

Pregledni članak

MOGUĆNOSTI PRIMENE NEUROCOM BALANCE MASTER PLATFORME ZA PROCENU BALANSA NAKON POVREDE KOLENA

UDK 616.728.3-001-085.825

Marija Trajkov¹

Visoka zdravstvena škola strukovnih studija, Beograd, Srbija

Nenad Nedović

Visoka zdravstvena škola strukovnih studija, Beograd, Srbija

Ljiljana Šimpraga

Medicinska škola „Beograd“, Beograd, Srbija

Apstrakt: Zbog svoje kompleksne i suptilne građe zglob kolena je manje otporan na dejstvo spoljnih faktora, pa se u sportu često dešavaju njegove povrede. Povrede zgloba kolena dovode do mehaničke i funkcionalne nestabilnosti. U poslednje vreme došlo je do značajnog razvoja inovacija u dijagnostici, neoperativnom i hirurškom lečenju povreda i oboljenja kolena. Tehnološki napredak je omogućio objektivno procenjivanje primenom kompjuterizovane tehnike u vidu kineziometrijskih platformi. Mogućnosti primene ovih sistema u sportu su vrlo značajne, naročito u proceni nakon povreda, u evaluaciji i komparaciji tretmana, ali i za predviđanje povreda donjih ekstremiteta i mogućeg rizika od pada.

Cilj rada je da se, uvidom u dostupnu literaturu, izvrši revijalni pregled istraživanja, u kojima je kao instrument istraživanja korišćena Neurokom Balance Master kineziometrijska platforma i utvrdi mogućnost njene kliničke primene nakon povrede zgloba kolena.

Dostupna literatura pregledana je pretragom elektronskih baza podataka (EBSCO Medline, EBSCO host, ScienceDirekt, ProQuest) koji su dostupni preko Konzorcijuma biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku (KoBSON).

Ključne reči: *povreda kolena, posturalna stabilnost, procena balansa, Neurocom Balance Master*

¹ ✉ www.fizioterapija.rs@gmail.com

UVOD

Funkcija donjih ekstremiteta je da nose i prihvataju težinu tela pri stajanju, hodu, trčanju i nošenju tereta tokom dnevnih, profesionalnih i sportskih aktivnosti. Donji ekstremiteti su više izloženi povredama u odnosu na gornje. U sportu, koleno i skočni zglob su najizloženiji povredama. Zbog svoje kompleksnosti i suptilne građe, zglob kolena je nezaštićen i slabo otporan prema egzogenim faktorima. Do današnjih dana, anatomske oblike i struktura zglobova kolena ostaju predmet najintenzivnijih morfoloških proučavanja i biomehaničkih studija.

Povrede zglobova kolena su česte kod mladih osoba i dovode do mehaničke i funkcionalne nestabilnosti. Povreda prednjeg ukrštenog ligamenta (ACL) je najučestalija i čini 50% svih povreda kolena. Javlja se kod zdravih i fizički aktivnih osoba, a naročito kod sportista. Pored akutnih simptoma, bola i otoka, to je povreda koja dovodi do rotacione nestabilnosti kolena i koja ometa funkciju donjeg ekstremiteta (Nakamura et al., 2011). Incidenca povrede ACL u populaciji iznosi između 32 i 70 na 100.000 ljudi godišnje, dok se taj broj kod sportista, naročito fudbalera, kreće između 500 i 8500 (Walden et al., 2011). Pored povrede prednjeg ukrštenog ligamenta, često dolazi do povreda i ostalih ligamenata i mekih struktura, zatim povreda meniskusa, sublukacije i dislokacije kolena kao i preloma čašice.

Nakon povrede zglobova kolena glavni cilj rehabilitacije je poboljšanje dinamičke stabilnosti i vraćanje funkcije. U poslednje vreme došlo je do značajnog razvoja inovacija u dijagnostici, neoperativnom i hiruškom lečenju povreda i oboljenja kolena. Paralelno se razvija i metodologija funkcionalne dijagnostike, fizikalne terapije, kineziterapije i rehabilitacije. Rehabilitacija podrazumeva brzu i preciznu procenu funkcionalnosti kolena i primenu odgovarajućeg tretmana. Klinička evaluacija povrede kolena podrazumeva istoriju povrede i fizički pregled, koji otkriva funkcionalni integritet povređenih struktura. Fizički pregled kolena počinje sa opservacijom i analizom statičke i dinamičke posture i uočavanjem abnormalnosti i asimetrije hoda. Za procenu posturalne stabilnosti (balansa) nakon povrede kolena može se primeniti subjektivna i objektivna procena. Subjektivna procena posturalne stabilnosti podrazumeva ispitivanje statičkog i dinamičkog balansa primenom standardizovanih testova, kao što su *Single-leg balance test* (Ross et al., 2008), *Star Excursion Balance Test* (Riemann and Schmitz, 2012), *Multiple Single-Leg Hope Stabilization test* (Riemann et al., 1999) itd.

Tehnološki napredak je omogućio da se balans može objektivno proceniti primenom kompjuterizovane tehnike u vidu kineziometrijskih platformi. Ovi sistemi obezbeđuju lak i praktičan metod za kvantitativnu procenu balansa kroz analizu posturalnog njihanja (Guskiewicz & Perrin, 1996). Mogućnosti primene ovih sistema u sportu su vrlo značajne, naročito u proceni sportista nakon povreda, u evaluaciji i komparaciji tretmana, ali i za

predviđanje povreda donjeg ekstremiteta i rizika od pada. U cilju objektivne procene statičke stabilnosti često se koriste sledeći sistemi: Chattecx Balance System, Force Plate, Pro Balance Master, Smart Balance Master. Za ispitivanje dinamičke stabilnosti u upotrebi su Biodex Stability System, Chattecx Balance System, Kinesthetic Ability Trainer i Neurocom Balance Master.

Neurocom Balance Master kineziometrijska platforma je razvila sofisticirane sisteme sa proširenom dijangostikom i mogućnostima treninga za poboljšanje posturalne stabilnosti. Ona omogućava objektivno registrovanje podataka o postojanju senzornih i motornih disfunkcija, prateći parametre uz konstantni prikaz projekcije težišta tela putem kursora na monitoru. Kineziometrijska platforma se sastoji iz sledećih elemenata: softverskog sistema, senzorne platforme, dodatnih drvenih i sunderastih elemenata i zaštitne ograde. Senzori ugrađeni u platformu registruju i mere intenzitet vertikalnih sila prenetih preko stopala. Platforma obezbeđuje izuzetno precizne rezultate kod ispitanika čija je masa između 18 i 136 kg. Kompjuterizovana analiza funkcionalne kontrole ravnoteže ispitanika zasniva se na primeni široke lepeze testova u stojećem i sedećem položaju. Rezultati nakon testiranja prikazuju se grafički i numerički. Platforma obezbeđuje i senzornu i voljnu motornu kontrolu stabilnosti sa vizulnim povratnim informacijama. Osnovni set testova čine: Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (*mCTSIB*) - modifikacija originalnog kliničkog testa senzorne interakcije u balansu; Unilateral Stance (*US*) - test oslonca na jednu nogu; Limits of stability (*LOS*) - test granice – limita stabilnosti; Rhythmic Weight Shift (*RWS*) - test ritmičkog pomeranja težišta; Step Quick Turn (*SQT*) – test korak i brzi okret; Tandem Walk (*TW*) – tandem hod kao i Walk Across (*WA*) – test hoda preko platforme (*NeuroCom International Inc*).

PREGLED ISTRAŽIVANJA

U rehabilitaciji sportista nakon povrede kolena, naročito prednjeg ukrštenog ligamenta, pored procene snage i pokretljivosti zgloba, sve više se obraća pažnja na propriocepciju (Lephart et al. 1997). Promene u propriocepciji mogu nastati usled povrede ACL i oštećenja mehanoreceptora u samim ligamentima, a kao posledica toga može se smanjiti ili izgubiti funkcija odašiljanja aferentnih impulsa. Takođe, receptori u samim mišićima nakon povrede mogu izazvati promene u propriocepciji (Kennedy et al. 1982). Zato je u proceni funkcionalnosti zgloba kolena, pored mišićne snage i pokretljivosti, važno proceniti i posturalnu stabilnost. U tu svrhu može se primeniti Neurocom Balance Master kineziometrijska platforma.

Tako Chmielewski i saradnici (2002) u svom istraživanju koriste platformu u kliničkoj proceni osoba nakon hirurški sanirane povrede ACL,

prosečne starosti 25 godina. Ispitanici su bili podeljeni u tri grupe. Prvu, kontrolnu grupu je činilo 85 ispitanika (44 muškaraca i 41 žena) koji u svojoj istoriji nisu imali povrede ili oboljenja donjeg dela leđa i donjih ekstremiteta. Drugu, eksperimentalnu grupu je činilo 10 ispitanika (7 muškaraca i 3 žene) sa kompletnom jednostranom rupturom (potvrđenom magnetnom rezonancom) prednjeg ukrštenog ligamenta (ACL D grupa), klasifikovani kao grupa ispitanika sa nestabilnim kolonom. Treću grupu (ACL R), činilo je 10 ispitanika (2 muškarca i 8 žena), kojima je urađena hirurška rekonstrukcija ligamenta, a svi ispitanici nakon rekonstrukcije su bili pod fizikalnom terapijom. Testiranje je vršeno nakon prve, šeste i dvanaeste postoperativne nedelje.

Za procenu posturalne stabilnosti (balansa) autori su koristili četiri testa Neurocom Balance Master platforme. Prvi korišćeni test je *Weight Bearing Squat (WBS)* – test opterećenja u čučnju. Od ispitanika se zahtevalo da podjednako rasporede težinu na obe noge dok uspravno stoje u nekoliko različitih pozicija kolena. Procena opterećenja nogu (izražena u procentima) izmerena je kada su kolena bila u nultom položaju 0° (opružena kolena), zatim u položaju kada su kolena bila savijena pod uglom od 30° , 60° i 90° . Između svakog pokušaja ispitanici su imali 10 sekundi odmora. U uspravnom stojećem položaju kolena i kukovi su relativno rasterećeni. Povećanjem dubine čučnja dolazi do većeg opterećenja kolena i kukova, što čini ove pozicije mnogo senzitivnijim za otkrivanje abnormalnosti oslonca kod muskuloskeletnih promena donjih ekstremiteta. Procenat težine koju nosi noga u radu je prikazan numerički, a izmereni parametri su dati za svaku nogu i za svaku poziciju zasebno.

Drugi test koji je korišćen u ovom istraživanju je *Unilateral Stance (US)* - test oslonca na jednu nogu, koji određuje brzinu posturalnog njihanja kada ispitanik stoji na desnoj ili levoj nozi, sa otvorenim očima. Ispitanicima je dat zadatak da testiranu nogu saviju u kolenu za 20° , a zatim na znak ispitivača prebace težinu na nju i pokušaju da održe ravnotežu bez pridržavanja. Dužina trajanja svake probe iznosila je 10 sekundi, a ispitanici su tri puta ponovili test za svaku nogu, sa pauzom od 10 sekundi između svake probe. Posmatrani parametar u ovom testu bio je brzina posturalnog njihanja težišta (*Mean COG Sway Velocity*) koja prikazuje stabilnost težišta dok ispitanik stoji nezavisno na svakoj nozi sa otvorenim očima, izražen u stepenima po sekundi (deg/sec).

Test promene položaja „sedni i ustani test“ (*Sit to Stand test (STS)*) autori su koristili za procenu kontrole pomeranja težišta prilikom promene položaja iz sedećeg u stojeći. Ispitanicima je dat nalog da iz sedećeg položaja ustanu i zadrže stojeći položaj (10 sekundi u kontrolnoj grupi i 30 sekundi u eksperimentalnoj grupi). Ispitanici su sedeli na drvenoj klupi sa flekiranim nogama od 100° u kolenu i 90° u kuku, sa jednako raspoređenom težinom na oba stopala. Posmatrani parametri u ovom testu bili su *Rising Index (RI)*

– indeks podizanja meren u procentima, koji predstavlja silu koju vrše noge u fazi uspravljanja i *Cog Sway Velocity (CSV)* – kontrola težišta iznad baze oslonca u toku transfera, kao i 10 i 30 sekundi nakon toga izražena u stepenima po sekundi (deg/sec). Ispitanici su test ponovili tri puta.

Četvrti test koji su autori sprovedeli bio je *Step Up/Over (SUO)* „test korak gore i preko“. Ovim testom se utvrđuju karakteristike motorne kontrole tokom iskoraka na prepreku jednim stopalom, a zatim podizanje tela, zauzimanje i održavanje uspravnog stava na prepreci, prebacivanje druge noge preko prepreke i najzad spuštanje tela osloncem drugog stopala o podlogu. Za ovaj test autori su koristili drvenu klupu visine 30 cm i zadržavanje u poziciji nakon preskoka od 5 sekundi. Ispitanici su test ponovili tri puta, sa 10 sekundi odmora između svake probe. Procenjena su dva parametra iz ovog testa, a to su *Movement Time* (vreme u sekundama potrebno da se izvrši manevar, počevši od inicijalnog podizanja zadnje noge od podloge i završava se kontaktom te iste noge sa podlogom ispred prepreke) i *Impact Index* (maksimalna vertikalna udarna sila, tokom kontakta slobodne noge sa podlogom, izražena u procentima od telesne mase).

Pored ispitivanja posturalne stabilnosti u istraživanju je sproveden test maksimalne voljne izometrijske sile (*MVIC test*) za procenu mišićne snage (*m.quadriceps femoris*) i dve skale za samoprocenu funkcionalnosti u toku izvođenja svakodnevnih životnih aktivnosti (*The Activities of Daily Living Scale (ADLS)* i *Global Rating scale*).

Glavna pretpostavka ovog istraživanja odnosila se na promene svih ispitivanih parametara posturalne stabilnosti u odnosu na mišćnu snagu *m. quadriceps femoris* i korišćenih skala za samoprocenu funkcionalnosti. Na *WBS* testu, uočena je statistički značajna korelacija snage mišića sa opterećenjem povređene noge (na poziciji 90° fleksije u kolenima) u prvoj postoperativnoj nedelji kod treće grupe ispitanika. Međutim, u šestoj postoperativnoj nedelji, došlo je do simetrične raspodele težine na obe noge u ovoj grupi ispitanika, pa nalaz na ovom testu gubi klinički značaj. Na *ULS* testu utvrđene su značajne promene u posturalnom njihanju u grupi ispitanika sa nestabilnim kolenom, dok se ispitanici treće grupe nisu značajno razlikovali od zdravih ispitanika. U trećoj grupi ispitanika na *SUO* testu autori su utvrdili značajnu korelaciju između oslabljene snage četvoroglavog mišića buta i vremena za izvođenje preskoka u prvoj nedelji testiranja, dok se brzina preskoka znatno poboljšala već u drugoj seriji testiranja (nakon šest nedelja), kada je i poboljšana snaga mišića.

U svom zaključku autori su naglasili statistički značajnu korelaciju između mišićne snage i pojedinih ispitivanih varijabli posturalne stabilnosti. Razlike između druge i treće grupe ispitanika uočene su na testu opterećenja u čučinju šest nedelja nakon rekonstrukcije, ali nije utvrđena korelacija sa funkcionalnim skalama, dok se „test korak gore i preko“ pokazao klinički koristan, jer je ustanovljena korelacija sa ispitivanim skalama.

Stabilnost zgloba kolena zavisi od interakcije koštanih struktura, mekog tkiva, telesne težine i mišićne snage. Dok koštana struktura i karakteristike meniskusa ne obezbeđuju visok nivo stabilnosti, meke strukture kolena (ligamenti, kapsula,) zajedno doprinose održavanju balansa. Kada se primenjuje fizička aktivnost jakog intenziteta, za posturalnu stabilnost od velikog značaja je snaga mišića koji stabilizuju zglob kolena i sprečavaju preopterećenje ligamenata (Williams et al., 2001).

Tako Moussa i saradnici 2009. godine imaju za cilj da ispituju posturalnu stabilnost kod osoba dve godine nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. U istraživanju je učestvovalo 26 fudbalera (prva grupa ispitanika) koji su imali jednostranu rekonstrukciju ligamenta, prosečne starosti 22 godine. Kontrolnu grupu činilo je 20 zdravih ispitanika sličnih godina. Svi ispitanici iz prve grupe imali su istu vrstu rekonstrukcije i nakon rekonstrukcije su se vratili svojoj aktivnosti. U proseku, svi ispitanici su testirani dve godine nakon rekonstrukcije. Kriterijumi za učestvovanje u studiji su bili da je rađena samo jedna hirurška intervencija, da nisu imali oštećenja kolateralnih ligamenta, da nisu ranije imali povrede skočnog zgloba ili kuka, da su se potpuno vratili svojoj aktivnosti i da nisu prijavljivali problem nestabilnosti. Posturalna stabilnost procenjena je Neurocom Balance Master platformom, a korišćen je test oslonca na jednu nogu (*US*). Ovaj test kvantifikuje brzinu posturalnog njihanja dok osoba stoji na jednoj nozi. Relativno odsustvo njihanja dok osoba stoji u mirnoj poziciji ukazuje na bolju stabilnost. Stajanje na jednoj nozi procenjeno je na obe noge i to pod dva uslova: kada je koleno u punoj ekstenziji i kada je savijeno za 20°. Ispitanci su ponovili test tri puta, uz pauzu od jednog minuta između proba. Parametar posturalnog njihanja (*deg/sec*) prikazan je za svaku nogu posebno. Utvrđena je statistički značajna razlika između prve i druge grupe ispitanika ($p < 0.05$) u uslovima kada je koleno bilo u poziciji pune ekstenzije i to na strani na kojoj je rađena rekonstrukcija. Glavni zaključak autora bio je da su „dve godine nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta, ispitanici imali promenu u posturalnoj stabilnosti. Nakon dve godine od rekonstrukcije ispitanici su imali značajno lošiju posturalnu stabilnost na operisanom ekstremitetu kada je za procenu stabilnosti korišćena Neurocom Balance Master platforma. Procena posturalnog njihanja uz pomoć platforme pokazala se kao efikasan metod za merenje posturalne kontrole kod osoba nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta (*ACL*).

Primena implantacije autoložnih hondrocita (*ACI*) u terapiji oštećenja hrskavice zgloba kolena se pokazala efikasnom procedurom prilikom poređenja sa klasičnom hondroplastikom. Howard i saradnici (2014) su pokušali da dokumentuju funkcionalni oporavak osoba nakon primene *ACI*. U istraživanju je učestvovalo 48 ispitanika, prosečne starosti 35 godina. Svi ispitanici su bili podvrgnuti implantaciji, a u rehabilitaciji su

prošli standardni rehabilitacioni protokol. U toku prve dve nedelje nakon intervencije ispitanicima nije bio dozvoljen oslonac, a tokom tog perioda noga je bila imobilisana u položaju pune ekstenzije. Nakon dve nedelje, ispitanicima je postepeno uključen oslonac i dozvoljena mobilnost u zglobu, a svima je preporučeno da se u prvih 12 meseci od intervencije uzdrže od visokog intenziteta fizičke aktivnosti. U funkcionalnoj proceni autori su koristili skale za samoprocenu funkcionalnosti (SF-36 PCS, Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index, the International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form i the Lysholm scale). Posturalna stabilnost ispitanika procenjena je Neurocom Balance Master platformom. U okviru procene balansa autori su primenili sledeće testove: *WBS test*, test hoda preko platforme (*Walk Across*), test promene položaja (*STS test*), „test korak gore i preko“ (*SUO*) i test iskoraka (*Forward Lunge - FL test*). Ispitanici su testirani preoperativno, zatim na 3, 6 i 12 meseci nakon intervencije. Ispitivanje je radio isti ispitivač, a zdrava noga je uvek testirana prva.

Za test opterećenja u čučnju (*WBS*) korićene su različite pozicije kolena (0° , 30° , 60° i 90°). U testu hoda preko platforme (*WA*) ispitanicima je dat nalog da hodaju celom dužinom platforme, svojim ritmom i brzinom. U ovom testu vrši se procena karakteristika hoda kretanjem preko senzorne platforme. Parametri koji se utvrđuju su prosečna širina i dužina koraka, kao i brzina zamaha koja se meri brzinom uspostavljanja dodirne tačke sa podlogom. Za test promene položaja (*STS*) ispitanici su sedeli na drvenoj klupi visine 50 cm, i na nalog su imali zadatak da ustanu što je brže moguće i zadrže se 10 sekundi u stojećem položaju. Za ispitivanje karakteristike motorne kontrole tokom iskoraka na prepreku (*SUO*) korićena je drvena klupa visine 30 cm. Procenu karakteristike kretanja tela prilikom iskoraka jedne noge autori su merili testom iskoraka (*FL*).

Svi ispitanici su pokazali promene tokom vremena. Test opterećenja u čučnju (*WBS*) je pokazao ne toliko značajne, ali opet manje vrednosti prenosa težine na operisanu nogu pri datim uglovima fleksije u kolenu u toku godinu dana. Statistički značajna razlika utvrđena je na testu *WA*, gde je došlo do povećanja dužine koraka, posmatrano pre i postoperativno u prvih godinu dana. Test promene položaja (*STS test*) pokazao je najranije pozitivne efekte intervencije u pravcu manjeg vremena prenosa težišta u prva tri meseca. Vreme je postepeno opadalo i nakon 6 i 12 meseci od intervencije. Analizirajući podatke *SUO* testa i parametara *Lift-Up Index-a*, koji određuje maksimalnu silu podizanja vodeće noge i izražava se u procentima od ukupne težine pojedinca, uočeno je značajno povećanje indeksa u prvih godinu dana. Konačno, *FL test* je utvrdio porast *Impact index-a* (maksimalna vertikalna sila kojom se deluje iskoračenom nogom na bazu oslonca, izražena u procentima telesne težine), koji je postepeno postajao veći tokom vremena.

Glavni cilj ove studije bio je predviđanje vremena trajanja oporavka nakon implantacije autolognih hondrocita kod oštećenja hrskavice zgloba kolena, kako bi se obezbedili podaci koji bi bili od značaja i lekarima i samim pacijentima. Na osnov u rezultata, autori su došli do zaključka da se u prvih nekoliko meseci smanjuju simptomi, poput bola, ali da je za funkcionalni oporavak kolena i mogućnost poboljšanja posturalne stabilnosti potrebno 12 meseci ili možda više. Do ovakvog zaključka autori dolaze preciznim merenjem uz pomoć kompjuterizovane opreme - kineziometrijske platforme *Neurocom Balance Master*.

ZAKLJUČAK

Neurocom Balance Master platforma poseduje jedanaest testova za procenu statičke i dinamičke posturalne stabilnosti, a najviše korišćeni testovi za procenu balansa nakon povreda zgloba kolena su test stajanja na jednoj nozi (*US*), test opterećenja u čučnju (*WBS*), test korak gore i preko (*SUO*) i test iskorak jednom nogom (*FL*).

Neurocom Balance Master platforma omogućava objektivnu procenu senzorne i voljne motorne kontrole balansa uz prisustvo vizuelnih povratnih informacija. Platforma ima mogućnosti procene i tretmana svih elemenata posturalne stabilnosti. U sportu predstavlja skrining metod za praćenje sportista nakon povreda ili hirurških intervencija. Korisna je za utvrđivanje progresije tretmana i procene sportista za njihov povratak u trenažni i takmičarski proces.

LITERATURA

1. Banović, D. (1989). *Traumatologija košto-zglobnog sistema*. Mladinska knjiga, Ljubljana.
2. Chmielewski, T. L., Wilk, K. E. & Snyder-Mackler, L. (2002). Changes in weight-bearing following injury or surgical reconstruction of the ACL: relationship to quadriceps strength and function. *Gait and Posture*, 16, 87–95.
3. Forssblad, M. (2012). Swedish national knee ligament register. Available at: www.aclregister.nu. Accessed May 27, 2012.
4. Guskiewicz, K. M. & Perrin, D. H. (1996). Research and Clinical Applications of Assessing Balance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5, 45-63.
5. Howard, J.S., Mattacola, C. G., Mullineaux, D. R., English, R. A. & Lattermann, C. (2014). Patient-oriented and performance-based outcomes after knee autologous chondrocyte implantation: a timeline for the first year of recovery. *Journal of sport rehabilitation*, 23(3), 223-234.
6. Kennedy, J. C., Alexander, I. J. & Hayes, K. C. (1982). Nerve supply of the human knee and its functional importance. *The American Journal of Sports Medicine*, 10, 329–335.
7. Lephart, S. M., Pincivero, D. M., Giraldo, J. L. & Fu, F. H. (1997). The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 25, 130–137.
8. Moussa, A. Z. B., S. Zouita, S., Dziri, C. & Salah F.Z.B. (2009). Single-leg assessment of postural stability and knee functional outcome two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52, 475–484.
9. Nakamura, S., Kobayashi, M., Asano, T., Arai, R., Nakagawa, Y. & Nakamura, T. (2011). Image-matching technique can detect rotational and AP instabilities in chronic ACL-deficient knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 69-76.
10. NeuroCom International Inc. NeuroCom functional limitations assessments. Available from: <http://onbalance.com/neurocom/protocols/functionalLimitation/index.aspx>
11. NeuroCom International Inc. Balance Master operator's manual. Clackamas: NeuroCom International Inc., 2002.
12. Nikolić, Ž. (2009). *Povrede ekstremiteta, lečenje i medicinska rehabilitacija*, Draslar partner, Beograd.
13. Riemann, B. L., Caggiano, N. A. & Lephart, S. M. (1999). Examination of a clinical method of assessing postural control during a functional performance task. *Journal of sport rehabilitation*, 8, 171-83.

14. Riemann, B. L. & Schmitz, R. (2012). The relationship between various modes of single leg postural control assessment. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(3), 257-266.
15. Ross, S., Guskiewicz, K. M., Gross, M. T. & Bing, Y. (2008). Balance measures for discriminating between functionally unstable and stable ankles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(2), 399-407.
16. Walden, M., Hagglund, M., Werner, J. & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 3-10.
17. Williams, G. N., Chmielewski, T., Rudolph, K., Buchanan, T. S. & Mackler, S. L. (2001). Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31, 546-566.