći ekstenziju, fleksiju i rotaciju trupa. U toku pet godina ispitanici su podeljeni u dve grupe. Prvu grupu su činili ispitanici koji i dalje nisu imali bol u leđima, dok su drugu grupu činili ispitanici kod kojih se bol pojavio (8 muškaraca i 10 žena). Nije bilo značajne razlike između dve posmatrane grupe po pitanju starosti, visine, težine, maksimalnog obrtnog momenta i leve desne rotacije trupa. Međutim odnos ekstenzije i fleksije grupe sa bolom pokazala je znatno niže vrednosti od druge grupe bez bola, što dovodi do zaključka da disbalans u snazi mišića trupa, odnosno

manja snaga mišića ekstenzora u odnosu na snagu fleksora trupa može biti jedan od faktora pojave bola u leđima.

Thorstensson i Arvidson su ispitivali snagu mišića trupa i bola u leđima. Ispitivanje je vršeno u grupi mladih muškaraca sa lumbalnom insuficijencijom (7) i kontrolnoj grupi (8). Primjenjena je nova aplikacija izokinetičke tehnike za snimanje maksimalnog obrtnog momenta mišića trupa tokom fleksije, ekstenzije i bočnog pregibanja trupa. Snaga mišića trupa je merena izometrijskim kontrakcijama u različitim pozicijama trupa i tokom sporih izokinetičkih kontrakcija u čitavom opsegu pokreta. Nisu primećene značajne razlike između grupa za ekstenziju trupa, bočno pregibanje i fleksiju sa centrom rotacije na nivou L2-3. Međutim u početnom delu izokinetičke fleksije trupa sa centrom rotacije na nivou zgloba kuka vrednosti snage za pacijente sa bolom u leđima bili su značajno niži nego kod kontrolne grupe.

Nissel i sar. (1989), Kaufman i sar. (1991), Baltzopoulos (1995) su ispitivali vertikalnu silu pritiska (paralelna longitudinalnoj osi golenice) tibiofemoralne sile zgloba koja je istog intenziteta kao sila patelarnog ligamenta u ekstenziji kolena.

Cheung i Hong (2000), su u svom radu „Isokinetic Specific Tension of Quadriceps in Sprinters, Distance Runners and Normal Young Adults“ izneli da ne postoji značajna razlika između izokinetičke specifične napetosti m. quadriceps femorisa kod sprintera, dugoprugaša i nesportista. Za merenje izokinetičkog maksimalnog obrtnog momenta, korišćen je CYBEX dinamometar, a oblast preseka m. quadriceps femorisa se merila pomoću antropometrijske jednačine Houša i saradnika (1995).

Babault, Pousson, Ballay i Van Hoecke (2001) u svom radu “Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions”, navode maksimalnu i submaksimalnu aktivaciju ekstenzora desnog kolena, kod osam ispitanika, muškog pola. Ukazuju na statističku značajnost ($p < 0.05$) kod maksimalne ekscentrične (88,3%) i maksimalne koncentrične kontrakcije (89,7%), uvažavajući maksimalnu izometrijsku kontrakciju (95,2%).

Kuvalja, Desnica-Bakrač, Jurić-Šolto, Šućur, Gnjidić (2002), u svojim istraživanjima ukazuju na to da je izokinetičkim testovima utvrđeno da su promene u funkciji slabinske kičme u najvećem broju slučajeva posledice poremećaja odnosa snaga mišića zajedničkog statičkog i dinamičkog stuba koji čine mišići i kosti kolena, kukova (sa karlicom) i kičme.

Trošt i Petrinović-Zekan (2007) u svom radu „Izokinetika u funkciji kvaliteta kineziterapijskog programa“ navode da se izokinetička dijagnostika koristi u kineziterapiji u svrhu evaluacije inicijalnog stanja, evaluacije trenutnih efekata primenjenog modaliteta rada i evaluacije dugoročnih efekata kineziterapijskog programa vežbanja. Kada je reč o prevenciji sportskih povreda, upotreba izokinetičkog uređaja omogućuje evaluaciju uspešnosti preventivnih procesa kondicione pripreme, kao i longitudinalno praćenje i ispitivanje zajedničkih karakteristika određene grupe sportista. Ovo poslednje može biti od značajne važnosti za pravovremeno otkrivanje mišićnih disbalansa karakterističnih za neke sportiste, a koji su nastali kao posledica dugogodišnjeg bavljenja datom aktivnošću. Takvi su podaci korisni za planiranje i programiranje preventivnih programa vežbanja specifičnih grupa sportista, ali se takođe mogu uzeti u obzir prilikom odlučivanja o povratku sportista redovnom treniranju i takmičenju na samom kraju rehabilitacionog procesa.

U dosadašnjim radovima autori Golik-Perić, Doder i sar. (2007, 2008) su ispitivali silu ekstenzora i fleksora kolenog zgloba, kao i odnos agonista i antagonista u različitim sportskim granama. Dobijeni rezultati egzaktno ukazuju na trenutno stanje sile mišića, registruju se disbalansi natkolene muskulature u odnosu na očekivane rezultate i narušene odnose mišića sa suprotnim dejstvom (agonisti/antagonisti).

Tsiganos, Kalamvoki i Smirniotis (2008) su u svom radu „Effect of the chronically unstable ankle on knee joint position sense“ testirali 14 osoba sa unilateralnim hronično nestabilnim skočnim zglobovima i 14 zdravih osoba, koji su činili kontrolnu grupu. Testirali su tzv. „osećaj za položaj kolena“, koristeći izokinetički dinamometar, pri fleksiji kolena sa zadatim vrednostima ugla od 30, 45 i 70 stepeni. Rezultati između izvedenog i stvarno postavljenog ugla zabeleženi su kao greška. Glavne vrednosti grešaka su statistički značajne kod ispitanika sa nestabilnim skočnim zglobovima u odnosu na kontrolnu grupu zdravih osoba. Na 30° greška je $< .001$, na 45° $< .023$, a kod 70° $< .05$. Autori su došli do zaključka da promene u osećaju za položaj kolena kod ispitanika sa hroničnom nestabilnošću skočnog

zgloba sugerišu da u daljem radu treba dati akcenat na procenu stepena oštećenja proksimalnog zgloba, kao i planiranje programa rehabilitacije u odnosu na rezultate.

Kin-İsler, Ariburun, Ozkan, Aytar i Tandogan (2008) u svom radu “The relationship between anaerobic performance, muscle strength and sprint ability in American football players” su ispitivali relacije između izokinetičke snage kolena, anaerobnih sposobnosti i sprinterskih sposobnosti 28 amaterskih igrača američkog fudbala. Snaga ekstenzora i fleksora kolena je merena pri brzini od 60, 150, 240°/sec. Anaerobne sposobnosti su ocenjene Wingate testom snage, a sprinterske sposobnosti su definisane na maksimalnom sprintu (20m) i ponavljanom sprintu (12x20m). Autori su došli do zaključka da je maksimalna snaga ekstenzora kolena najbitnija komponenta anaerobnih sposobnosti igrača američkog fudbala. Nedostatak povezanosti sa maksimalnim i ponovljenim sprinterskim sposobnostima pokazuju da drugi faktori osim snage mogu uticati na sprinterske sposobnosti ovakve grupe sportista.

4. PROBLEM I PREDMET ISTRAŽIVANJA

Kod sportista bol u leđima srećemo još u periodu pre puberteta i pubertetu. Naporni treninzi i takmičenja izazivaju “zamor tkiva” i to predstavlja jedan od glavnih faktora za pojavu bola u leđima koji nastaje usled nedoziranih treninga visokog intenziteta, skraćenosti muskulature i vezivnog tkiva, naglog podizanja većeg opterećenja, naglog pokreta u trku ili miru, kompenzacije funkcije pojedinih mišića ili mišićnih grupa, zbog povrede, što dalje rezultira poremećajem statike i celokupne biomehanike tela. U dijagnostičkoj i terapeutskoj praksi se uviđa povezanost regija tela u kinetičkom lancu, kao i uticaj jednih na druge.

PROBLEM istraživanja je utvrđivanje razlika u izokinetičkim parametrima natkolene muskulature u odnosu na bol u leđima kod fudbalera.

PREDMET ovog istraživanja su izokinetički parametri natkolene muskulature i bol u leđima.

5. CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Iz ovako postavljenog predmeta istraživanja, a u skladu sa osnovnim problemom istraživanja, proizilaze i ciljevi istraživanja.

Generalni cilj istraživanja je utvrđivanje razlika u izokinetičkim parametrima natkolene muskulature u odnosu na bol u leđima kod fudbalera.

Parcijalni ciljevi:

- Utvrđivanje razlika između pet grupa ispitanika, podjeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnim momentima sile ekstenzora kolena desne i leve noge u odnosu na telesnu masu
- Utvrđivanje razlika između pet grupa ispitanika, podjeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnim momentima sile fleksora kolena desne i leve noge u odnosu na telesnu masu
- Utvrđivanje razlika između pet grupa ispitanika, podjeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u deficitima maksimalnog momenta sile ekstenzora i fleksora kolena.
- Utvrđivanje razlika između pet grupa ispitanika, podjeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnoj snazi ekstenzora desnog i levog kolena
- Utvrđivanje razlika između pet grupa ispitanika, podjeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnoj snazi fleksora desnog i levog kolena
- Utvrđivanje razlika između pet grupa ispitanika, podjeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u odnosima sila agonista i antagonista desne i leve noge.

U završnim analizama dobijenih podataka, sa podjednakom pažnjom razmatrana su i sva druga pitanja za koja je utvrđeno da su od značaja radi potpunijeg osvetljavanja problema istraživanja.

6. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Uzimajući u obzir prethodna iskustva, osnovu problema, predmeta i ciljeva istraživanja, kao i metodološkog pristupa u ovom istraživanju, mogu se postaviti osnovne hipoteze:

H₀ Postoje statistički značajne razlike između grupa ispitanika podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima u celokupnom sistemu uzorkovanih izokinetičkih varijabli.

H₁ Ne postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnim momentima sile ekstenzora kolena desne i leve noge u odnosu na telesnu masu

H₂ Postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnim momentima sile fleksora kolena desne i leve noge u odnosu na telesnu masu

H₃ Ne postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u deficitima maksimalnog momenta sile ekstenzora i fleksora kolena.

H₄ Ne postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnoj snazi ekstenzora desnog i levog kolena

H₅ Postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnoj snazi fleksora desnog i levog kolena

H₆ Postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u odnosima sila agonista i antagonista desne i leve noge.

7. METOD RADA

7.1. Uzorak istraživanja

Ispitivanjem je obuhvaćeno 136 ispitanika, aktivnih fudbalera, Super lige i Prve lige Srbije, muškog pola, starosti 18-35 (20.49 ± 3.73) godina, prosečne telesne mase 76.57 ± 8.24 kg i prosečne telesne visine 182.63 ± 6.73 cm. Sva merenja su vršena od 2006. do 2016.godine. Ispitanici su ispunili anketu o postojanju bola u leđima, pre samog početka testiranja, gde su intenzitet bolnosti subjektivno procenili Rolandovom skalom bola, opisanoj u delu Teorijska razmatranja (Roland i sar., 1983). Celokupan uzorak ispitanika koji je analiziran u ovom istraživanju je podeljen, stratifikovan proporcionalnom tehnikom, u pet grupa na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima. Kod fudbalera kod kojih postoji bol u leđima, bitno je napomenuti da bol nije dijagnostikovao od strane medicinske ustanove, nego je uzet kao polazna osnova testiranja, kao lični iskaz sportiste, na osnovu subjektivnog osećaja, a na osnovu Rolandove skale bolnosti. Samo istraživanje se neće baviti uzrokom bola u leđima, niti njegovim trajanjem, nego razlikama između grupa u izokinetičkim parametrima natkolene muskulature (disbalans, snaga, sila, odnos), bez obzira na poreklo bola, kako bi se uočio poremećaj u kinetičkom lancu.

7.2. Uzorak mera i testova

Uzorak mera i testova sačinjen je tako da pruži relevantne informacije o o izokinetičkim parametrima.

Morfološki prostor je procenjen na osnovu sledećih mera:

1. Telesna masa - **TELM**
2. Telesna visina - **TELV**

Prostor sile mišića je procenjen pomoću sledećih izokinetičkih mera, koje su podeljene u celine:

Maksimalni momenti sile ekstenzora u odnosu na telesnu masu:

1. Maksimalni moment sile ekstenzora desnog kolena u odnosu na telesnu masu - **Ekstdes/kg**
2. Maksimalni moment sile ekstenzora levog kolena u odnosu na telesnu masu - **Ekstlev/kg**

Maksimalni momenti sile fleksora u odnosu na telesnu masu:

3. Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu - **Flksdes/kg**
4. Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu - **Flkslev/kg**

Deficit maksimalnog momenta sile u odnosu na telesnu masu:

5. Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora kolena u odnosu na telesnu masu - **Ekstdis/kg**
6. Deficit maksimalnog momenta sile fleksora kolena u odnosu na telesnu masu - **Flksdis/kg**

Maksimalna snaga ekstenzora:

7. Maksimalna snaga ekstenzora desnog kolena - **Maksekstdes**
8. Maksimalna snaga ekstenzora levog kolena - **Maksekstlev**

Maksimalna snaga fleksora:

9. Maksimalna snaga fleksora desnog kolena - **Maksflksdes**
10. Maksimalna snaga fleksora levog kolena - **Maksflkslev**

Odnos sile agonista i antagonista:

11. Odnos sile agonista i antagonista desne noge - **Ag/antdes**
12. Odnos sile agonista i antagonista leve noge - **Ag/antlev**

7.3. Opis istraživanja

7.3.1. Morfološke mere

1. Telesna masa (TELM) je izmerena digitalnom vagom postavljenom na horizontalnu podlogu. Ispitanik je bio bos, u gaćicama, stajao je u uspravnom

stavu na sredini vage dok vaga ne bi digitalno pokazala izmerenu telesnu masu. Rezultat se čita sa tačnošću od 0.5kg.

2. Telesna visina (TELV) je izmerena antropometrom po Martinu. Ispitanik je bio bos, u gaćicama, stajao je u uspravnom stavu na čvrstoj vodoravnoj podlozi. Položaj glave je bio u „frankfurtskoj ravni“, leđa ispravljena, a stopala sastavljena. Merilac je stajao levo od ispitanika dok je vršio merenje. Antropometar je bio postavljen duž zadnje strane tela vertikalno, a metalni prsten-klizač se spuštao dok horizontalna prečka ne bi dodirnula glavu (teme) ispitanika. Rezultat se čita na skali gornjeg preseka, sa tačnošću od 0.1 cm.

7.3.2. Merenje na izokinetičkom dinamometru

Za izokinetičko testiranje je korišćen uređaj „Easytech prima DOC“ izokinetički dinamometar Pokrajinskog zavoda za sport i medicinu sporta, iz Novog Sada (Slika 20). Merenje je izvedeno prema standardnom protokolu, na identičan način. Pre svakog testiranja aparat je bio kalibrisan. Obim pokreta ispitivanog ekstremiteta iznosio je 90° (Burkett 2002, Croisier 2003, Dervišević 2006). Ista osoba je sprovodila instruktažu ispitanika pre testiranja, kao i samo merenje. Sedište dinamometra je prilagođeno za svakog ispitanika kako bi zglob kolena bio u osi zgloba merne glave. Imobilizacija ispitanika za sedište aparata se vršilo trakama, da bi se omogućilo izvođenje isključivo pokreta odgovarajuće grupe mišića (fleksora i ekstenzora kolena). Testiranje je počinjalo zagrevanjem na samoj aparaturi, a zatim je sledio period odmora u trajanju od 2 minute pre izvođenja maksimalnih kontrakcija, prema standardizovanom protokolu (Kotzamanidis 2004, Olmo 2006, Papadopoulos 2005). Testiranje maksimalnog obrtnog momenta ispitanika vršilo se pri ugaonoj brzini od 60°/sec (De Morton 2002). Izvodile su se 4 maksimalne kontrakcije fleksije i ekstenzije u zglobu kolena, kontinuirano, u koncentrično-koncentričnom režimu rada uz vizuelnu i auditivnu povratnu informaciju (Kellis). Tokom testiranja su registrovane sledeće vrednosti:

- peak torque (Ptrq)
- peak torque kao procenat telesne mase (Ptrq/BW)
- ugao postizanja peak torque u okviru ROM-a (ang),
- maksimalni rad (work),

- maksimalnu snagu (pow),
- odnos fleksora i ekstenzora natkolence-antagonisti/agonisti (flx/ext).



Slika 20. Izokinetički dinamometar - Easytech prima DOC

7.4. Aparatura

Izokinetički dinamometar - Easytech prima DOC

Program za rukovođenje testom, vežbom, arhivom i drugim korisnim podacima je napravljen i razvijen u "Visual Basic 5®" okruženju, a sprovodi ga "Pentium" PC, instalirani operativni sistem Microsoft Windows 98® ili naprednija varijanta. Arhivom upravlja Microsoft Access®.

Operativni sistem Windows 98® omogućava vezu sa aparatom pomoću "remote" pomoćne mreže kojom se mogu izvršiti sve provere za kratko vreme.

Senzorni instrumenti koji su ugrađeni u aktivator:

- transmiter momenta opterećenja: merač momenta opterećenja;
- transmiter položaja: optička sprava za šifrovanje.

Rukovođenje procesom evaluacije/rehabilitacije i kontrola oleodinamičke brzine je zadatak koji je dodeljen PC-u i koji je baziran na kartici za analogni/digitalni prikaz kontrolisan od strane mikroprocesora. PC može da pročita:

- 1- moment opterećenja primenjen kočnicom;
- 2- ugaoni položaj aktivatora;
- 3- ugaonu usmerenu brzinu aktivatora.

Mere 1 i 2 se koriste za upravljanje evaluacijom/rehabilitacijom tretmana time što je prikazano na monitoru.

Mera 3 se takođe koristi algoritmom koji kontroliše položaj proporcionalnog ventila, koji funkcioniše na električno napajanje, a koji se nalazi na oleodinamičkoj kočnici, kroz digitalni/analogni prikaz.

Unos parametara evaluacijskog/rehabilitacijskog tretmana se vrši korišćenjem miša i tastature, koji su instalirani na dijagnostičkoj konzoli.

Rezultati i vizuelne bio-povratne informacije se prikazuju na monitoru instaliranom na dijagnostičkoj konzoli i štampanim stranicama.

Referentni vodič

Izokinetička jedinica za procenu/rehabilitaciju: kolena, članka i ramena

- minimalni potrebni prostor 2,00 x 2,70m
- kontrolisana brzina: 40°/s - 400°/s
- nezavisno, odvojeno prilagođavanje za fleksiju/ekstenziju
- minimalni interval povećavanja 1°/s
- ROM sa mehaničkim zaustavljanjem: 0°-120°
- minimalni interval mehaničkog prilagođavanja: 10°
- minimalni interval elektronskog prilagođavanja: 1°
- rezolucija momenta opterećenja: 1Nm
- rezolucija goniometra: 1°

Tipovi pokreta su:

- **Izokinetički:** Sistem reaguje na pokrete pacijenta i konstantno održava postavljenu ugaonu brzinu.
- **Inercijalni:** Sistem reaguje na pokrete pacijenta simulirajući izotoničnu mašinu.
- **Hidrodinamički:** Sistem reaguje na pokrete pacijenta simulirajući pokret u viskoznoj tečnosti.

Načini funkcionisanja su:

Test: Ovaj način se koristi za procenu segmenta koji se tretira.

Vežba: Koristi se za trening ili rehabilitaciju.

Video-igra: Koristi se za vežbanje, ali je više orijentisano ka postizanju pacijentovog entuzijazma i motivacije.

Zglobovi koji se mogu vežbati su:

- skočni zglob,
- koleno,
- rame,
- zatvoreni kinetički lanac (kuk-koleno-skočni zglob).

7.5. Primenjeni postupci statističke obrade podataka

Podaci su obrađeni odgovarajućim matematičko-statističkim postupcima. Analiza je sprovedena na osnovu testiranja hipoteza.

Celokupan uzorak ispitanika koji je analiziran u ovom istraživanju podeljen je, stratifikovan proporcionalnom tehnikom u pet grupa na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima. Najpre su utvrđene osnovne deskriptivne karakteristike primenjenih varijabli, za celokupni uzorak ispitanika (mere centralne tendencije i varijabilnosti rezultata: minimum, maksimum, aritmetička sredina, standardna devijacija i mere oblika distribucije rezultata). Ravnomernost distribucije rezultata je testirana primenom Kolmogorov-Smirnovog testa. Multivarijantnom metodom varijanse (MANOVA) utvrđivane su razlike na generalnom sistemu uzorkovanih varijabli, dok su Univarijantnom analizom varijanse (ANOVA) utvrđene razlike u pojedinačnim varijablama na osnovu ciljeva i postavljenih hipoteza. Statistička značajnost razlika utvrđena je na nivou $P < 0.05$ u statističkom paketu SPSS 20.0

8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U skladu sa ciljevima istraživanja, metodološkim pristupom i postavljenim hipotezama u ovom istraživanju dobijeni su rezultati koji su opisani u daljem tekstu.

Osnovni deskriptivni statistički podaci koji su dobijeni ovim istraživanjem ukazuju na različite aspekte i opisuju celokupan uzorak ispitanika. Kada se u celini sagledaju, podaci upućuju na to da u većini varijabli postoji normalna raspodela podataka. To je posledica toga što je uzorak uzet iz normalno distribuirane populacije fudbalera sa različitim stepenom bola u leđima i fudbalera koji nemaju bol. Ipak uočavaju se specifičnosti i karakteristike za svaku varijablu koje obeležava različit skjunis i kurtozis. U Tabeli 2, takođe uviđamo minimalne, maksimalne vrednosti kao i prosečne vrednosti u svakoj varijabli zasebno.

Sam oblik distribucije varijabli celokupnog uzorka ispitanika je različit. Vrednost skjunisa ne prelazi velike vrednosti i kreće se u okviru normalnog. To znači da je ova mera distribucije i asimetrije takva da vrednosti ne naginju suviše ni ka pozitivnim ni ka negativnim vrednostima. Ipak većina varijabli je usmerena ka manjim postignućima, a jedino se može izdvojiti vrednost skjunisa u varijablama: Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora i fleksora kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstdis/kg; Flksdis/kg). Ostale varijable se ne mogu uzimati u obzir prema ovom deskriptivnom podatku jer ne odstupaju od normalnih vrednosti i kreću se u rasponu aritmetičke sredine. Sa druge strane homogenost je drugačije raspoređena među varijablama. U svim varijablama osim u: Maksimalni moment sile ekstenzora levog kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstlev/kg) vrednosti su pozitivne. To govori o tome da je raspodela leptokurtična odnosno da distribucija ukazuje na izraženo grupisanje rezultata oko aritmetičke sredine, odnosno povećanu homogenost distribucije rezultata. Međutim vrednosti kurtozisa nisu velike i izražene su samo u varijablama: Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora i fleksora kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstdis/kg i Flksdis/kg) gde je naglašena grupisanost i homogenost vrednosti oko aritmetičke sredine. U ostalim varijablama nije izražena homogenost niti raspršenost vrednosti u rasponu. Primetno je da se: Maksimalni moment sile ekstenzora desnog kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstdes/kg) razlikuje od: Maksimalnog momenta sile ekstenzora levog kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstlev/kg) na način gde je Ekstdes/kg pozitivan, dok je kod Ekstlev/kg negativan. Ipak osim dve napomenute varijable kod ostalih je karakteristična mezokurtičnost, jer se vrednosti kreću u rasponu od 0 do 3.

Statističko testiranje normalnosti pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa gde vrednosti ne treba da pređu značajnost $p < 0.05$. U navedenim varijablama, empirijska raspodela statistički značajno ne odstupa od normalne raspodele. Na taj način je ispunjena pretpostavka da je na celokupnom uzorku ispitanika ($n=136$) u svim varijablama normalna raspodela vrednosti i rezultata.

Tabela 2. Osnovna deskriptivna statistika celokupnog uzorka ispitanika

	N	MIN	MAX	AS	SD	SKE	KURT	KS
Godst	136	18	35	20.49	3.734	.916	1.073	.000
Telmas	136	43	92	76.57	8.243	-.604	1.475	.074
Telvis	136	161	197	182.63	6.739	-.347	.180	.018
Ekstdes/kg	136	153	522	374.21	60.118	-.319	.499	.200
Ekstlev/kg	136	172	580	376.49	71.239	-.040	-.112	.200
Flksdes/kg	136	75	363	163.74	55.712	1.119	1.468	.052
Flkslev/kg	136	62	366	169.04	57.618	.917	.903	.052
Ekstdis/kg	136	1	128	16.93	15.310	3.372	19.887	.009
Flksdis/kg	136	0	156	30.85	28.588	2.311	6.351	.008
Maksekstdes	136	155	700	362.94	85.131	1.014	2.035	.050
Maksekstlev	136	167	702	362.22	91.773	.764	1.249	.046
Maksflksdes	136	37	324	112.21	48.965	1.463	3.012	.080
Maksflkslev	136	37	322	112.51	51.325	1.693	3.549	.080
Ag/antdes	136	20	78	42.76	10.727	.588	.691	.200
Ag/antlev	136	22	94	44.25	11.626	1.059	2.220	.090

Legenda: N-broj ispitanika; MIN-minimalna vrednost; MAKS-maksimalna vrednost; AS-prosečna vrednost; SD-standardna devijacija; SKE-Skjunis; KURT-kurtozi, KS-značajnost Kolmogorov-Smirnov testa normalnosti.

Zasebno kada se sagledavaju rezultati po varijablama unutar Univarijatne analize varijanse mogu se uvideti razlike između grupa, ali ujedno i razlike između parova formiranih grupa. Statistički značajna razlika je prisutna u sledećim varijablama: Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu (Flksdes/kg), Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu (Flkslev/kg), Maksimalna snaga fleksora desnog kolena (Maksflksdes), Maksimalna snaga fleksora levog kolena (Maksflkslev), Odnos sile agonista i antagonista desne noge (Ag/antdes) i Odnos sile agonista i antagonista leve noge (Ag/antlev); dok u drugim varijablama nije zabeležena statistički značajna razlika između grupa podeljenih na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima. Sagledavanjem f-vrednosti za Univarijatnu analizu varijanse takođe se uviđa gde postoji statistički značajna razlika između ispitanika. Ipak najveća vrednost ovog parametra je u varijablama: Odnos sile agonista i antagonista leve noge (Ag/antlev) i desne noge (Ag/antdes). Takva konstatacija se može uvideti sagledavanjem i ETA vrednosti koja je veća u varijablama gde je ostvarena statistički značajna razlika između grupa, ali takođe se može uvideti da je u odnosima sile agonista i antagonista leve i desne noge najveća vrednost. U varijablama sa statističkom značajnošću se uviđa trend koji ukazuje da je kod ispitanika sa najvećim osećajem bola taj odnos značajno narušen i da je disbalans ovih grupa mišića veći sa većim osećajem bola. Takva situacija se odnosi i na levu i na desnu nogu ispitanika. U drugim varijablama gde je zabeležena statistički značajna razlika uviđaju se slični trendovi. Ukoliko pogledamo odnose parova i značajnost razlika u njihovim odnosima mogu se uvideti i pojave koje ukazuju na to kakav je trend razvoja ili opadanja određenog parametra u zavisnosti od subjektivnog osećaja bola, prikazano grafikonima. Tako u varijabli: Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu (Flkslev/kg), (Grafikon 4) i Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu (Flksdes/kg), (Grafikon 3), vrednost ima trend opadanja što ukazuje na to da je sila slabija sa većim subjektivnim osećajem bola. Kod varijabli koje opisuju: Maksimalnu snagu fleksora desnog kolena (Maksflksdes), (Grafikon 9), i Maksimalnu snagu fleksora levog kolena (Maksflkslev), (Grafikon 10), vrednost takođe opada sa većim subjektivnim osećajem bola. U ostalim varijablama (Ekstdes/kg-(Grafikon 1); Ekstlev/kg - (Grafikon 2); Ekstdis/kg - (Grafikon 5); Flksdis/kg - (Grafikon 6); Maksekstdes - (Grafikon 7); Maksekstlev - (Grafikon 8) se ne uviđa statistički značajna razlika između grupa ispitanika podeljenih na osnovu osećaja bola i kod njih nije zapažen ni poseban trend ili karakteristika u odnosu vrednosti zasebno prema grupama. U Tabeli 3, mogu se videti

rezultati i razlike između dve grupe u svakoj varijabli. Naznačeni su samo odnosi gde se uviđa statistički značajna razlika između dve grupe, dok ostali odnosi nisu predstavljeni u tabeli, jer nisu statistički značajni. U varijablama gde se uviđa da postoji razlika u parovima grupa ispitanika može se reći da je primetno to da grupa ispitanika sa većim subjektivnim osećajem bola poseduje lošije rezultate u testu. To se može uvideti i sagledavanjem prosečnih vrednosti koje je ostvarila svaka grupa u zasebnim varijablama. Moglo bi se takođe reći da odnos razlika između dve grupe se ne uviđa samo u susednim parovima grupa već se ta razlika javlja i kod grupa koje nisu susedne što je pogotovo primetno u varijablama: Odnos sile agonista i antagonista leve noge (Ag/antlev), (Grafikon 12) i Odnos sile agonista i antagonista desne noge (Ag/antdes), (Grafikon 11). Jedina netipična pojava je u varijabli: Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstdis/kg), (Grafikon 5), gde nije evidentirana statistički značajna razlika između grupa, ali se javila statistički značajna razlika u odnosu treće i četvrte grupe ispitanika i to takva da je grupa sa osećajem bola 3 imala manje disbalansa ekstenzora leve i desne noge.

Tabela 3. Rezultati univarijatne analize varijanse (ANOVA) i razlika između grupa ispitanika unutar svake varijable

Varijabla	Grupa	N	AS	SD	f	P	ETA
Ekstdes/kg	0	24	386.44	68.207	1.662	.148	0.060
	1	23	377.13	68.186			
	2	24	344.63	55.642			
	3	23	366.57	23.909			
	4	22	376.27	45.791			
	5	20	377.14	49.177			
Ekstlev/kg	0	24	393.72	76.145	1.182	.322	0.043
	1	23	361.56	75.750			
	2	24	369.63	68.100			
	3	23	353.00	95.361			
	4	22	352.45	52.103			
	5	20	375.46	59.871			
Flksdes/kg	0	24	199.32	61.164	12.160 ^{0.000^{a, b, c, d, e, f, h, i}}	.001	0.318
	1	23	178.25	46.255			
	2	24	147.79	33.724			

Razlike u izokinetičkim parametrima natkolene muskulature u odnosu na bol u leđima

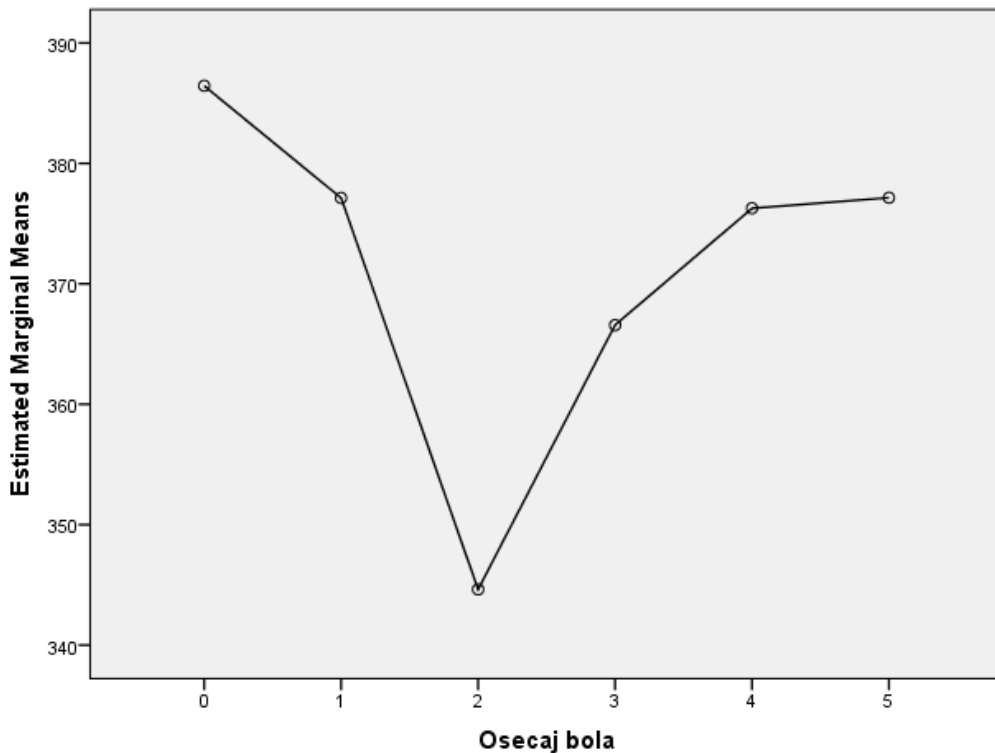
	3	23	138.00	17.907			
	4	22	138.82	42.258			
	5	20	121.79	29.904			
	0	24	213.64	58.337			
	1	23	157.50	30.502			
	2	24	152.21	43.036			
Flkslev/kg	3	23	147.00	48.377	15.697	.000^{a, b, c, d, e}	0.376
	4	22	134.45	30.693			
	5	20	129.50	34.794			
	0	24	19.48	20.023			
	1	23	19.13	13.774			
	2	24	13.46	11.116			
Ekstdis/kg	3	23	26.29	13.035	1.740	.130 ^m	0.062
	4	22	10.18	6.063			
	5	20	14.39	10.433			
	0	24	30.10	30.353			
	1	23	21.56	15.782			
	2	24	34.83	29.479			
Flksdis/kg	3	23	31.43	24.494	.617	.687	0.023
	4	22	39.18	35.793			
	5	20	30.68	28.865			
	0	24	363.68	76.650			
	1	23	372.81	101.292			
	2	24	344.00	89.027			
Maksestdes	3	23	334.43	59.833	.585	.711	0.022
	4	22	378.64	77.881			
	5	20	373.18	96.348			
	0	24	367.62	89.381			
	1	23	365.87	129.849			
	2	24	355.63	85.341			
Maksestlev	3	23	326.00	103.623	.339	.889	0.012
	4	22	351.45	67.071			
	5	20	369.43	86.300			

Maksflksdes	0	24	136.10	57.109	6.296	.000^{b, d, e, i}	0.194
	1	23	121.63	48.057			
	2	24	103.33	35.265			
	3	23	104.00	32.455			
	4	22	93.27	36.560			
	5	20	81.25	25.700			
Maksflkslev	0	24	144.72	63.222	8.274	.000^{a, b, d, e}	0.241
	1	23	90.69	23.090			
	2	24	99.29	25.774			
	3	23	109.71	43.404			
	4	22	92.64	43.313			
	5	20	87.32	27.602			
Ag/antdes	0	24	50.54	10.166	23.380	.000^{b, c, d, e, g, h, i, k, l}	0.473
	1	23	46.44	7.004			
	2	24	41.71	5.630			
	3	23	37.14	3.532			
	4	22	35.64	7.393			
	5	20	31.89	6.172			
Ag/antlev	0	24	54.76	10.858	29.395	.000^{a, b, c, d, e, i, l, n}	0.530
	1	23	41.81	6.725			
	2	24	40.29	5.271			
	3	23	40.71	3.352			
	4	22	38.00	6.066			
	5	20	33.61	6.190			

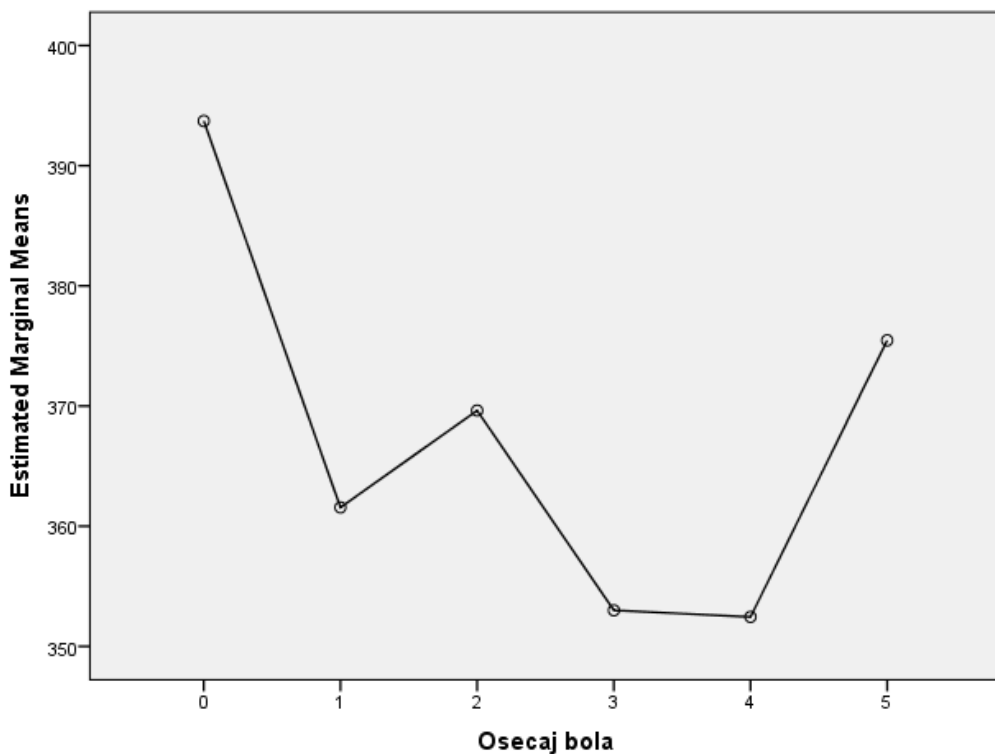
Legenda: N-broj ispitanika; AS- prosečna vrednost; SD-standardna devijacija; f-vrednost f-testa na univarijatnom nivou; p - statistička značajnost; ETA-veličina uticaja (eta kvadrat); a) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 0 i grupe 1; b) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 0 i grupe 2; c) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 0 i grupe 3; d) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 0 i grupe 4; e) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 0 i grupe 5; f) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 1 i grupe 2; g) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 1 i grupe 3; h) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 1 i grupe 4; i) Statistički značajna

razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 1 i grupe 5; j) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 2 i grupe 3; k) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 2 i grupe 4; l) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 2 i grupe 5; m) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 3 i grupe 4; n) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 3 i grupe 5; o) Statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) između grupe 4 i grupe 5.

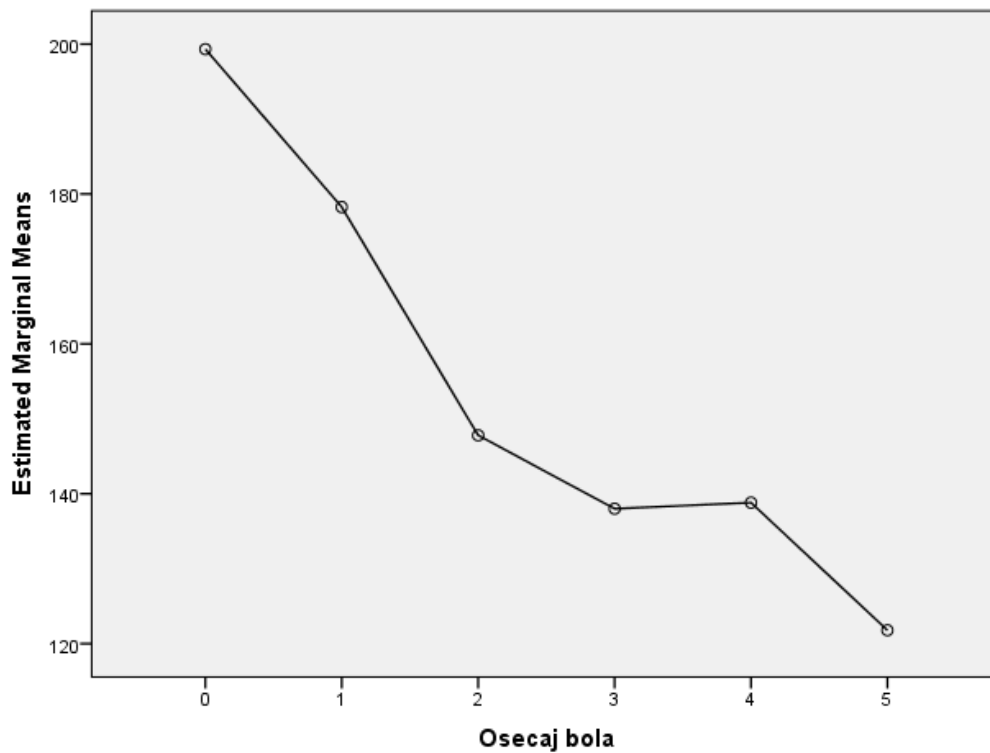
Grafikon 1. Maksimalni moment sile ekstenzora desnog kolena u odnosu na telesnu masu - Ekstdes/kg



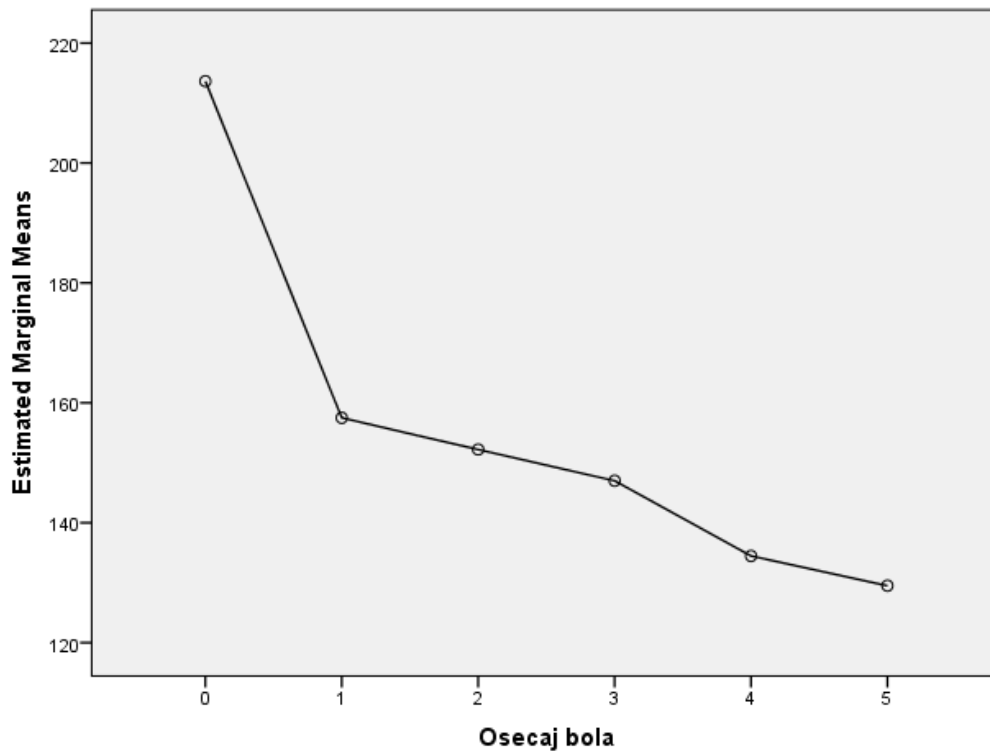
Grafikon 2. Maksimalni moment sile ekstenzora levog kolena u odnosu na telesnu masu - Ekstlev/kg



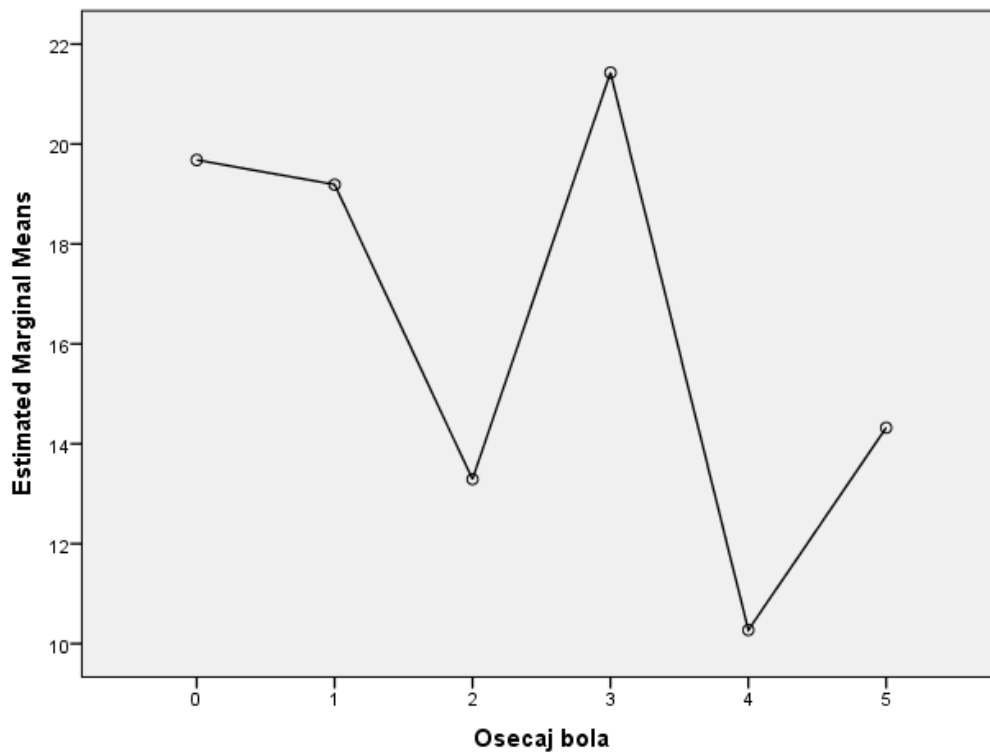
Grafikon 3. Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu - Flksdes/kg



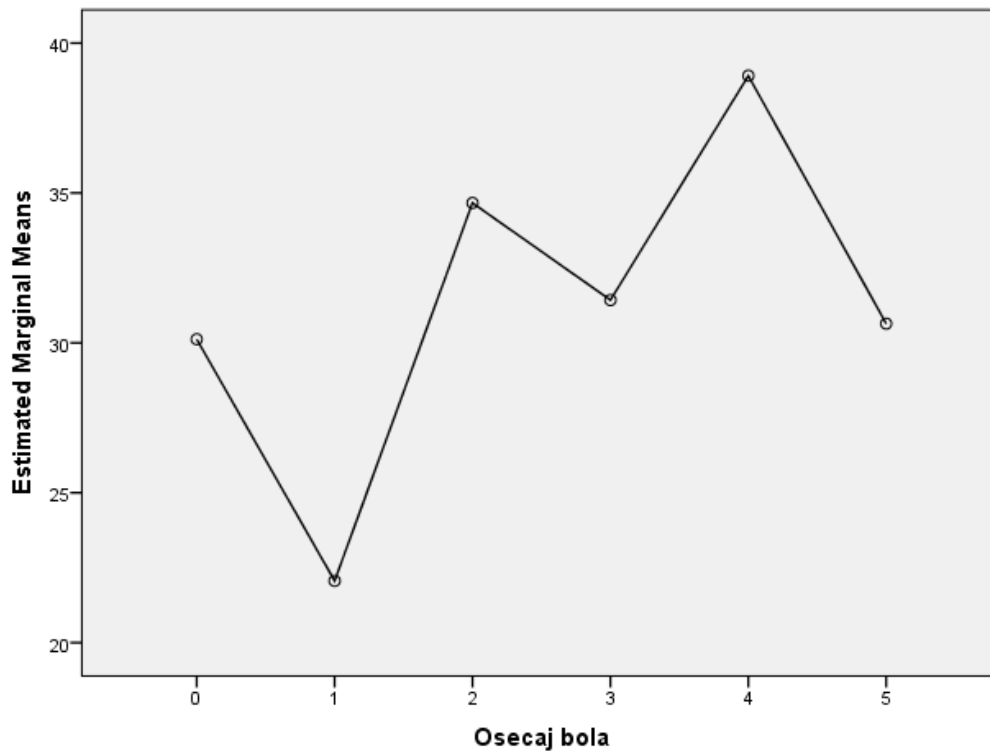
Grafikon 4. Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu - Flkslev/kg



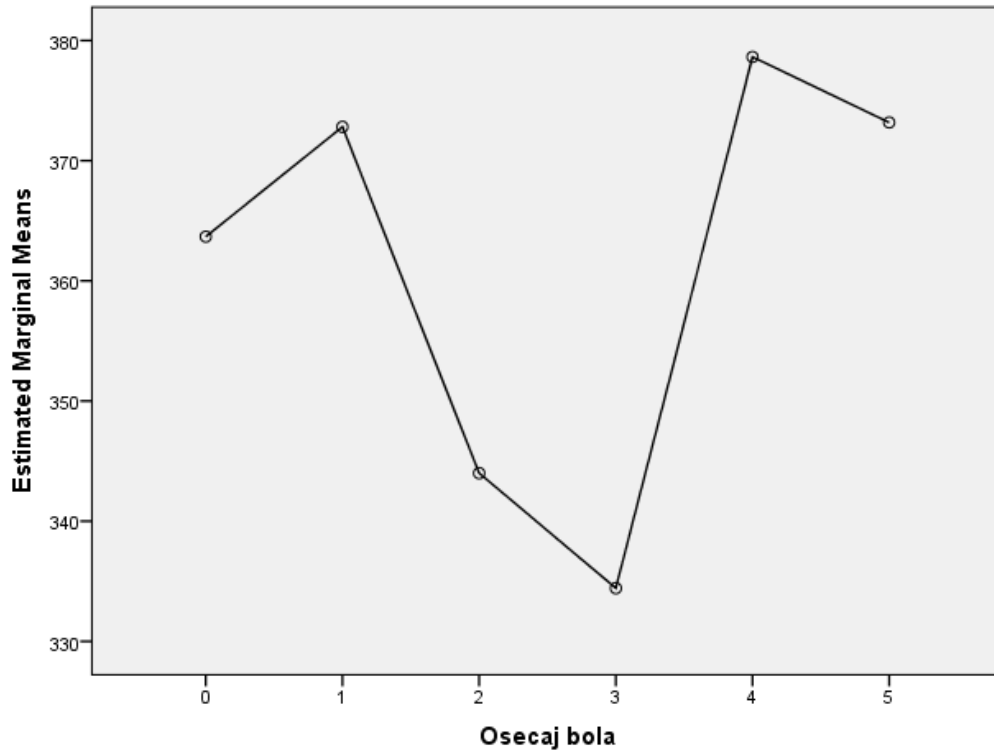
Grafikon 5. Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora kolena u odnosu na telesnu masu - Ekstdis/kg



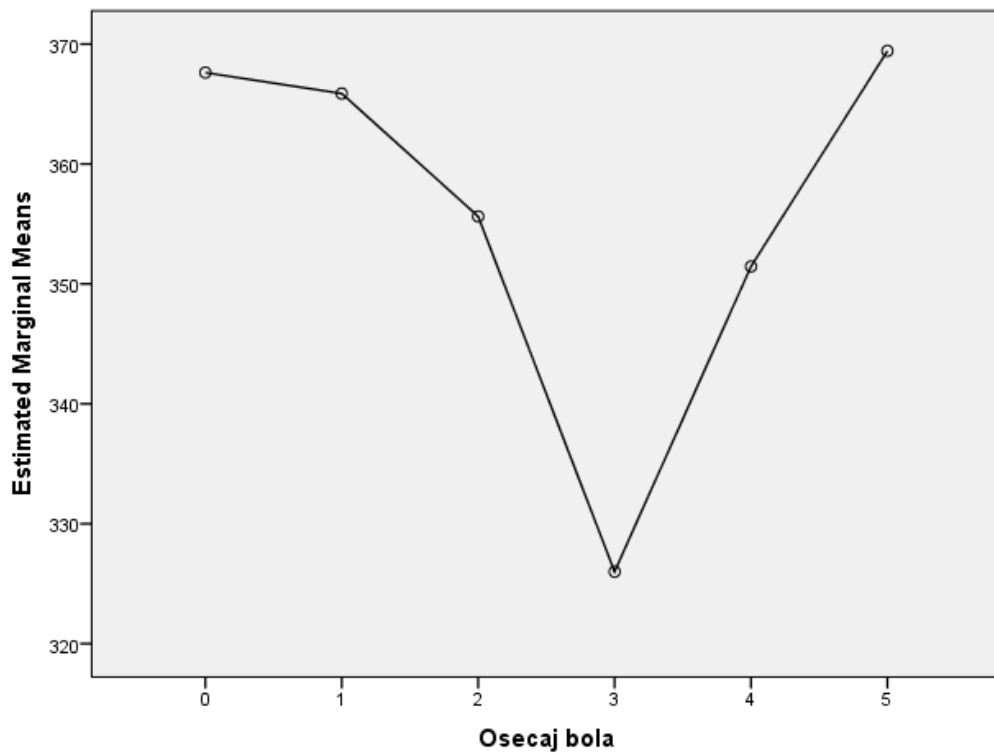
Grafikon 6. Deficit maksimalnog momenta sile fleksora kolena u odnosu na telesnu masu - Flksdis/kg



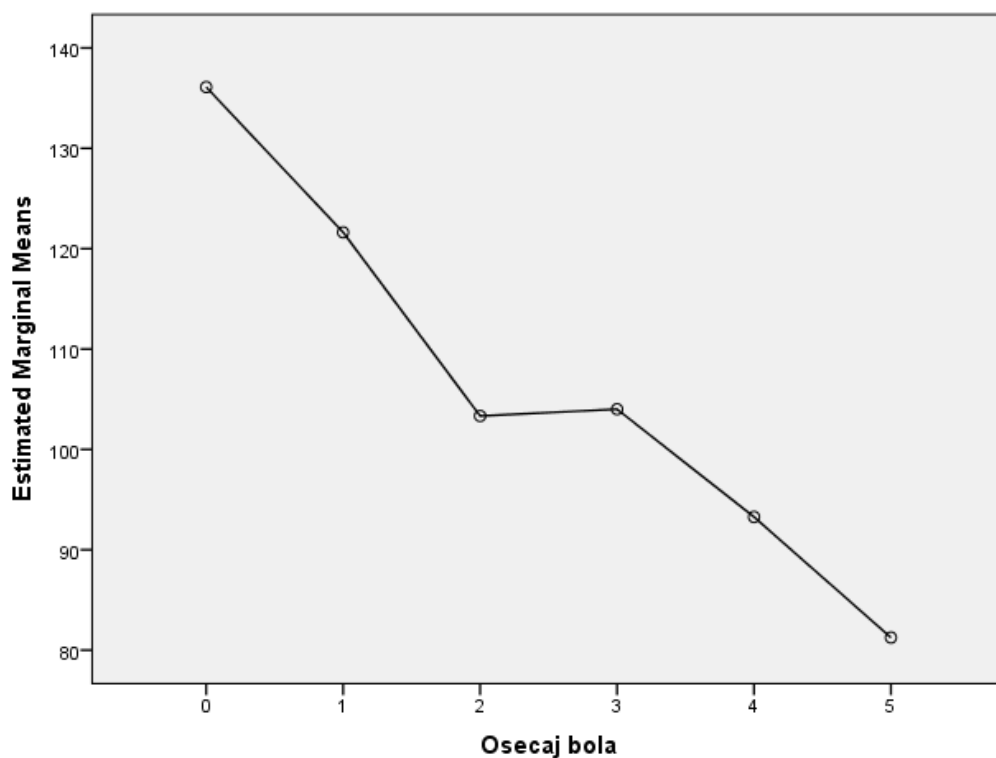
Grafikon 7. Maksimalna snaga ekstenzora desnog kolena - Maksekstdes



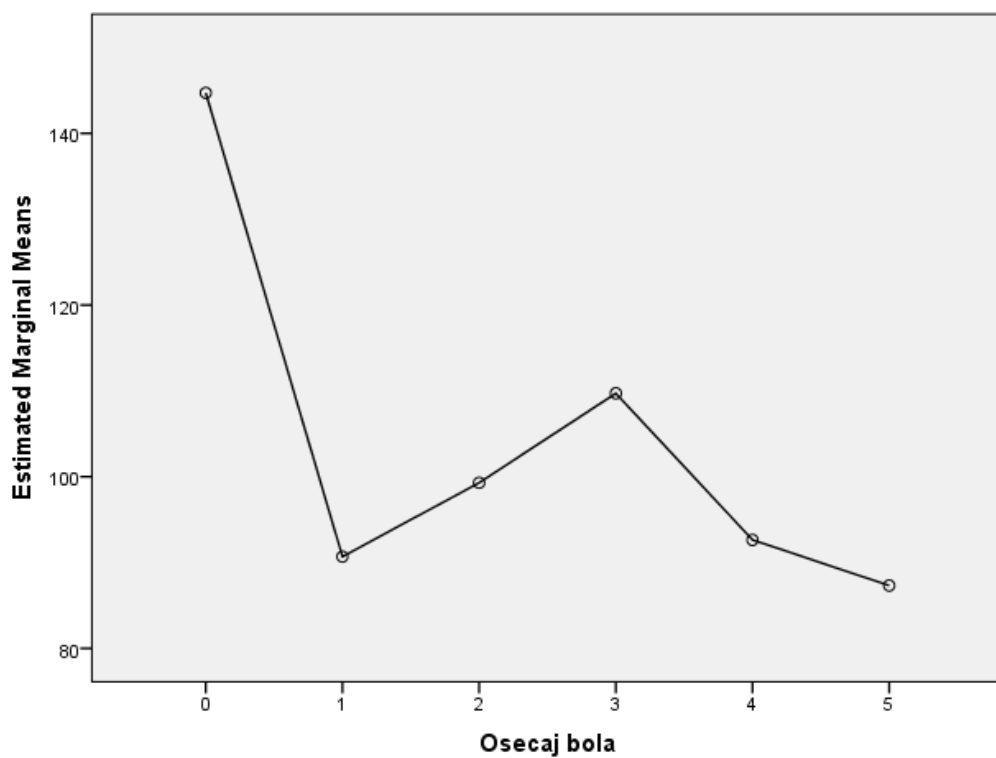
Grafikon 8. Maksimalna snaga ekstenzora levog kolena - Maksekstlev



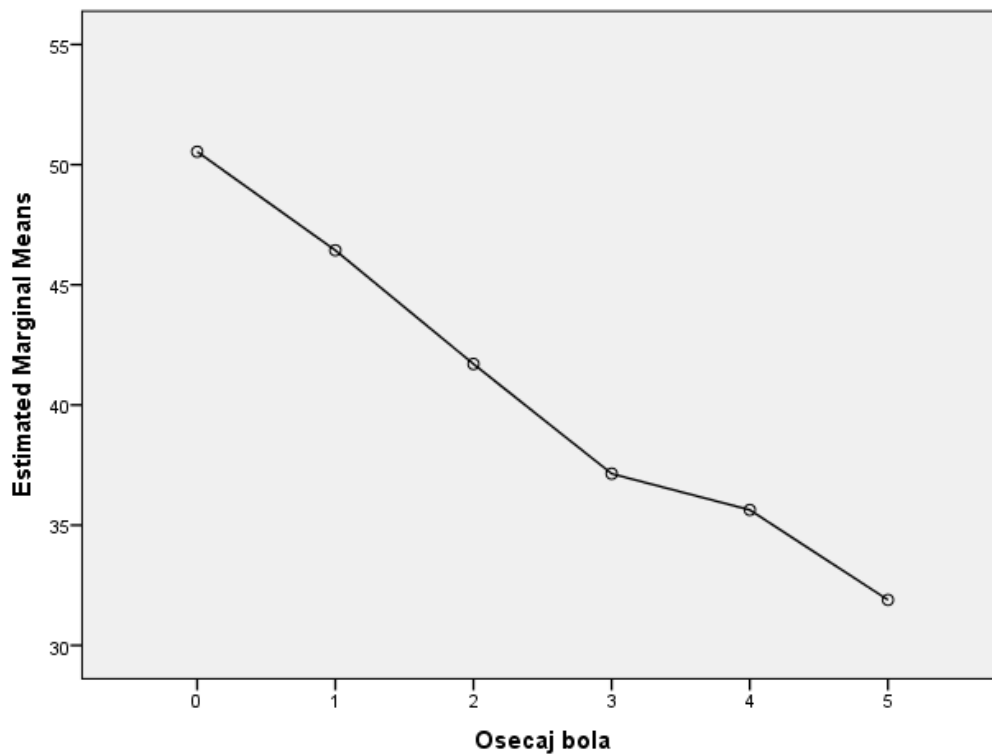
Grafikon 9. Maksimalna snaga fleksora desnog kolena - Maksflksdes



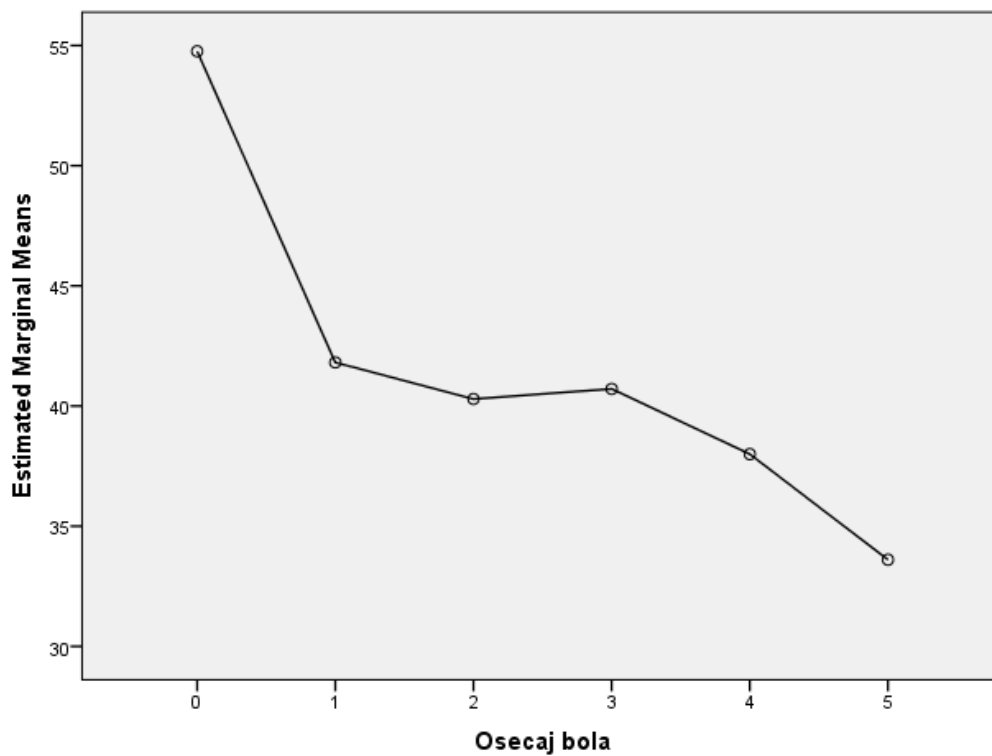
Grafikon 10. Maksimalna snaga fleksora levog kolena - Maksflkslev



Grafikon 11. Odnos sile agonista i antagonista desne noge - Ag/antdes



Grafikon 12. Odnos sile agonista i antagonista leve noge - Ag/antlev



Analizom Univarijatne analize varijanse moguće je bilo uvideti zasebno parametre razlika između grupa ispitanika na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima u ispitivanim izokinetičkim varijablama. Multivarijatna analiza varijanse sa druge strane govori o tome da li se ispitanici različitih grupa statistički značajno razlikuju u celokupnom uzorku ispitivanih varijabli. Na osnovu rezultata Multivarijatne analize varijanse moguće je reći da postoji statistički značajna razlika između navedenih grupa ispitanika podeljenih na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima u varijablama koje su uzete u obzir ovim istraživanjem. Kako bi uvideli kako se ta razlika odnosi zasebno u odnosima grupa, mora se sagledati vrednost aritmetičke sredine i kretanja ove vrednosti po grupama i varijablama (Tabela 4). Grupe formirane na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima se dakle u izokinetičkim varijablama statistički značajno razlikuju.

Tabela 4. Rezultati multivarijatne analize varijanse (MANOVA) za celokupan sistem varijabli

	F	Sig.	ETA
MANOVA	7.491	.000	.434

Legenda: F-vrednost f-testa na multivarijatnom nivou; p-statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$); ETA-veličina uticaja (eta kvadrat).

9. DISKUSIJA

Način života, ubrzani svakodnevni tempo, dugotrajno sedenje, stajanje, neadekvatna aktivnost ili nepravilna sportka tehnika, pretreniranost, kao i mnogi drugi životni faktori praćeni su povećanjem broja povreda lokomotornog sistema, kao i povećanjem degenerativnih promena i bolnih stanja. Posledično, povećan je broj dana, nedelja, pa i meseci odsustvovanja sa sportskih terena. Takva stanja predstavljaju sve veći problem kako za pojedinca, tako i za klubove. Značaj medicinske rehabilitacije se uvećava kao i potreba za savremenim programima manuelne i fizikalne terapije, koje za krajnji cilj imaju povratak igrača na teren u što kraćem vremenskom periodu. Kada je reč o preventivi bolnih stanja, onda prioritet ima biomehanika, koja se bavi ravnotežom sile i snage unutar mišićnih grupa, kao i sistema u celini i kao krajni cilj ima održanje statike unutar čitavog tela, kako ne bi došlo do povrede.

Poznavanje različitosti i specifičnosti fizičke aktivnosti, kao i svakog pojedinačnog pokreta daje nam mogućnost da svaku postojeću povredu ili bolno stanje analiziramo i biomehanički utvrdimo mehanizam pokreta koji je doveo do neželjenog stanja. Takvom analizom moguće je utvrditi koji mišić svojom aktivnošću ili kompenzatornom funkcijom je uzrokovao povredu ili bolno stanje. S obzirom da ljudsko telo funkcioniše kao sistem poluga unutar kinetičkog lanca, nikada nije u pitanju samo jedan mišić, nego više njih koji su povezani u lancu sistema pokreta. Uzrok povrede je najčešće na jednom kraju kinetičkog lanca, dok se posledična reakcija nalazi na drugom kraju. Da bi analiza bila što preciznija potrebno je izuzetno poznavanje funkcionalne anatomije, funkcionisanja mišića i njihove povezanosti unutar kinetičkog lanca.

Poznavanje mehanizma nastanka povrede značajno skraćuje vreme potrebno za dijagnostiku i omogućuje brže uvođenje adekvatnih terapijskih procedura. Sprovođenje ispitivanja funkcije lokomotornog aparata uz pomoć kompjuterski vođenih sistema je postalo potreba i predstavlja svakodnevnu rutinu.

U istraživanju koje je sprovedeno na sportistima, fudbalerima, određivani su izokinetički parametri koji precizno definišu mišićnu silu i snagu, a koji su izmereni pomoću modernog izokinetičkog dinamometra. Ovo istraživanje je imalo za cilj da utvrdi razlike u izokinetičkim parametrima natkolene muskulature u odnosu na bol u leđima kod fudbalera.

Na uzorku od 136 ispitanika, aktivnih fudbalera, muškog pola, starosti 18-35 (20.49 ± 3.73) godina, prosečne telesne mase 76.57 ± 8.24 kg i prosečne telesne visine 182.63 ± 6.73 cm, merene su antropometrijske i izokinetičke mere. Ispitanici su ispunili anketu o postojanju bola u leđima, pre samog početka testiranja, gde su intenzitet bolnosti subjektivno procenili Rolandovom skalom bola.

U cilju procene mišićne sile ispitivane su izokinetičke mere, definisane relativno novom izokinetičkom metodom: odnosi agonista i antagonista, maksimalni obrtni momenti u odnosu na telesnu masu, deficiti sile maksimalnih obrtnih momenata u odnosu na telesnu masu ispitanika, maksimalna snaga.

Prilikom obrade rezultata celokupan uzorak ispitanika koji je analiziran u ovom istraživanju podeljen je, stratifikovan proporcionalnom tehnikom u pet grupa na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima.

Zasebno kada se sagledavaju rezultati po varijablama unutar Univarijatne analize varijanse mogu se uvideti razlike između grupa, ali ujedno i razlike između parova formiranih grupa. Statistički značajna razlika je prisutna u sledećim varijablama: Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu (Flksdes/kg), Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu (Flkslev/kg), Maksimalna snaga fleksora desnog kolena (Maksflksdes), Maksimalna snaga fleksora levog kolena (Maksflkslev), Odnos sile agonista i antagonista desne noge (Ag/antdes) i Odnos sile agonista i antagonista leve noge (Ag/antlev); dok u drugim varijablama nije zabeležena statistički značajna razlika između grupa podeljenih na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima.

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da je bol u leđima koji se ispoljava kod grupe ispitanika fudbalera direktno povezan sa oslabljenom i skraćenom zadnjom ložom buta, kao i samim odnosom unutar grupe agonista i antagonista. Prednja loža buta, koju čine ekstenzori je daleko jača od zadnje lože buta, koju čine fleksori, te se odnos između njih narušava. Prednja loža buta je kinetičkim lancem povezana sa grupom mišića koja sačinjava trbušni zid, od kojih neki imaju hvatišta na kičmenom stubu. Retki su pokreti gde se dejstvo jednog mišića ispoljava samo pokretanjem poluga za koje je neposredno vezan. Zato se vrlo često sreće dejstvo mišića koje se ispoljava i na susednim delovima tela, koje on ne može neposredno pokretati. Takav je slučaj kako u fudbalu, tako i u drugim sportovima gde postoji dinamičko kretanje segmenata, kao i tela u celini. Ovakav kompleks pokreta koji izaziva

jedan mišić neposredno u predelu svoje lokacije i posredno na susedne delove tela naziva se lanac pokreta ili kinetički lanac. Kada je kinetički lanac narušen dolazi do narušavanja statike tela koja direktno utiče na dinamički pokret. Bilo kakva promena funkcionalnog ili strukturalnog tipa jednog dela tela ili tela u celosti izaziva promene na okolnoj strukturi koja onda pokušava da uspostavi ravnotežu u novonastalom stanju. Ali, ta ravnoteža u novom stanju je posturalni disbalans sa svim svojim obeležjima: mišićni disbalans agonista i antagonista, smanjena funkcija sinergista i fiksatora (povećan tonus, povećana energetska potrošnja i nesrazmeran rad sa okolnim i međusobno povezanim strukturama), povećan pritisak u zglobnim kapsulama kao i na njihovu strukturu, povećan pritisak na hrskavice zglobnih površina, neadekvatno funkcionisanje samih zglobova, poremećena segmentalna kontrola pravilnog motoričkog funkcionisanja sa aspekta CNS-a.

Veliki broj naučnih studija o izokinetičkim aspektima funkcije skeletnih mišića se bavi testiranjem natkolene muskulature. Među njima, značajno mesto zauzimaju radovi koji se bave proučavanjem funkcije natkolene muskulature. Značajniji počeci primene izokinetičkih sistema datiraju iz 1975.godine kada su Pipes i Wilmore opisali prednost izokinetičkih vežbi sprvedenih na CYBEX izokinetičkom sistemu u odnosu na dotad primenjivane izotoničke. U daljim istraživanjima posebna pažnja je bila usmerena na vezu između funkcije mišića i velikih zglobova, odnosno njihove pokretljivosti. Knight i saradnici su 1981.godine objavili rad u kome su ukazali na značaj disbalansa u snazi mišića agonista i antagonista natkolenice na pojavu povreda kolena. Izokinetička dinamometrija je postala nezamenljivi deo sportskomedicinske prakse, kako u dijagnostičke svrhe, tako i kao deo rehabilitacionih programa.

Savremeni izokinetički dinamometri su uređaji za pružanje validnih informacija o parametrima koji opisuju mišićne kontrakcije, dobijene tokom samog merenja. Obrada podataka se vrši softverskim paketima integrisanim u računar. Dinamometri su konstruisani tako da mogu da vrše testiranja pri rasponu brzine od 0°/s do 500°/s, pri čemu nulta brzina odgovara izometričkoj kontrakciji. U istraživanjima koje je sprovedeno na većim grupama ispitanika, primenjivana je brzina od 60°/s, za testiranje mišićne snage zgloba kolena, te je i u ovom istraživanju primenjena ista brzina i standardni protokol testiranja kako bi se utvrdile funkcionalne karakteristike izokinetičkih parametara grupe ekstenzora i fleksora kolena.

Za dobijanje validnih rezultata izokinetičkog testiranja mišićne snage od izuzetne važnosti je izvršiti pravilno testiranje ispitanika. Fiksiranje ispitanika se vrši u sedećem položaju, pri čemu samo sedište i naslon dinamometra zaklapaju ugao od 80°. Postavljanje traka za fiksiranje (grudne, ramene, butne) omogućava izolovanje samo odgovarajuće grupe mišića, pri čemu se isključuje mogućnost aktiviranja pomoćne muskulature, odnosno pokret izvode samo primarni pokretači. Poravnavanje ose rotacije zgloba i glave dinamometra mora biti izvršeno što preciznije, kako bi se izmerio moment sile koju stvara odgovarajući mišić pri pokretanju odgovarajućeg zgloba. Mišić za vreme kontrakcije generiše određenu količinu sile, koja teži da savlada spoljašnje opterećenje, pri čemu je sila linearan pojam. U izokinetičkom testiranju, ne meri se sila koja se razvija unutar mišića, već efekti te sile na polugu koje čine funkcionalnu celinu ekstremiteta. Dolazi do rotatornog ispoljavanja efekata sile koju mišić stvara oko određenog zgloba i javlja se pokret oko ose zgloba, odnosno meri se moment sile ili "torque".

Većina istraživanja ne pokazuje značajnije rezultate u snazi mišića donjih ekstremiteta u zdravoj populaciji nesportista, kao i kod ispitanika koji učestvuju u simetričnim aktivnostima. Međutim kod ispitanika kod kojih je jedan ekstremitet povređen ili postoji disfunkcionalnost u kinetičkom lancu, primećuje se disbalans unutar neke od testiranih mišićnih grupa. Ovo istraživanje ukazuje na to da određena bolnost na jednom kraju kinetičkog lanca izaziva disbalans unutar mišićne grupe na drugom kraju istog lanca i obrnuto.

Fudbal, kao jedan od najpopularnijih ekipnih sportova današnjice u stručnoj javnosti pleni pažnju. Bredy (1993) i Capranica (1992) su vršili procenu snage i drugih funkcionalnih karakteristika u grupama fudbalera. Između ostalog su utvrdili i to da ne postoji značajnija razlika u snazi između dominantne (šuterske) i ne dominantne (stajne) noge. Prilikom testiranja fudbalera u ovom istraživanju, u proteklom periodu, preko 1000 ispitanika, veliki broj je imao upravo slične rezultate do kojih su došli Bredy i Capranica. Naime, vrlo je teško tvrditi koja je noga dominantna, a koja ne. U uslovima u kojima se danas odvija tehnologija treninga, iskoristljivost obe noge je podjednaka. Ovo istraživanje bavilo se upravo ispadom određenih struktura kinetičkog lanca i njihovom povezanošću, kao i dokazivanjem da je celo telo usklađena celina.

Sportsko-medicinski značaj na polju testiranja parametara mišićne snage izokinetičkom dinamometrijom se ogleda u prevenciji sportskih povreda ili u brznoj i efikasnoj dijagnostici i terapiji istih. Istraživanja Smith-a (1981), Kannus-a (1987), Yeefun-a (2002), Tang-a (2005) i Binet-a (2005) pružila su određena saznanja na ovu temu, ali još uvek postoji veliko interesovanje za daljim istraživanjima, posebno sa ekonomskog aspekta. U drugim studijama se autori specijalizovano bave aspektima izokinetičke dinamometrije u određenim sportovima, što obezbeđuje kriterijumsku validnost tih istraživanja s obzirom na homogenost uzorka. Najčešće se ispituju vrednosti snage mišića natkolenice radi bolje mogućnosti komparacije dobijenih rezultata (Davies 1992).

Osternig (1984) je testirao grupu spostrista i nesportista izokinetičkim dinamometrom, na manjim i većim ugaonim brzinama. Uočio je da je EMG aktivnost zadnje lože bila veoma visoka za vreme ekstenzije kolena, za razliku od kvadricepsa, čije je aktivnost bila znatno manja za vreme fleksije kolena. Ovo se objašnjava činjenicom da kvadriceps, kao znatno snažniji mišić, ima potrebu za intenzivnom koaktivacijom zadnje lože zbog deceleracije distalnog segmenta donjeg ekstremiteta na kraju pokreta ekstenzije i bolje koordinacije samog pokreta. Kod grupe sportista je još uočeno da je intenzitet koaktivacije zadnje lože četiri puta veći u odnosu na grupu nesportista. Ovo istraživanje je od velikog značaja, jer ukazuje na povezanost agonista i antagonista, kao i njihove međusobne koaktivacije prilikom pokreta, na šta ukazuje i istraživanje Schuermansa, VanTiggelena, Danneelsa i Witvrouwa, koji su u svom istraživanju mehanizama povreda zadnje lože kod fudbalera došli do zaključka da su povrede ovih mišića vezane sa složenošću rada m.biceps femorisa i m.semitendinosusa, gde je utvrđeno da su fudbaleri koji imaju istoriju povrede zadnje lože imali znatno manji kapacitet izdržljivosti tokom ekscentrične kontrakcije.

U ovom istraživanju sagledavanjem f-vrednosti za Univarijatnu analizu varijanse takođe se uviđa gde postoji statistički značajna razlika između ispitanika. Ipak najveća vrednost ovog parametra je u varijablama: Odnos sile agonista i antagonista leve noge (Ag/antlev) i desne noge (Ag/antdes).

Takva konstatacija se može uvideti sagledavanjem i ETA vrednosti koja je veća u varijablama gde je ostvarena statistički značajna razlika između grupa, ali takođe se može uvideti da je u odnosima sile agonista i antagonista leve i desne noge najveća vrednost. U varijablama sa statističkom značajnošću se uviđa trend koji ukazuje da je kod ispitanika sa najvećim osećajem bola u leđima taj odnos značajno narušen i da je disbalans ovih grupa

mišića veći sa većim osećajem bola. Takva situacija se odnosi i na levu i na desnu nogu ispitanika. U drugim varijablama gde je zabeležena statistički značajna razlika uviđaju se slični trendovi.

Woods, Hawkins i saradnici sprovedli su detaljnu analizu povrede zadnje lože buta kod profesionalnih fudbalera tokom dve takmičarske sezone. Na osnovu statističke procene utvrđeno je da su igrači imali 2,5 puta veće šanse za povredu zadnje lože, u odnosu na prednju ložu tokom utakmice. Faktori koji utiču na mogućnost povređivanja su: nedovoljna zagrejanost, slaba fleksibilnost, mišićni disbalans, slabost mišića, nervna napetost, kompenzacija funkcije mišića, zamor, prethodne povrede, prerani povratak u trening i neadekvatan oporavak. Analiza je sprovedena u 91 profesionalnom fudbalskom klubu u Engleskoj, gde je pokazano da povrede zadnje lože buta čine 12% ukupnih povreda tokom dve sezone i gotovo polovina od njih uključuje povredu m.biceps femoris-a (5 povreda zadnje lože po klubu u sezoni). U 57% slučajeva povreda se desila za vreme trčanja tokom utakmica, sa porastom na kraju svakog poluvremena. Po stepenu učestalosti povređivanja zadnje lože, češće su povrede kod igrača Premijer lige, kod igrača crne etničke pripadnosti i starijih igrača po godinama. Utvrđena je stopa ponavljanja povređivanja zadnje lože od 12%.

Generalno, oslabljena zadnja loža povlači za sobom slabljenje lumbalne regije i kompenzovanje funkcije od strane m.psoas majora, koji da bi održao snagu trupa povlači kičmu, povećavajući kifoza, ispravlja vratnu lordozu, pomerajući glavu van težišne linije ispred grudne kosti i inklinira karlicu, čime se već oslabljena zadnja loža dodatno skraćuje i opterećenje prebacuje na koleno zglob i prepone. Glutealna regija kako bi sačuvala koleno zglob, skraćuje rotatore kuka, čime povlači m.tensor fasciae latae, m.gluteus medius i m.piriformis, čime se dodatno karlica zatvara kako bi se očuvala sada već previše opterećena lumbalna regija (L5-S1). Zbog skraćivosti m.psoasa majora, skraćuje se m.iliopsoas, koji zajedno sa već jakim m.quadriceps femorisom povlači trup ka napred, opterećujući dodatno koleno, skraćivanjem zadnje lože. Šema povređivanja kod tako izmenjene biomehanike je: koleno-prepona-lumbalna regija, u zavisnosti od toga koji mišić je u disfunkciji i koji vrši kompenzaciju.

Anatomija zadnje lože opisuje tri zasebna mišića: semimembranosus, semitendinosus i biceps femoris. Biceps ima dugu i kratku glavu. Semimembranosus, semitendinosus i duga glava bicepsa potiču iz ischial tuberositiesa. Kratka glava bicepsa potiče sa zadnje strane

femura. Semimembranosus i semitendinosus su uvučene na unutrašnjoj strani tibije. Dve glave bicepsa spajaju se u jednu tetivu koja se vezuje na glavu fibulae sa spoljne strane kolena. Glavna akcija zadnje lože je da savija koleno. Sekundarna akcija uključuje istežanje kuka i okretanje kolena, prilikom čega je u pokret uključem m.psoas major at minor.

M. psoas je pokazatelj bilo koje vrste napetosti, anksioznosti ili nerešenih emocija ugušenih iznutra, a isto tako i napetosti usled sportske aktivnosti, pretreniranosti, disbalansa unutar mišićnog sistema. Jednako je opterećen i kod neaktivnosti, prilikom svakodnevnog dugotrajnog stajanja i sedenja (Muyor, López-Miñarro, Casimiro, 2012). Međutim, zategnutost psoasa takođe može dovesti do posturalnih problema čak i disfunkcionalnih oblika disanja.

Psoas je mišić koji je najdublje smešten mišić ljudskog tela koji ima uticaj na strukturalni balans, mišićni integritet, fleksibilnost, snagu pokretljivost, mobilnost zglobova i funkcionisanje organa. Proteže se sa obe strane kičme lateralno od 12. grudnog pršljenja (T12) do svakog od 5 lumbalnih pršljenova. Odatle se spušta kroz trbušno jezgro i karlicu da bi se povezivao na vrh femura. U sprezi je sa mišićem iliacusom, koji počinje sa unutrašnje strane iliuma (iliac fossa) i formira iliopsoas mišić. Iliopsoas onda ide preko ruba karlice umetnuti na manji trohanter, okruglastu strukturu na gornjoj, unutrašnjoj strani femura. Iliopsoas prelazi više zglobove i smatra se poliartikularnim mišićem. Kada se grči, sa jedne strane može da deluje tako da vrši fleksiju i eksterno rotira femur i/ili vrši lateralnu fleksiju trupa ili zakreće jednu stranu karlice u napred. Kada se Iliopsoas grči na obe strane može da vrši fleksiju i femura i trupa. Dvostrano grčenje ovog mišića podiže trup iz ležećeg položaja.

Psoas je jedini mišić koji povezuje kičmu sa nogama. Odgovoran je za održavanje uspravnog stave i omogućava podizanje nogu radi hoda. Zdravo funkcionisanje psoasa stabilizuje kičmu i obezbeđuje oslonac kroz telo, formira zaštitu vitalnih organa koji se nalaze u središtu abdomena.

Vezivnim tkivom ili fascijom je povezan sa dijafragmom koja ima uticaja na disanje i reflex straha. Ovo proizilazi iz činjenice da je psoas u direktnoj vezi sa reptilskim mozgom (još se naziva "instinkt za preživljavanje" i održava osnovne funkcije mozga), najstarijim unutrašnjim delom moždanog sistema i kičmene moždine (<http://www.dailybandha.com>).

Neki autori veruju da brzi način življenja (koji se bazira na adrenalinu simpatičkog nervnog sistema) hronično nateže psoas, čineći ga spemnim za bekstvo ili borbu. Psoas

pomaže da se jurne u akciju ili da se telo smota u zaštitnu kuglu. Ako stres ili tenzija konstantno vrše kontrakciju psoasa, mišić počinje da se skraćuje što dovodi do bolnih stanja koja uključuju bol u donjem delu leđa, bol u sakralnom delu, išijasa, problema sa diskovima, spondiloze, skolioze, degeneracije kuka, bolova u kolenima, menstrualnih bolova, neplodnosti i problema sa varenjem (<http://www.dailybandha.com>).

Zategnuti psoas ne stvara samo strukturalne problem. On steže organe, pritiska nerve, utiče na kretanje tečnosti i otežava disanje preko dijafragme. Zapravo, psoas je toliko blisko uključen u osnovne fizičke i emocionalne reakcije, da hronično zategnut psoas kontinuirano daje signal telu da je u opasnosti, iscrpljujući nadbubrežnu žlezdu slabeći imuni sistem. Ova situacija se dodatno pogoršava mnogim stvarima iz modernog načina života, od sedišta u autu do tesne odeće, od stolica do obuće koje iskrivljuju posturu, ograničavaju prirodan pokret i dalje skraćuju psoas (Slika 6, u prilogu).

Prvi stepen u održavanju zdravog psoasa je osloboditi se nepotrebne napetosti. To ne znači da je neophodno raditi psoasom već da se usmeri svest neophodna za prenos poruke, što uključuje stvaranje svesnog izbora da se bude somatski svestan.

Rasterećeni psoas je znak slobodnog i kreativnog izražaja. Umesto kontrahovanog psoasa spremnog za bekstvo ili borbu, relaksirani psoas je spreman za fine aktivnosti potpune funkcionalnosti. Oslobođeni psoas omogućava prednjem delu butine da se izduži i da se noga pokreće nezavisno od karlice, pojačavajući podršku celom torzu i srcu. Neki autori veruju da se održavanjem zdravog psoasa održava vitalna energija tela i smatraju ga glavnim energetskim centrom tela (<http://www.dailybandha.com>).

Tokom razmatranja i analiziranja postojećih problema, stalno se postavlja pitanje kako zategnuta, skraćena, a samim tim i oslabljena zadnja loža može da utiče na lumbalni deo kičme?

Sa biomehaničkog stanovišta, zategnuta i skraćena zadnja loža može da utiče na položaj karlice, posebno u pretklonima. To može, zauzvrat, uticati na lumbalni deo kičme zato što zategnuta zadnja loža povlači ischial tuberositiesa i zakreće karlicu unazad. Kada se karlica zakreće unazad, lumbalni deo kičmenog stuba vrši fleksiju unapred. To znači da ako je zadnja loža zategnuta i telo se savije napred, najveći deo fleksije dolazi iz lumbalne kičme. Nasuprot tome, kada je zadnja loža fleksibilna, karlica se može zakrenuti unapred,

omogućavajući da fleksija trupa (pretklon) dođe iz zgloba kuka, a ne iz lumbalne kičme (Slika 5, u prilogu).

Rasterećenje zategnute zadnje lože, u smislu istegnutosti, može da redukuje opterećenje lumbalnog dela leđa i na taj način smanji bol u leđima (Hasebe i sar., 2016).

Jedan od zaključaka može da bude da dinamičko istežanje može da izmeni skraćenu i zategnutost zadnje lože, što pokazuje da je fleksibilna zadnja loža važna za prevenciju bola u leđima (Hasebe i sar., 2014).

Istraživanja pokazuju da istežanje zadnje lože može pomoći da se oslobodi napetost ligamenata i diskova u lumbalnom delu kičmenog stuba.

Odnos mišića fleksora i ekstenzora kolenog zgloba se smatra relativno dobrim pokazateljem normalne fiziološke ravnoteže u snazi mišića antagonista kolena, ali u velikoj meri zavisi od brzine izokinetičkog testiranja (Olmo, 2006). Odnos između agonista i antagonista može da ukaže i na slabosti određene mišićne grupe.

Kuvalja, Desnica-Bakrač, Jurić-Šolto, Šućur, Gnjidić (2002), u svojim istraživanjima ukazuju na to da je izokinetičkim testovima utvrđeno da su promene u funkciji slabinske kičme u najvećem broju slučajeva posledice poremećaja odnosa snaga mišića zajedničkog statičkog i dinamičkog stuba koji čine mišići i kosti kolena, kukova (sa karlicom) i kičme.

Testirajući sportiste na izokinetičkom dinamometru, Croisier, Forthhome, Namurois i saradnici su utvrdili da od 26 sportista sa istorijom povrede zadnje lože, kao i ponovljenim povredama, 18 sportista je imalo disbalans u snazi zadnje lože buta. Nakon završenog rehabilitacionog procesa, koji je bio prilagođen svakom sportisti, a podrazumevao je 10-30 tretmana, u odnosu na rezultate dobijene testiranjem, 17 sportista od njih 18, korigovalo je disbalanse u snazi. Sportisti su praćeni 12 meseci i utvrđeno je da se nijedan od 17 sportista nije povredio u tom periodu, čime se potvrđuje pretpostavka da dobra izbalansiranost utiče na funkcionalnost mišića, kao i manji stepen povređivanja.

U dosadašnjim radovima autori Golik-Perić, Doder i sar. (2007, 2008) su ispitivali silu ekstenzora i fleksora kolenog zgloba, kao i odnos agonista i antagonista u različitim sportskim granama. Dobijeni rezultati egzaktno ukazuju na trenutno stanje sile mišića, registruju se disbalansi natkolene muskulature u odnosu na očekivane rezultate i narušene odnose mišića sa suprotnim dejstvom (agonisti/antagonisti).

Ukoliko u ovom istraživanju pogledamo odnose parova i značajnost razlika u njihovim odnosima mogu se uvideti i pojave koje ukazuju na to kakav je trend razvoja ili opadanja određenog parametra u zavisnosti od subjektivnog osećaja bola. Tako u varijabli: Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu (Flkslev/kg) i Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu (Flksdes/kg), vrednost ima trend opadanja što ukazuje na to da je sila slabija sa većim subjektivnim osećajem bola u leđima. Kod varijabli koje opisuju: Maksimalnu snagu fleksora desnog kolena (Maksflksdes) i Maksimalnu snagu fleksora levog kolena (Maksflkslev) vrednost takođe opada sa većim subjektivnim osećajem bola. U ostalim varijablama (Ekstdes/kg; Ekstlev/kg; Ekstdis/kg; Flksdis/kg; Maksekstdes; Maksekstlev) se ne uviđa statistički značajna razlika između grupa ispitanika podeljenih na osnovu osećaja bola i kod njih nije zapažen ni poseban trend ili karakteristika u odnosu vrednosti zasebno prema grupama.

U varijablama gde se uviđa da postoji razlika u parovima grupa ispitanika može se reći da je primetno to da grupa ispitanika sa većim subjektivnim osećajem bola poseduje lošije rezultate u testu. To se može uvideti i sagledavanjem prosečnih vrednosti koje je ostvarila svaka grupa u zasebnim varijablama. Moglo bi se takođe reći da odnos razlika između dve grupe se ne uviđa samo u susednim parovima grupa već se ta razlika javlja i kod grupa koje nisu susedne što je pogotovo primetno u varijablama: Odnos sile agonista i antagonista leve noge (Ag/antlev) i Odnos sile agonista i antagonista desne noge (Ag/antdes). Jedina netipična pojava je u varijabli: Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora kolena u odnosu na telesnu masu (Ekstdis/kg) gde nije evidentirana statistički značajna razlika između grupa, ali se javila statistički značajna razlika u odnosu treće i četvrte grupe ispitanika i to takva da je grupa sa osećajem bola 3 imala manje disbalansa ekstenzora leve i desne noge.

Rissanen, Kalimo i Alaranta su ispitivali efekte programa intenzivne fizikalne rehabilitacije na ekstenzore trupa i kolena kod pacijenata sa hroničnim bolom u leđima. Ispitivanju je pristupilo 30 pacijenata sa hroničnim bolom u lumbalnom delu leđa. Urađena je biopsija m.multifidus-a i m.vastus lateralis-a, na početku rehabilitacionog toka i nakon tri meseca. Rehabilitacija je dizajnirana za pacijente sa hroničnim bolom u lumbalnoj regiji, tako da poboljšava snagu mišića trupa, pokretljivost kičme i funkcionalnu sposobnost pacijenata. Obrtni momenti izokinetičke ekstenzije trupa i kolena određeni su na dve različite ugaone brzine. Rezultati ove studije ukazuju da trening sa maksimalnim i submaksimalnim naporima

može da povрати selektivnu atrofiju mišićnih vlakana u m.multifidus-u kod muškaraca, a kod žena bi rehabilitacioni tok trebao da traje duže.

Lee, Hoshino, Nakamura i saradnici su radili petogodišnju studiju vezanu za slabost mišića trupa kao faktor rizika za pojavu bola u leđima. Studija je obuhvatala 30 ispitanika muškog pola i 37 ispitanica ženskog pola, prosečne starosti od 17 ± 2 godine, koji nisu prijavili postojanje bola u leđima, niti su ikada bili na terapiji zbog bola u leđima. Snaga mišića trupa merena je izokinetičkom dinamometrijom ($60^\circ/s$), koristeći ekstenziju, fleksiju i rotaciju trupa. U toku pet godina ispitanici su podeljeni u dve grupe. Prvu grupu su činili ispitanici koji i dalje nisu imali bol u leđima, dok su drugu grupu činili ispitanici kod kojih se bol pojavio (8 muškaraca i 10 žena). Nije bilo značajne razlike između dve posmatrane grupe po pitanju starosti, visine, težine, maksimalnog obrtnog momenta i leve desne rotacije trupa. Međutim odnos ekstenzije i fleksije grupe sa bolom pokazala je znatno niže vrednosti od druge grupe bez bola, što dovodi do zaključka da disbalans u snazi mišića trupa, odnosno manja snaga mišića ekstenzora u odnosu na snagu fleksora trupa može biti jedan od faktora pojave bola u leđima.

U nedostatku univerzalno priznate definicije lumbalnog sindroma proučavanje samog oboljenja nije nimalo lako, obzirom na činjenicu da su simptomi i znaci jedini sigurni pokazatelji postojanja bola. Bez obzira na sve savremene dijagnostičke metode, ispitanici sa lumbalnim sindromom se definitivno dijagnostifikuju na osnovu njihovog subjektivnog osećaja.

Pregledom literature izdvojeni su zajednički simptomi ove grupe ispitanika. Najčešće su se žalili: da imaju osećaj “da ih leđa izdaju”, da su se “ukočili”, da ih je “preseklo preko krsta”, da imaju bol pri promeni položaja ili tokom dužeg zadržavanja u jednom, prinudnom položaju, kao i na pojavu i hroničnog bola.

Hicks i sar su predstavili testove i merenja kliničke nestabilnosti za koje se smatra da su “trenutno prihvatljivi” za širu upotrebu jer imaju veliki statistički značaj. Počevši od standardnih merenja obima pokreta u kuku i lumbosakralnom delu kičme, i testova mišićne snage i izdržljivosti, do observacije i testiranja lumbalne segmentne pokretljivosti, te ispitivanja mogućnosti spinalnih mišića da stabilizuju kičmeni stub (prone instability test), uz demografske i lične (self-reported) varijable kao dodatak, Hiksov CRP nije savršen, ali je najbolji metod do sada. Jedan od objektivnih parametara koji može ukazati na deformitete, kao i povrede kičmenog stuba je magnetna rezonanca.

Na osnovu dobijenih rezultata postavlja se pitanje šta je to što uslovljava dobijene razlike?

Na osnovu rezultata Multivarijatne analize varijanse moguće je reći da postoji statistički značajna razlika između navedenih grupa ispitanika podeljenih na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima u varijablama koje su uzete u obzir ovim istraživanjem.

Postojeće razlike mogu biti uzrokovane velikim brojem faktora, tačnije svim onim faktorima koji utiču na proces smanjenja sile natkolene muskulature (deficit sile natkolene muskulature, odnos agonista i antagonista, deficit sile u odnosu na telesnu masu, telesna masa, stanje zgloba kolena u odnosu na treniranost, povrede, nasleđe-genetika i sl., starosna dob, ishrana, fizička aktivnost i dr).

Jovović navodi da dobro držanje tela obezbeđuju dugi i snažni opružači slabinskog dela kičme, dugi i snažni dvozglobni mišići zadnje lože buta, snažna trbušna muskulatura, snažni i dugi pregibači zgloba kuka. Loše držanje tela kao rezultat slabe i neuravnotežene muskulature čine kratki i slabi opružači kičme, insuficijentni mišići zadnje lože buta, slabi mišići trbuha, kratki i nedovoljno snažni pregibači zgloba kuka. Uticaj kinetičkog lanca u oba slučaja je izuzetno bitan (Jovović, 2008).

Kod mišića usled njihove duže neaktivnosti dolazi do neizbežne atrofije. Ako je neaktivni mišić bio duže vreme u istegnutom položaju, ostaje izdužen, a ako je bio u opuštenom položaju on se skрати. Kod takvih mišića smanjuje se njihova sposobnost, tj. teže razvijaju silu i vrše rad, pokreti su sporiji, a u težim slučajevima čak ne mogu ni da se izvedu. Tako slabi mišići ne mogu da održe aktivno stanje u organizmu, pa se usled dejstva sile zemljine teže pritisak delova tela prenosi na pasivni deo aparata za kretanje (ligamente, kosti, zglobove), pri čemu nastaju drugačiji odnosi na lokomotornom sistemu, pa i na telu u celini. Oba ova oblika atrofije sreću se istovremeno kod agonista i antagonista, gde je na račun skraćanja jednih došlo do istezanja drugih i obratno. Tako je zbog promene odnosa kod pojedinih delova tela (u odnosu na normalni uspravni stav) došlo do narušavanja tonične ravnoteže suprotstavljenih mišićnih grupa.

Tako na primer kod sindroma piriformisa koji se odlikuje bolovima zadnjice i bolovima u kuku, a koji mogu da se prenose kroz nogu kao oblik išijasa, potrebno je pronaći pravog uzročnika. Najčešće, ovaj sindrom je rezultat grča piriformisa, koji izaziva iritaciju išijadičnog nerva koji prolazi preko (ili kroz) mišić. Grč u piriformisu može biti podstaknut

sportskom povredom ili drugom traumom, kao i nedovoljnom aktivnošću. Težište lečenja podrazumeva istežanje piriformisa i susednih spoljnih rotatora kuka (Slika 9, u prilogu).

Zategnutost ili asimetrija piriformisa može da prouzrokuje rotacioni karlični disbalans, što zauzvrat, može dovesti do daljeg disbalansa kičmenog stuba.

Kad je reč o stanju zgloba kolena i njegovom uticaju na silu natkolene muskulature, može se reći da su usko povezani. Svaka povreda kolenog zgloba negativno utiče na silu natkolene muskulature, dolazi do deficita sile određene grupe mišića i do tzv. atrofije, gde mišić postepeno gubi svoju aktivnost i gde pritom dolazi do kompenzacije funkcije, pa funkciju određenog deficitarnog mišića preuzima neki drugi mišić ili mišićna grupa i tako dolazi do još većeg oštećenja već povređenog zgloba i do gubitka njegove osnovne funkcije. U svojim istraživanjima Kovalja, Desnica-Bakrač, Jurić-Šolto, Šućur i Gnjidić (2002), ukazuju na to da je izokinetičkim testovima utvrđeno da su promene u funkciji slabinske kičme u najvećem broju slučajeva posledice poremećaja odnosa snaga mišića zajedničkog statičkog i dinamičkog stuba koji čine mišići i kosti kolena, kukova (sa karlicom) i kičme. Zadovoljavajuća snaga i pravilan odnos snage među mišićima osiguravaju pravilan rad i stabilnost zglobova i celog tela, ali i očuvanje hrskavice i ligamenata od prekomernog trošenja, prenaprežanja i oštećenja. Nedovoljna snaga ili poremećen odnos snaga među mišićnim grupama koje pokreću pojedine delove tela uzrokuje otežano kretanje, preopterećenje zglobnih hrskavica i ligamenata, artrozu, bol i nepokretljivost zgloba, često i celog tela (Kovalja, 2005). Bez obzira na uzroke smanjenja mišićne snage, u svim slučajevima tretman je usmeren na mobilisanje, aktiviranje i sistematsko treniranje motornih jedinica koje se mogu aktivirati u kontrakciji (Rakić, 1979).

Izokinetička dijagnostika predstavlja tehnološki napredan postupak za evaluaciju relevantnih parametara mišićno-koštanog sistema (Schlumberger i sar., 2006.). Intervalni trening sa izokinetičkom opremom pokazao se kao najbolji metod za mišićni porast sile. Jedan od osnovnih problema programa u ostvarivanju fizičkih uslova je utvrditi najviše mogući intezitet sa najmanjim fiziološkim zamorom. Pokazalo se da se najbolje može izvršiti pomoću optimalnih pauza u toku izokinetičkog treninga (Lord, Aitkens, McCrory, Bemauer 1992). Izokinetički uređaj omogućava testiranoj osobi razvijanje maksimalne sile tokom celog opsega pokreta uz prilagođavanje otpora na bol ili zamor, zbog čega se prilikom merenja i

vežbanja ne može pojaviti preopterećenje mišića ili zglobnih struktura (Kellis i Baltzopoulos, 1999., Pardaens i sar., 2006).

Na osnovu dobijenih rezultata trenažni proces se može usmeriti na ciljano poboljšanje sile natkolene muskulature, kao i stabilizaciju kolennog zgloba, što znatno može poboljšati rezultate u određenim sportskim granama i smanjiti učestalost povređivanja (Doder, Golik-Perić i Babiak, 2008).

Trošt i Petrinović-Zekan (2007) u svom radu „Izokinetika u funkciji kvaliteta kineziterapijskog programa“ navode da se izokinetička dijagnostika koristi u kineziterapiji u svrhu evaluacije inicijalnog stanja, evaluacije trenutnih efekata primenjenog modaliteta rada i evaluacije dugoročnih efekata kineziterapijskog programa vežbanja. Kada je reč o prevenciji sportskih povreda, upotreba izokinetičkog uređaja omogućuje evaluaciju uspešnosti preventivnih procesa kondicione pripreme, kao i longitudinalno praćenje i ispitivanje zajedničkih karakteristika određene grupe sportista. Ovo poslednje može biti od značajne važnosti za pravovremeno otkrivanje mišićnih disbalanasa karakterističnih za neke sportiste, a koji su nastali kao posledica dugogodišnjeg bavljenja datom aktivnošću. Takvi su podaci korisni za planiranje i programiranje preventivnih programa vežbanja specifičnih grupa sportista, ali se takođe mogu uzeti u obzir prilikom odlučivanja o povratku sportista redovnom treniranju i takmičenju na samom kraju rehabilitacionog procesa.

U praksi se često zanemaruje preventivni kondicioni trening koji bi ciljanim vežbama jačanja mišića trbuha, leđa, prednje i zadnje lože natkolenice mogao sprečiti pojavu lumbalnog bolnog stanja/sindroma. Ako sportista nema jake mišićne i ligamentarne strukture lumbalne kičme vrlo često pati od lumbalnog bolnog stanja/sindroma (Brukner, Khan 1993). Lečenje lumbalnog bolnog sindroma je najčešće konzervativno (u oko 95% slučajeva) i sastoji se od medikamentozne terapije, metoda fizikalne terapije, biomehaničkih metoda (osteopatije, kiropraktike). Nakon smirivanja akutnih bolova preporučuje se kineziterapija radi jačanja leđne i trbušne muskulature.

Kod lumbalnog bolnog stanja, prisutna je i smanjena funkcionalna sposobnost zahvaćenog područja (Jajić, 1984.). Kvalitetan program suzbijanja bolnog stanja mora uzeti u obzir više elemenata: potrebno je prepoznati i eliminisati moguće uzroke pojave bola (npr. loša sportska tehnika), korigovati biomehaničke nepravilnosti u pasivnoj i aktivnoj posturi sportiste do kojih može doći zbog opšte mišićne slabosti, slabosti ili ograničene fleksibilnosti

mišića natkolenice (pogotovo zadnje lože), kao i slabe mišićne koordinacije i kontrole pokreta, ojačati mišićne i ligamentarne strukture lumbalne kičme, kao i njihove okolne mišićne grupe i ponovo uspostaviti normalnu amplitudu pokreta bez bola. Pravilan kineziterapijski program lumbalnog sindroma mora ciljati na jačanje spomenutih mišića putem izometričkih kontrakcija i situacionih vežbi dinamičkog karaktera (Trošt, 2003).

Osim mišićne slabosti, čest problem prave napeti ili skraćeni mišići: erector spinae, iliopsoas, gluteusi, zadnja loža, rectus femoris i gastrocnemius. Stoga kvalitetan kineziterapijski program predviđa i vežbe istezanja spomenutih mišića (aktivne ili pasivne).

10. ZAKLJUČCI

U skladu sa ranije utvrđenim ciljevima istraživanja, metodološkim pristupom i postavljenim hipotezama, a na osnovu dobijenih rezultata i njihove interpretacije Analizom Univarijatne analize varijanse moguće je bilo uvideti zasebno parametre razlika između grupa ispitanika na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima u ispitivanim izokinetičkim varijablama, na osnovu čega se mogu izvesti sledeći zaključci:

ZC₁ Ne postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnim momentima sile ekstenzora kolena desne i leve noge u odnosu na telesnu masu, čime se potvrđuje hipoteza H1.

ZC₂ Između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnim momentima sile fleksora kolena desne i leve noge u odnosu na telesnu masu postoji statistički značajna razlika, čime se potvrđuje hipoteza H2.

ZC₃ U deficitima maksimalnog momenta sile ekstenzora i fleksora kolena ne postoji značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, , čime se potvrđuje hipoteza H3.

ZC₄ Ne postoji statistički značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, u maksimalnoj snazi ekstenzora desnog i levog kolena, čime se potvrđuje hipoteza H4.

ZC₅ U maksimalnoj snazi fleksora desnog i levog kolena, između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, postoji statistički značajna razlika, čime se potvrđuje hipoteza H5.

ZC₆ U odnosima sila agonista i antagonista desne i leve noge, postoji značajna razlika između pet grupa ispitanika, podeljenih na osnovu subjektivnog bola u leđima, čime se potvrđuje hipoteza H6.

Na osnovu rezultata Multivarijatne analize varijanse moguće je reći da postoji statistički značajna razlika između navedenih grupa ispitanika podeljenih na osnovu subjektivnog osećaja bola u leđima u izokinetičkim varijablama koje su uzete u obzir ovim istraživanjem, čime se potvrđuje generalna hipoteza H0.

- Iz navedenih empirijskih saznanja i relevantnih podataka iz stručne literature dobija se uvid u faktore koji utiču na bolno stanje određene regije, disfunkciju i slabost pojedinih mišićnih grupa, uticaj pojedinih mišićnih grupa na druge, kao i poremećaj u kinetičkom lancu lokomotornog aparata kod fudbalera. Samo istraživanje ukazuju na značaj i potrebu da se standardizuju protokoli i konstruišu odgovarajući algoritmi za komparativnu sistematizaciju varijabli dobijenih specifičnim ispitivanjima izokinetičkom dinamometrijom kod ispitanika koji se bave timskim sportom sa loptom (fudbal, kosarka, rukomet i dr).
- Istraživanje je pokazalo visok stepen kriterijumske validnosti primene izokinetičke dinamometrije u evaluaciji snage mišića natkolenice i ukazalo na potrebu za daljim istraživanjem primene ove metode, kako u dijagnostici, tako i u preventivi i terapiji.
- Nedostatak ovog istraživačkog rada vezan je za bol u leđima, koji je procenjen na osnovu subjektivnog iskaza ispitanika, pomoću standardizovane već primenjivane skale bola, koju je definisao i opisao Roland. Postojala je svakako mogućnost provere bolnosti nekim kliničkim testovima, što bi ovom istraživanju dalo i klinički značaj, međutim to nije bio cilj samog istraživanja. Rezultati istraživanja potvrdili su aspekt koji se pokazuje u višegodišnjoj biomehantičkoj praksi, da bol koju sportista subjektivno oseća i procenjuje "ocenom bolnosti" na jednom mestu, u ovom slučaju bol u leđima, ima povezanost sa jednim mišićem ili mišićnom grupom natkolenice, u kinetičkom lancu pokreta, čime se potvrđuje činjenica da ljudsko telo funkcioniše kao celoviti sistem biomehantičkih poluga i kinetičkih lanaca, povezanih mišićima, mišićnim grupama i njihovim vezama.
- Dobijeni podaci poslužiće jednim delom kao deo monitoringa sportskog treninga, kao i efekata različitih trenažnih protokola na parametre mišićne snage kod fudbalera. Sportsko-

medicinski značaj na polju testiranja parametara mišićne snage izokinetičkom dinamometrijom se ogleda u prevenciji sportskih povreda ili u brznoj i efikasnoj dijagnostici i terapiji istih, što značajno utiče na ekonomski aspekt, s obzirom da je profesionalni sport postao visoko komercijalizovan.

11. LITERATURA

1. Aagaard Per. (2002). Neuromuscular aspect of eccentric muscle contraction in vivo evaluated by use of isokinetic dynamometry. *Isokinetics and Exercise Science*. 10: 9-10.
2. Akima, H., Takahashi, H., Kuno, SY., Masuda, K., Masuda, T., Shimojo, H., Anno, I. Itai Y., Katsuta, S. (1999). Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetics training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31 (4): 588-594.
3. Andrade, M.S., Cohen, M., Piccaro, I.C., Silva, A.C. (2002). Knee performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Isokinetics and Exercise Science*. 10: 81-86.
4. Babault, N., Pousson, M., Ballay, Y., Van Hoecke, J. (2001). Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. *Journal of Applied Physiology* 91(6): 2628-2634
5. .(Back pain/Back care. <http://scc.uchicago.edu/backpainbackcare.htm>).
6. Binet, J., Lehance, C., Vaderbroek, G., Bury, T., Croisier, JL.(2005). Isokinetic and functional muscle performances among football players: A transversal study. 13: 25-26
7. Brady, EC., Oregan, M., McCormak, B. (1993). Isokinetic assessment of uninjured soccer players. In *Science and Football*. London.Spon.
8. Brukner P., Khan K.(1993). *Clinical Sports Medicine*, McGraw-Hill Book Company, Sydney
9. Burkett, LN., Alvar, B., Irvin, J. (2000). Comparing isometric and isokinetic peakstrenght values using slow speeds ona Cybex 340 isokinetic dynamometer machine. *Isokinetics and Exercise Science*. 8: 213-215.
10. Burkett, LN., Alvar, B., Irvin, J. (2002). Determining the optimal knee angle for testing maximal isometric hamstring peak torque on an isokinetic dynamometer. *International sports Journal/Winter*. 171-175.
11. Capranica, L., Cama, G., Fanton, F., Tessitore, A., Figura, F. (1992). Force and power of preferred and nonpreferred leg in young soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 324: 358-363

12. Cardone, C., Menegassi, Z., Emygdio, R. (2004). Isokinetic assessment of muscle strength following anterior cruciate ligament reconstruction. *Isokinetic and Exercise Science*. 12: 173-177.
13. Charteris, J. (1999). Effects of velocity on upper to lower extremity muscular work and power output ratios of intercollegiate athletes. *Br.J.Sports Med*. 33 (4): 250-254.
14. Croisier, JL., Forthomme, B., Namurois, MH., Vanderthommen M., Crielaard, JM. (2002). Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *The American Journal of Sport Medicine*, Vol.30, no 2, p 122-203.
15. Croisier, JL., Voisin, P., Elbouz, L., Forthomme, B., Vanvelcenaher, J., Crielaard, J.M. (2003). The influence of the range of motion on the isokinetic performances of the knee flexors and extensors. *Isokinetics and Exercise Science*. 11: 63-64.
16. Davies, J.G. (1985). *Isokinetic. A compendium of Clinical usage. Workshop and Clinical Notes*. University of Wisconsin-La Crosse.
17. De Morton, N.A., Keating, J.L. (2002). The effect of preload on variability in dynamometric measurements of knee extension. *European Journal of Applied Physiology*. 86: 355-362
18. Dervišević, E., Hadžić, V., Karpljuk, D., Radjo, I. (2006). The influence of different ranges of motion testing on the isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings. *Isokinetics and Exercise Science*. 14: 269-278
19. Doder, D., Golik-Perić D., Babiak, J. (2008). Sportsmen isokinetic muscular training. 5th Internacional Scientific Conference on Kinesiology. *Kinesiology Research Trends and Applications*, 445-448, Zagreb, Croatia.
20. Drapšin, M. (2009). Ispitivanje validnosti izokinetičke dinamometrije pri evaluaciji snage mišića natkolence kod ispitanika sa oštećenjem prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, Novi Sad
21. Dvir, Z. (2002). Clinical application of the DEC parameter in assessing optimality of muscular effort: a report of 34 patients. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 81: 178-183.

22. Čolak, S. (1999). Specific isokinetic muscular power and the endurance of +Gz load in pilots of RV and PVO. Doktorska disertacija. Beograd: Vojnomedicinska Akademija.
23. Easy tech prima DOC (1993). Multi –joint, isokinetic dynamometer, user's manual. CEI EN 60601-1. CE 0434. Dostupno na e-mail: marketing@doc-easytech.it.
24. Gleeson, NP., Mercer, TH. (1996). The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports Medicine*. 21(1), 18-34.
25. Hasebe, K., Sairyo, K., Hada, Y., Dezawa, A., Okubo, Y., Kaneoka, K., Nakamura, Y. (2014). Spino-pelvic-rhythm with forward trunk bending in normal subjects without low back pain. *Eur. J Orthop. Surg. Traumatol. Suppl.* 1:S193-9.
26. Hasebe, K., Okubo, Y., Kaneoka, K., Takada, K., Suzuki, D., Sairyo, K. (2016). The effect of dynamic stretching on hamstrings flexibility with respect to the spino-pelvic rhythm. *J Med. Invest.* 2016;63(1-2):85-90.
27. Heitkamp H-C., Fleck, M., Mayer, F., Horstmann, T., Dickhuth, H-H. (2002). Balance training in male and female judokas: Gain in strength. *Isokinetics and Exercise Science*. 10: 64
28. Hill, A.M., Pramanik, S., McGregor, A.H. (2005). Isokinetic dynamometry in assessment of external and internal axial rotation strength of the shoulder: Comparison of two position. *Isokinetics and Exercise Science*. 13: 187-195
29. Howatson, G., Someren, K.A. (2005). The reproducibility of peak isometric torque and electromyography activity in unfamiliarised subject using isokinetic dynamometry on repeated days. *Isokinetics and Exercise Science*. 13: 103-109.
30. Iossifidou A.N., Baltzopoulos, V. (2000). Peak power assessment in isokinetic dynamometry. *European Journal of Applied Physiology*. 82: 158-160.
31. Jajić, I. (1984). Lumbalni bolni sindrom, Školska knjiga, Zagreb
32. Jarić, S., Radosavljević-Jarić, S., Johansson, H. (2002). Muscle force and muscle torque in humans require different methods when adjusting for differences in body size. *Journal of Applied Physiology*. 87: 304-307
33. Jovanović, S., Keros, P., Kargovska-Klisarova, A., Ruszkowski, I., Malobabić, S. (1989). Donji ekstremitet. Naučna knjiga i školska knjiga, Beograd-Zagreb. 71-100.

34. Jovović, V.(2008). Mehanički uzroci i posledice poremećaja statike lokomotornog aparata. Glasnik Antropološkog društva Srbije / Journal of the Anthropological Society of Serbia. Novi Sad, vol. 43, str 349-355, UDK 572(05), ISSN 1820-7536 .Filozofski fakultet, Nikšić
35. Kanehisa, H., Nagareda, H., Kawakami, Y., Akima, H., Masani, K., Kouzaki, M., Fukunaga, T. (2002). Effect of equivolume isometric training programs comprising medium or high resistance on muscle size and strength. European Journal of Applied Physiology. 87: 112-119.
36. Kannus, P., Jarvinen, M. (1987). Long-term prognosis of conservatively treated acute knee ligament injuries in competitive and spare time sportsmen. International Journal of Sport Medicine. 8 (5): 348-351
37. Keays, Sl., Bullock – Saxton, J., Keays, AC, (2000). Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstructions. Clin. Orthop. Rel. Res. (373): 174-183
38. Keller, A., Johansen, J. Hellesnes, J., Brox, J. (1999). Predictors of Isokinetic Back Muscle Strength in Patients With Low Back Pain. Spine, Vol 24, Issue 3, p 275-280. US National Library of Medicine National Institutes of Health.
39. Kellis, E., Baltzopoulos, V. (1999). The effects of the antagonist muscle force on intersegmental loading during isokinetic efforts of knee extensors. J.Biomech.32(1):19-25.
40. Kellis, E. (2003). Antagonist moment of force during maximal knee extension in pubertal boys: effect of quadriceps fatigue. European Journal of Applied Physiology. 89: 271-280.
41. Kin-İsler, A., Ariburun, B., Ozkan, A., Aytar, A., Tandogan, R. (2008). The relationship between anaerobic performance, muscle strength and sprint ability in American football players. Journal Isokinetics and Exercise Science. 16(2): 87-92.
42. Kotzamanidis, C. (2004). Are the antagonist muscles fatigued during a fatigue task of agonist muscles? Isokinetics and Exercise Science. 12: 167-171
43. Kostuik JP, Harrington I, Alexander D. (1986). Cauda equina syndrome and lumbar disc herniation. J Bone Joint Surg [Am] Mar; 68(3): 386-91
44. Kupalja, S. (2005). Bolna križa-što otkrivaju izokinetički testovi. Vaše zdravlje. Godina VIII, broj 44 (10/05). Sa Web sajta: <http://www.vasezdravlje.com/izdanje/clanak/762/>

45. Kvalja, S., Desnica-Bakrač, N., Jurić-Šolto, G., Šučur, Ž., Gnjidić, Ž. (2002). Isokinetic diagnostics in patients with low back pain. *Internacionalni Kongres Neurokirurškog društva*. Zagreb
46. Lacerte, M., DeLateur, B.J., Alquist, A.D., Questad, K.A.(1992). Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. *Arch. Phys. Med. rehabil.* 73 (11), 1059-1062
47. Lee, JH., Hoshino, Y., Nakamura, K., Kariya, Y., Saita, K. Ito, K. (1999). Trunk Muscle Weakness as a Risk Factor for Low Back Pain: A 5-Year Prospective Study. *Spine*, Vol.24, Issue 1, p 54-57. US National Library of Medicine National Institutes of Health
48. Lindstrom, B., Karlsson, J.S., Lexell, J. (2006). Isokinetic torque and surface electromyography during fatiguing muscle contraction in young and older men and women. *Isokinetics and Exercise Science*. 14: 225-234.
49. Lord, J.P., Aitkens, S.G., McCrory, M.A., Bemauer, E.M. (1992). Isometric and isokinetic measurement of hamstring and quadriceps strength. *Arc. Phys. Med. rehab.* 73(11), 324-330
50. Vujasinović-Stupar, N., Branković, S., Josifović, N., Iriški, V., Mijačić, Z. (2004). Lumbalni sindrom. Nacionalni vodič za lekare u primarnoj zdravstvenoj zaštiti. Republička stručna komisija za izradu i implementaciju vodiča u kliničkoj praksi. Ministarstvo zdravlja Republike Srbije. Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu
51. Madsen, O.R. (1996). Torque, total work, power, torque acceleration energy and acceleration time assessed on a dynamometer: reliability of knee and elbow extensor and flexor strength measurements. *Eur. J. Appl. physiol.* 74, 206-10
52. Mameletzi, D., Siatras, Th., Tsalis, G., Kelis, S. (2003). The relationship between lean body mass and isokinetic peak torque of knee extension and flexors in young male and female swimmers. *Isokinetics and Exercise Science*. 11: 159-163
53. Mayer, TG., Gatchel, RJ., Kishino, N.(1985). Objective assessment of spine function following industrial injury. A prospective study with comparison group and one-year follow-up. *Spine*; 10(6): 482-93.)
54. Medved, R.(1979). *Sportska medicina*, Jugoslavenska medicinska naklada, Zagreb

55. Muyor, JM., López-Miñarro, PA., Casimiro, AJ. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2012;25(3):161-9.
56. Nachemson AL, Jonsson EJ.(2000) Neck and Back Pain. The Scientific Evidence of Causes, Diagnoses and Treatment. Philadelphia, Lippincott 241-304
57. Nachemson, A.(1966). The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clin Orthop*; 45:107–22
58. Nachemson, A.(1992). Lumbar mechanics as revealed by lumbar intradiscal pressure measurements. In: Jayson MIV, ed. *The Lumbar Spine and Back Pain.* 4th ed.Churchill Livingstone: 381–396
59. Nachemson, A., Elfstrom, G.(1970). Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. A study of common movements, maneuvers and exercises. *Scand J Rehabil Med Suppl*; 1:1– 40.
60. Narici, M.V., Hoppeler, H., Kayser, B., Landoni, L., Claassen, H.,Gavardi, C., Conti.M., Cereetelli, P.(1996). Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 month strength training. *Acta physiologica scandinavica.* 157, 175-186 (1 p.1/2).
61. Norwood, L.A., Cross, M.J. (1979). Anterior crutiate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *American Journal of Sports Medicine.* 7: 23.
62. Okamoto, T., Masuhara, M., Ikuta, K. (2004). The effect of eccentric contraction velocity on quadriceps oxygen dynamics. *Isokinetics and Exercise Science.* 12: 105-109.
63. Olmo, J., Castilla, N. (2005). Explosive strength-related isokinetic parameters in high-level sprinters and long distance runners. The ralative power index. *Isokinetics and Exercise Science.*13: 243-249.
64. Olmo, J., Lopez-Illescas, A., Martin, I., Rodriguez, L.P. (2006). Knee flexion strength and H/Q ratio in high-level track and field athletes. *Isokinetics and Exercise Science.* 14: 279-289.
65. Osternig, LJ., Corcos, HD., Lander, J. (1984). Electromyographic patterns accompanyg isokinetic exercise under varzing conditions. *American Journal of Physical Medicine.* 63: 289-297.

66. Panjabi, M., White, AAD.(1971). A mathematical approach for three-dimensional analysis of the mechanics of the spine. *J Biomech*; 4:203–11.
67. Papadopoulos, G., Siatras, Th., Kellis, S. (2005). The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. *Isokinetics and Exercise Science*. 13: 285-291.
68. Papadopoulos, EC., Khan, SN. (2004). Piriformis syndrome and low back pain: a new classification and review of the literature. *Orthop Clin North Am*. 35(1):65-71.
69. Perić, D. (2000). Projektovanje i elaboriranje istraživanja u fizičkoj kulturi. *Metodologija* 3. Monografija. Beograd
70. Perrin, D.H., (1993). Isokinetic Exercise and Assessment. *Human Kinetics*
71. PRODIGY Guidance- Back pain-lower. Sa web sajta: <http://www.prodigy.nhs.uk/guidance.asp?gt=back%20pain%20-%20lower>
72. Radivojević, S. (1975). Zglob kolena. U Radivojević, S. *Anatomija-noga*. Naučna knjiga, Beograd. 9-19.
73. Rakić, C. (1979). *Sportska traumatologija*. Beograd
74. Rissanen, A., Kalimo, H., Alaranta, H. (1995). Effect of Intensive Training on the Isokinetic Strength and Structure of Lumbar Muscles in Patients With Chronic Low Back Pain. *Spine*, Vol.20, Issue 3. US National Library of Medicine National Institutes of Health
75. Rodrigue, T., Hardy, RW. (2001). Diagnosis and treatment of piriformis syndrome. *Neurosurg Clin N Am*. 12(2):311-9.
76. Roland, M., Morris, R.(1983). 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*; 8(2): 141–144
77. Rowe, ML. Low back pain in industry. A position paper. *J Occup Med* 1969; 11(4): 161-9
78. Ryschon, T.W., Fowler, M.D., Wsong, R.E., Anthony, A.R. Balaban R.S. (1997). Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric and eccentric muscle action. *Journal of Applied Physiology*. 83(3): 867-874

79. Schlumberger, A., Laube, W., Bruhn, S., Herbeck, B., Dahlinger, M., Fenkart, G., Schmidtbleicher, D., Mayer, F. (2006). Muscle imbalances – fact or fiction? *Isokinetics i Exercise Science*. 1(14), 3-11
80. Schuermans, J., Van Tiggelen, D., Danneels, L., Witvrouw E. (2014). Biceps femoris and semitendinosus—teammates or competitors? New insights into hamstring injury mechanisms in male football players: a muscle functional MRI study. *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 48, Issue 22.
81. Simank, H.G., Graf, J., Schneider, U., Fromm, B., Niethard, F.U. (1995). Demonstration of the blood supply of human cruciate ligaments using the plastination method. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 133(1): 39-42
82. Smith, DJ., Quinney, HA., Wenger, HA. (1981) Isokinetic torque output of professional and amateur ice hockey players. *Journal of Orthopaedic and Sport Physical Therapy*. 3: 42-47
83. Stanković, A. (2000). Dijagnoza i terapija lumbalne segmentne nestabilnosti kod pacijenata sa hroničnim bolnim lumbalnim sindromom. *Klinika za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju*. Klinički Centar Niš.
84. Stefanović, N., Antić, S., Pavlović, S. (2002). *Anatomija donjeg ekstremiteta*. Autori. Niš
85. Sykaras, E., Mylonas, A., Malliaropoulos, N., Zakas, A., Papacostas, E. (2003). Manual massage effect in knee extensors peak torque during short-term intense continuous concentric-eccentric isokinetic exercise in female elite athletes. *Isokinetics and Exercise Science*. 11: 153-157.
86. Tang, WT., Shung, HM., (2005). Relationship between isokinetic strength and shooting accuracy at different shooting ranges in Taiwanese elite high school basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*. 13: 169-174.
87. Takai, S., Woo, S.L., Livesay G.A., Adams, D.J., Fu, F.H., (1993). Determination of the situ loads on the human anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopedic Research*. 11(5): 686-695
88. Taylor, DC., Dalton, JD Jr., Seaber, AV., Garrett, WE Jr. (1990). Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. *American Journal of Sports Medicine*. May-Jun 1990;18(3):300-9.

89. Thorstensson, A. Arvidson, A. (1982). Trunk muscle strenght and low back pain. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 14(2):69-75
90. Trošt, T., Petrinović-Zekan, L. (2006). Izokinetika u funkciji kvalitete kineziterapijskog programa. II Zbornik radova 15.ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske/Findak, V., Delija, K., urednici. Zagreb: Hrvatski Kineziološki savez, 356-361.
91. Trošt, T., Šimek, S.(2003) Kineziterapija lumbalnog bolnog sindroma kod sportaša. II Zbornik radova 12.ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Rovinj. Zagreb: Hrvatski Kineziološki savez, 251-254.
92. Tsiganos, Kalamvoki, Smirniotis (2008). Effect of the chronically unstable ankle on knee joint position sense. Journal Isokinetics and Exercise Sciense. 16(2): 75-79.
93. Veloso, A., Armada da Silva, P., Abrantes, J. (2002). Differences between inverse dynamic and maximal isometric moments of force for the knee and ankle joints on elite sprinters. Isokinetics and Exercise Science. 10: 67-68.
94. Von Korff, M., Deyo, RA., Cherkin, D.(1993). Back pain in primary care. Outcomes at 1 year. Spine, Jun 1; 18(7): 855-862.
95. Vukićević, S., Pećina, M., Vukićević, D. (1982). Biomehanika koljenskog zgloba. U: Pećina, M. Koljeno. Zagreb: Jumena. 17-45.
96. Yeefun, S., Hirunrat, S., Chentanez, T., Gaogasigam, C. (2002). Hamstring to quadriceps strenght ratio in Mahidol University soccer players. Journal of Health Science. 5: 681-692
97. Yoga, sa web sajta: (<http://www.dailybandha.com>)
98. Waddell, G.(1998). The Back Pain Revolution. Edinburgh, Churchill-Livingstone, 155-262
99. Weiser, S.(1997). Psychosocial aspects of occupational musculoskeletal diorders; in Nordin, M., Andersson, GBJ., Pope, M. (eds): Musculoskeletal Disorders in the Workplace: Principles and Practice. Philadelphia, Mosby, 52-61.
100. Wirth, K., Schmidtbleicher, D. (2002) The development of 1 repetition maximum (1RM) depending on the training frequency during a hypertrophy training program with high performance athletes. Isokinetics and Exercise Science. 10: 58-59.
101. Wikipedia, sa web sajta (<https://sr.wikipedia.org/sr>)

102. Woods, C., Hawkins, RD., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38: 36-41
103. Zec, Ž. (1984). *Osnovi kineziologije*, Viša medicinska škola Beograd
104. Žugaj, M.(2003). Internet, www.zdravljeizivot.com

12. PRILOZI

12.1. Prilog liste skraćenica

12.1.1. Antropometrijske

TELM - telesna masa

TELV - telesna visina

12.1.2. Dinamometrijske

Ekstdes/kg - Maksimalni moment sile ekstenzora desnog kolena u odnosu na telesnu masu

Ekstlev/kg - Maksimalni moment sile ekstenzora levog kolena u odnosu na telesnu masu

Flksdes/kg - Maksimalni moment sile fleksora desnog kolena u odnosu na telesnu masu

Flkslev/kg - Maksimalni moment sile fleksora levog kolena u odnosu na telesnu masu

Ekstdis/kg - Deficit maksimalnog momenta sile ekstenzora kolena u odnosu na telesnu masu

Flksdis/kg - Deficit maksimalnog momenta sile fleksora kolena u odnosu na telesnu masu

Maksekstdes - Maksimalna snaga ekstenzora desnog kolena

Maksekstlev - Maksimalna snaga ekstenzora levog kolena

Maksflksdes - Maksimalna snaga fleksora desnog kolena

Maksflkslev - Maksimalna snaga fleksora levog kolena

Ag/antdes - Odnos sile agonista i antagonista desne noge

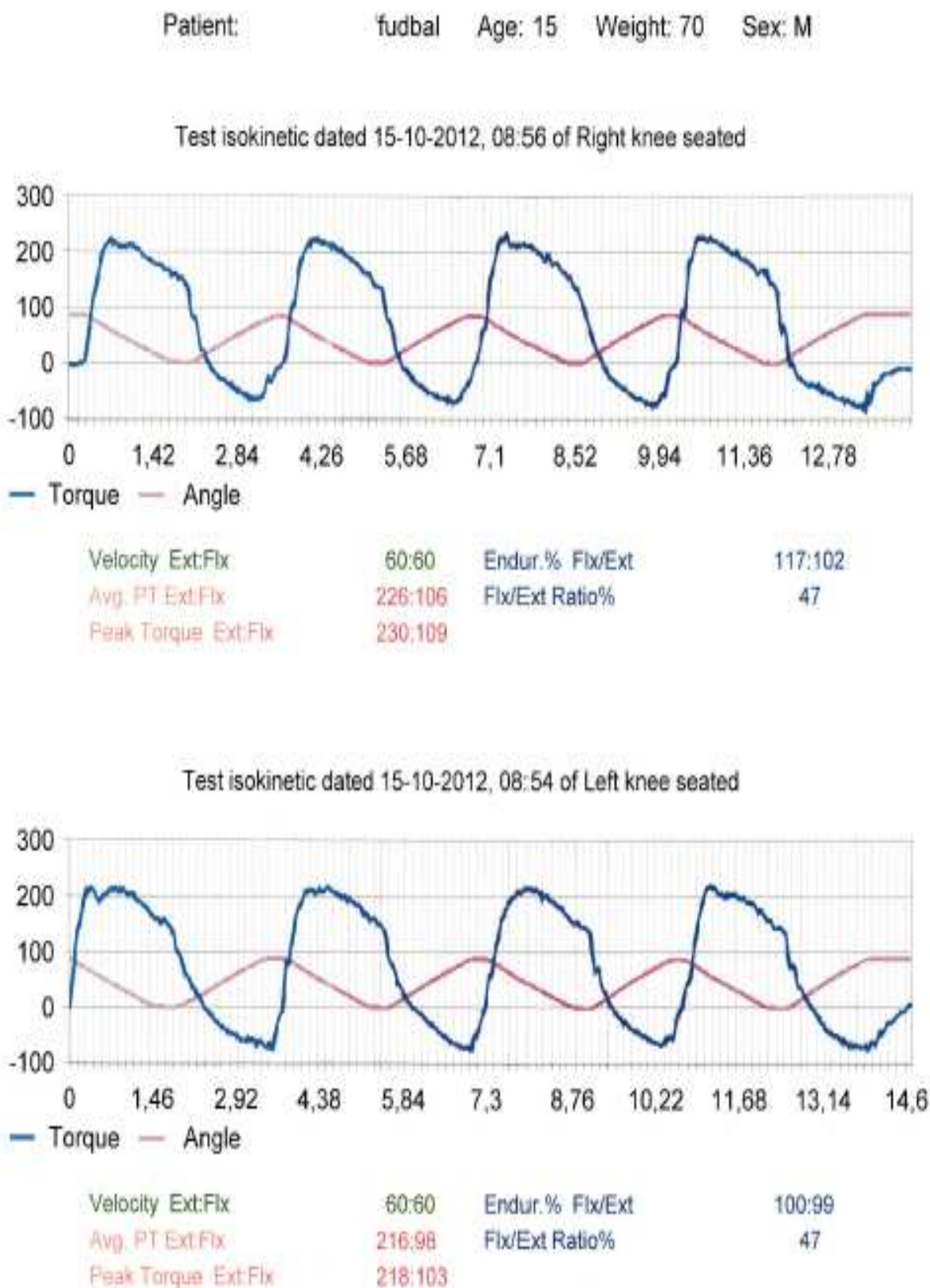
Ag/antlev - Odnos sile agonista i antagonista leve noge

12.2. Slikovni prilog

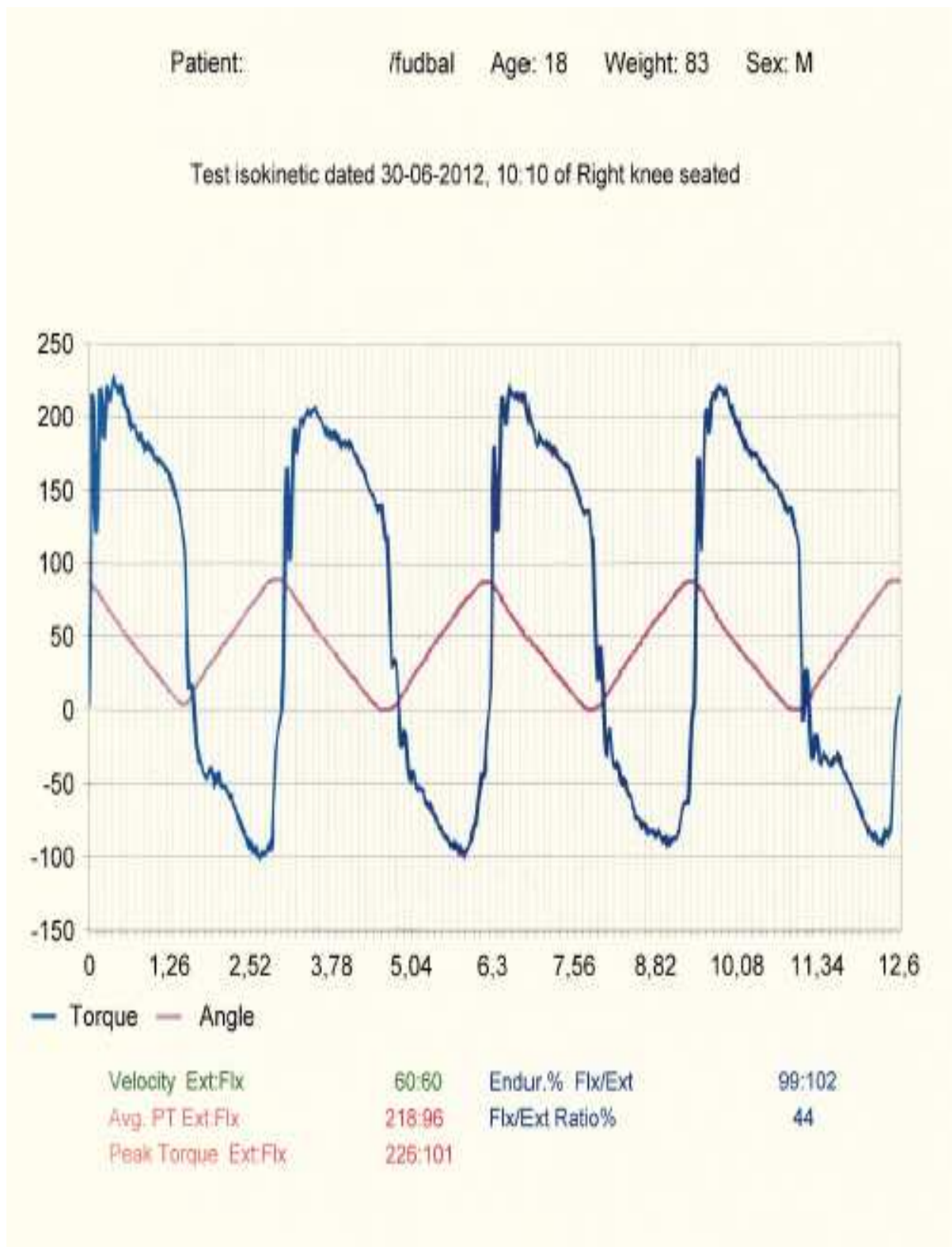
Slika1. Prikaz testa izokinetičke dinamometrije kolenog zgloba

Patient: /fudbal Age: 18 Weight: 83 Sex: M				
1) 30.6.2012 10:12:19: test isokinetic of Right knee - Seated, 4 Rep				
2) 30.6.2012 10:04:42: test isokinetic of Left knee - Seated, 4 Rep				
	(1) Ext : Flx	(2) Ext : Flx	Diff. Ext : Flx	% Diff Ext : Flx
Velocity	60 : 60	60 : 60	0 : 0	0 : 0
Peak Torque	272 : 117	287 : 149	15 : 32	5 : 27
PkTrq/Weight (%)	328 : 141	346 : 180	18 : 39	5 : 27
Angle @ PkTrq	84 : 58	63 : 3	-21 : -55	-25 : -94
Max. Power	375 : 178	354 : 120	-21 : -58	-5 : -32
Max Work x Rep.	271 : 145	338 : 66	67 : -79	24 : -54
Avg Work x Rep.	242 : 115	320 : 61	78 : -54	32 : -46
Total Work	969 : 460	1278 : 245	309 : -215	31 : -46
Endur. Index %	108 : 75	101 : 102	-7 : 27	-6 : 36
Flx/Ext Ratio%	43	51	8	18

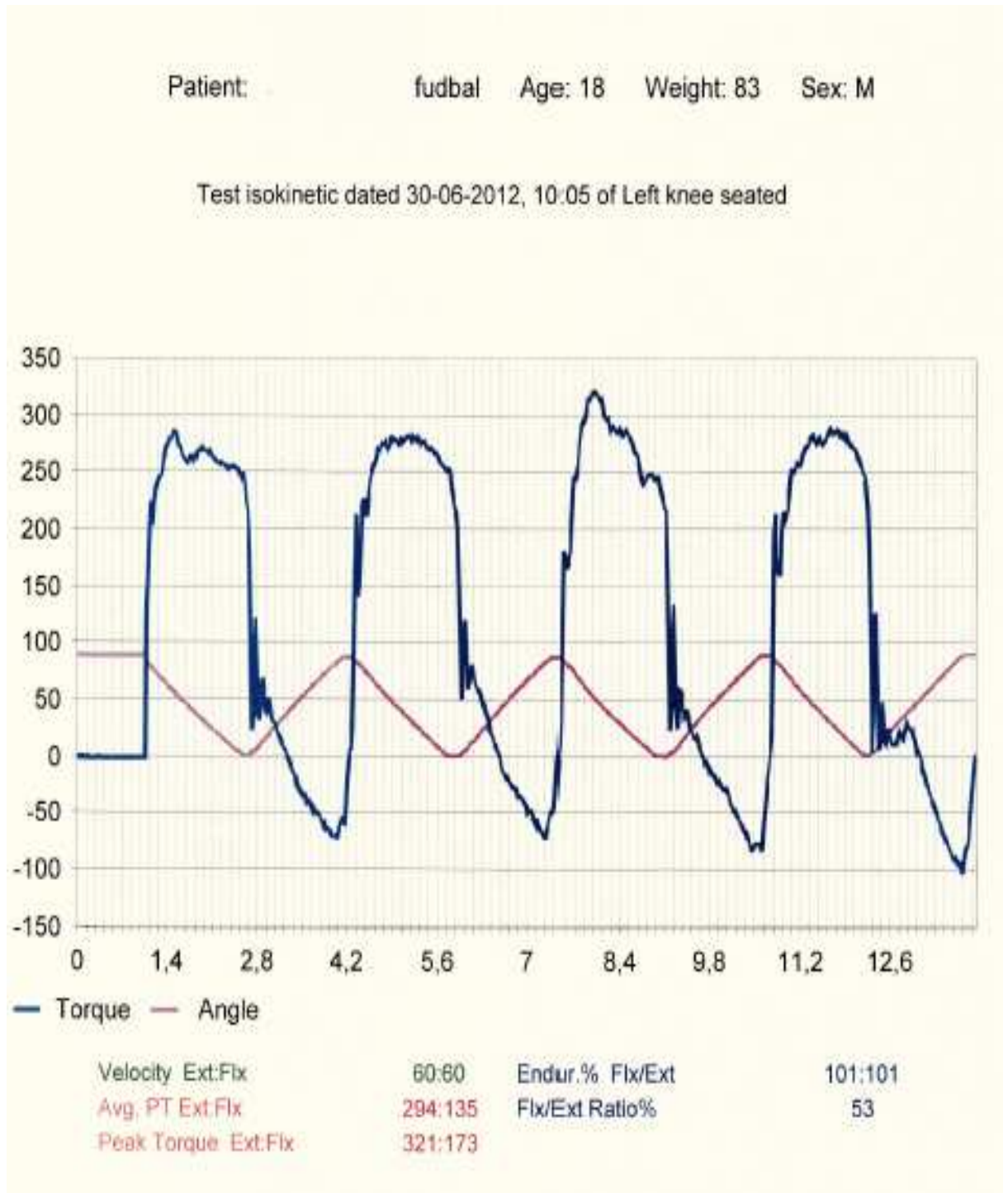
Slika 2. Prikaz zapisa grafikona izokinetičke dinamometrije desnog i levog kolena



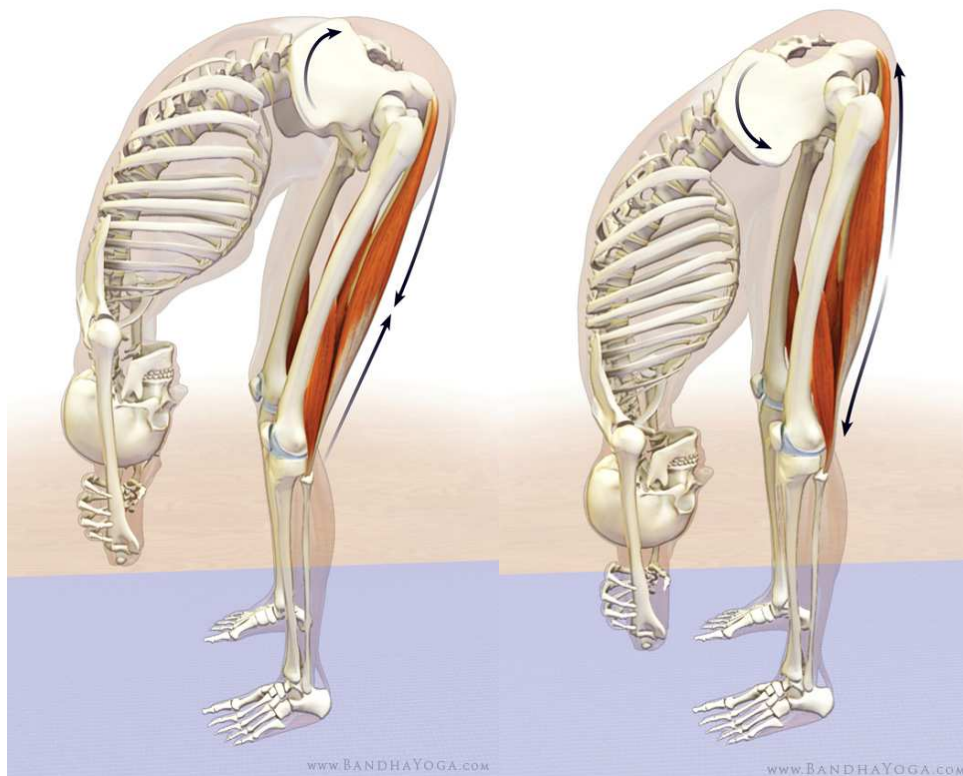
Slika 3. Prikaz zapisa grafikona izokinetičke dinamometrije desnog kolena



Slika 4. Prikaz zapisa grafikona izokinetičke dinamometrije levog kolena



**Slika 5. A: zadnja loža skraćena ili zategnuta,
B: zadnja loža fleksibilna**



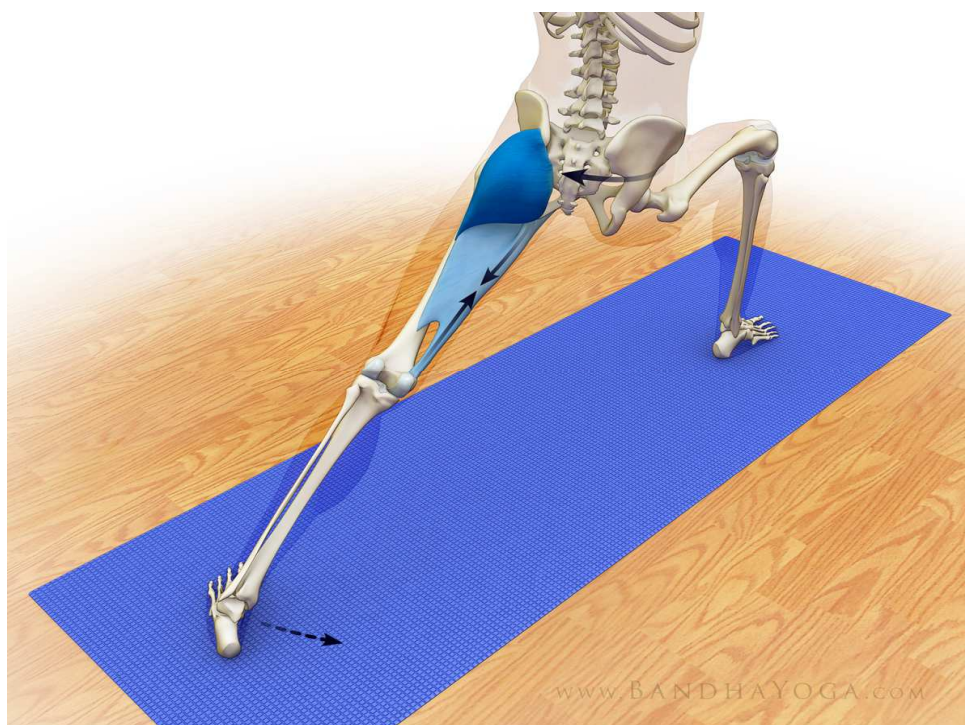
A: Zategnuta ili skraćena zadnja loža vodi karlicu u retroverziju i povezan pokret lumbalne kičme u fleksiju. Ovo je lumbalno-pelvični ritam.

B: Fleksibilna zadnja loža - povlači ischial tuberosities istežanjem zadnje lože i omogućava da se karlica zakrene unapred u anteverziju. Ovo je femoralno-pelvični ritam. (<http://www.dailybandha.com>)

Slika 6. Vežba-istežanje m.psoas majora i m.iliopsoasa (<http://www.dailybandha.com>)



Slika 7. Vežba za otvaranje prednjeg dela karlice (<http://www.dailybandha.com>)



Opis: Ako se kao u prikazanoj pozi, izvrši pritisak zadnje noge u prostirku i pokuša da se povuče prema srednjoj liniji (adukcija), karlica će se okrenuti napred uklapajući se u "kvadrat" sa prednjom nogom. Ovime se angažuje m.adduktor magnus.

Zadnja noga je u ekstenziji. Glavni mišić pokretač za ovu akciju je m.gluteus maximus. Jedan od sinergista za produženje kuka je m.adductor magnus. Pokušaj da se noga

privuče prema srednjoj liniji obavlja ovaj mišić. Noga ostaje priljubljena za strunjaču i ne pomera se, međutim, sila angažovanja m.adductor magnusa smanjuje ugao između femura i karlice, kao što je prikazano. Rezultat toga je da se karlica zakreće (umesto pokreta stopala). Pored toga, kuk se efikasnije isteže. Sve ovo stvara karakteristično otvaranje u prednjem delu karlice koje zateže fleksore kuka, uključujući i psoas.

Slika 8. Vežba - Istezanje mišića karlice agonisti (plava) i antagonisti (crvena)
(<http://www.dailybandha.com>)



Slika 9. Vežba - istezanje m.piriformisa (<http://www.dailybandha.com>)

