

**Банићевић Драган<sup>1</sup>, Марковић Срђан<sup>2</sup>, Пажин Немања<sup>2</sup>,  
Божич Предраг<sup>3</sup>, Радовановић Саша<sup>4</sup> и Мирков Драган<sup>2</sup>**  
**UDK:796.41:615.825-053.4**

## **ПОУЗДАНОСТ МОДИФИКОВАНОГ КЛИНИЧКОГ ТЕСТА УТИЦАЈА СЕНЗОРНИХ ИНТЕРАКЦИЈА НА ПОСТУРАЛНУ СТАБИЛНОСТ СПОРТИСТА УЗРАСТА ОД 10 ДО 12 ГОДИНА**

<sup>1</sup> Завод за вредновање квалитета образовања, Фабрисова 10

<sup>2</sup> Факултет спорта и физичког васпитања, Благоја Паровића 156

<sup>3</sup> Републички завод за спорт, Кнеза Вишеслава 72

<sup>4</sup> Институт за медицинска истраживања, Поштански претинац 102, Београд<sup>3</sup>

### **Сажетак**

Кратак наслов: Статичка постурална стабилност спортиста узраста од 10 до 12 година.

На основу прегледа литературе, може се закључити да о примени компјутеризоване постурографије у процени постуралног статуса деце и спортиста нема довољно података. Због тога је осмишљено истраживање којим је испитана поузданост теста за процену постуралног статуса спортиста узраста 10 до 12 година, применом компјутеризоване постурографије. У истраживању је учествовало 40 дечака старости 11,4 ( $\pm 1.0$ ) година, који се активно (бар три пута недељно) баве неким спортом. За процену способности одржавања постуралне стабилности, коришћен је тзв. модификовани клинички тест утицаја сензорних информација на равнотежу. Интраклас корелациони коефицијент и кромбах алфа коефицијент за три поновљена мерења били су у интервалу од 0,772 до 0,949. Поновљивост теста проверавана је једнофакторском анализом варијансе са понављањем за три узастопна мерења и нису добијене статистички значајне разлике. Добијени резултати указују да су евалуирани тестови за процену постуралне стабилности поуздани, те се могу користити у процени равнотеже код спортиста узраста од 10 до 12 година.

**Кључне речи:** /поновљивост, равнотежа, ценар масе, центар притиска/

## 1. УВОД

Постурална стабилност сматра се важним индикатором мишићно скелетног статуса и због тога представља особину од значаја у различитим областима медицине и спорта. Постурална стабилност дефинише се као способност успостављања или одржавања равнотеже, односно усправног става [1]. Најчешћи метод процене стабилности (било статичке, било динамичке) заснован је на мерењу положаја или помераја центра притиска (ЦП), уз помоћ платформе силе (тензиометријске платформе). Како се сигнали са платформе силе бележе, обрађују, анализирају уз помоћ рачунара, ове методе за процене равнотеже су познате и под именом компјутеризована постурографија. Компјутеризована постурографија има широку примену у клиничкој дијагностици постуралне стабилности, и када је ради о одраслим испитаницима, поузданост ових тестова добро је докуметована [2-4]. Са друге стране, прегледом литературе не могу се пронаћи нормативни подаци ни истраживања у којима је испитивана поузданост ових тестова у процени равнотеже било деце школског узраста било млађе спортске популације.

Иако постоји велики број радова који описују истраживање развоја постуралне стабилности деце, мерењем способности одржавања билатералне равнотеже [5-9], у њима није примењена компјутеризована постурографија. Такође, описана су истраживања у којима је испитивана поузданост неких других метода у процени равнотеже школске деце. У истраживању Атвотера и сар. [10] процењивана је поузданост одржавања равнотеже на једној ноzi и поузданост теста равнотеже на нестабилној подлози, када су ту тестирана деца узраста од 4 до 9 година. Емери и сар. [11] испитивали су тест-ретест поузданост теста равнотеже на једној ноzi код испитаника узраста од 14 до 19 година, док су МекЕвој и Гример [12] приказали резултате поновљених мерења одржавања усправног (стојећег) става деце узраста од 5 до 12 година, уз помоћ фотографија у сагиталној равни.

Да би се проценила примењивост ма које методе или теста, неопходно је најпре одредити тзв. метријске карактеристике у домену примене тих тестова. Зато је први корак у процени потенцијалне употребне вредности компјутеризоване постурографије у мерењу постуралних карактеристика деце, односно примене у процени различитих утицаја на способност одржавања равнотеже, одређивање поузданости одговарајућих тестова. Поред тога, важно је познавати и који све фактори (узраст, пол, специфична активност, итд.) могу утицати на резултате. Када је реч о равнотежи, односно оном аспекту који је од интереса за ово истраживање (постурална стабилност), познато је да се „почетак краја“ њеног развоја завршава негде између седме и осме године [13], да би до десете године она била у нивоу способности одраслих, али још не у потпуности развијеном. Један од корака у решавању пробелма учинили су Гелдхофова и сар.[14], који су спровели истраживање на узорку од двадесеторо деце старости 9 и 10 година, са циљем да се испита поузданости теста који се користи у процени утицаја чула на одржавање постуралне стабилности. У том истраживању, за највећи број варијабли, израчунати коефицијенти поузданости – интра-клас корелација (ICC) били су у границама прихватљивости (0,62-0,80). Иако је значај овог истраживања неспоран, број испитаника је био недовољан и хетероген (није био познат ниво физичке активности унутар групе) да би се на основу тога могао извући неки

озбиљнији закључак о поузданости примењених тестова у случајевима када се тестирају деца која се баве неком физичком активношћу. Такође, за процену поузданости коришћен је само тзв. итраклас корелациони коефицијент, иако већина истраживача који се баве овом проблематиком, при процени поузданости приказују бар једну меру апсолутне и једну меру релативне поузданости [15-17].

Да би се превазишла поменута ограничења, осмишљено је ново истраживање где је задатак био да се испита поузданост узастопних мерења модификованог клиничког теста за процену утицаја сензорних информација на способност одржавања постуралне стабилности спортиста узраста од 10 до 12 година.

## 2. МЕТОДЕ

### 2.1. Узорак испитаника

У истраживању је учествовало 40 испитаника мушког пола старости 11,4 ( $\pm 1,0$ ) година, чије су просечне масе тела износиле  $TM = 41,4 (7,9)$  kg, а висине  $TB = 150,9 (\pm 6,8)$  cm. Сви испитаници су поред редовних часова физичког васпитања, имали редовне додатне активности, тренирајући бар три пута недељно неки од спортова са лоптом (фудбал 22 испитаника, рукомет 10, кошарка 8).

Број испитаника одређен је применом одговарајућих статистичких метода (видети [16]), а на основу података прикупљених у претходно изведеном пилот истраживању.

### 2.2. Процедуре

Поузданост постуралне стабилности спортиста узраста од 10 до 12 година употребом компјутеризованог постурографа, процењивана је на основу мерења која су поновљена у три узастопна дана.

Сва три мерења спровели су исти мериоци, користећи стандардизован протокол. Испитаници су све задатке у оба теста изводили боси (Слика 1). Пре извођења тестова стабилности, испитаницима је најпре измерена маса (лабораторијска вага тачности 0.1 kg) и висина (антропометар по Мартину, тачност 1 mm).



Слика 1 Приказ исправног положаја стопала у модификованом клиничком тесту за процену утицаја чула на равнотежу.

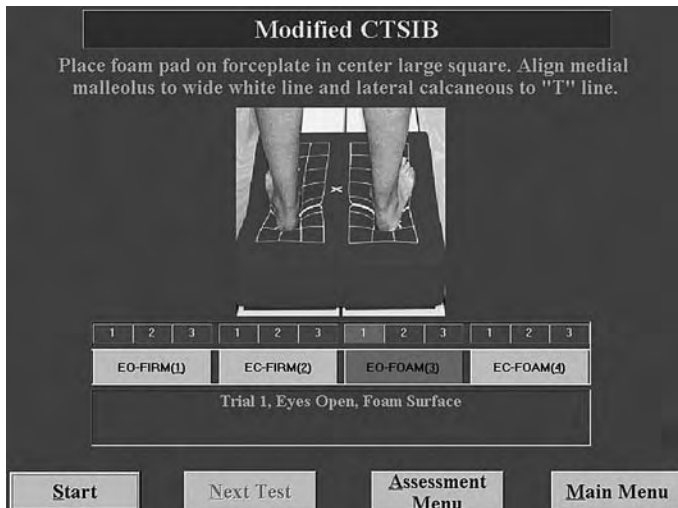
Тестови стабилности су се изводили у просторији која је била изолована од спољних утицаја (бука). Пре извођења тестова испитаници су били детаљно упознати са експерименталним задацима које су пре мерења могли да пробају. Самим мерењима је увек претходио један пробни покушај. Најпре је мерена стабилност на обе ноге, да би након била процењивана унилатерална стабилност.

### 2.3. Инструментација

За процену постуралне стабилности коришћен је компјутеризовани посту-рограф (Balance Master system, NeuroCom, Clackamas, OR, USA). Систем су чинили платформа силе са које су сигнали након дигитализације даље слати на рачунар, у коме су уз помоћ одговарајућег програма на основу добијених координата, рачунати центри масе у односу на координате платформе. Положај и померај центра гравитације (ЦГ) процењиван је методом апроксимације инвертованог клатна, на основу података центра притиска и масе испитаника.

#### *Модификовани клинички тест за процену утицаја чула на равнотежу (mCTSIB<sup>3</sup>)*

Овим тестом мерена је брзина осциловања центра масе тела (0/s) и отклон центра масе тела (%), при одржавању равнотежног положаја при стајању. Тест се састојао у извођењу истог задатка (трајње 10 s) у различитим условима: (1) стајање на тврдој подлози са отвореним очима, (2) стајање на тврдој подлози са затвореним очима, (3) стајање на мекој подлози са отвореним очима, (4) стајање на мекој подлози са затвореним очима (Слика 2). Редослед извођења тестова био је исти за све испитанике. Инструкције су за све испитанике биле исте: да што је могуће мирније стоје усправно (руке на боковима), а да поглед усмере право (у случају када су задат-так изводили са отвореним очима).

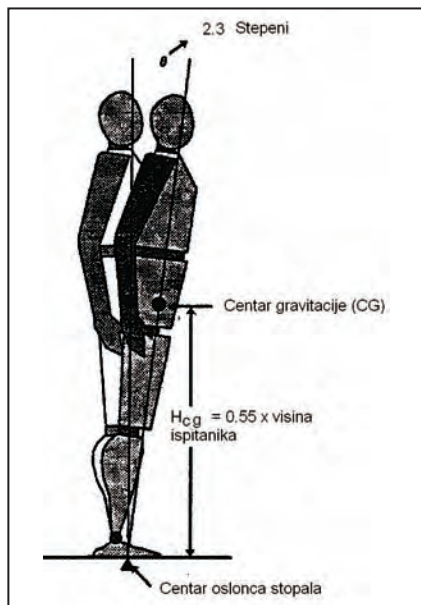


Слика 2: Почетни положај за извођење задатака 3 и 4 (на нестабилној подлози)

<sup>3</sup> mCTSIB - Modified clinical test of sensory interaction on balance.

## 2.4. Обрада података

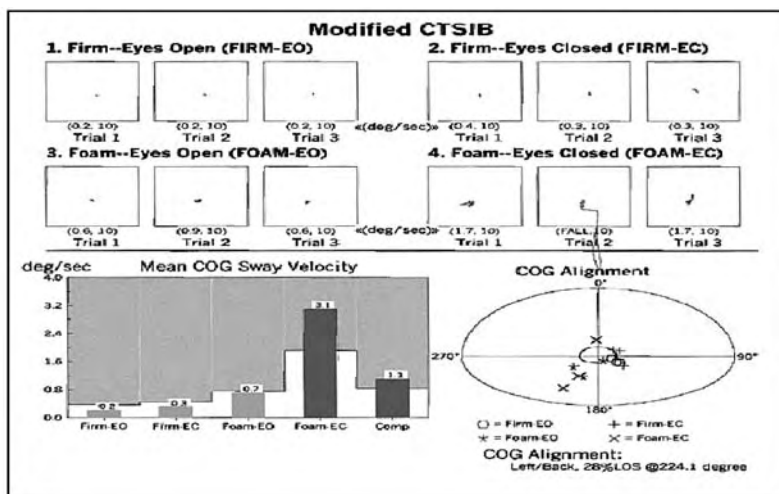
Центар масе тела (тежиште) представља имагинарну тачку за коју се претпоставља да је у њој концентрисана сва телесна маса (нападна тачка силе теже). Код



Слика 3: Приказ положаја центра масе тела (ЦГ) и илустрација величина на основу којих се рачуна брзина осциловања центра масе тела (ЦГ)

здравог испитаника који стоји усправно у ставу мирно тежиште се налази на месту које је отприлике лоцирано као на слици 1. Брзина осциловања центра масе тела представља однос угаоног помераја центра масе тела и времена (Слика 3), и рачуна се за сваки покушај, у сва четири задатка. Средња вредност брзине осциловања представља аритметичку средину брзине осциловања за сваки задатак. Композитна брзина осциловања представља аритметичку средину средњих брзина осциловања сва четири задатка.

Отклон центра масе тела: Почетни положај пред почетак сваког покушаја, подешаван је релативно у односу на површину ослонца. На приказу извештаја за овај тест (Слика 4) елипса означава 100% граница стабилности. Пресек две осе представља 0 % граница стабилности. Одговарајућим симболима (×, °, -, +) приказани су просечни положаји центра масе тела у 10 секунди, колико траје задатак. Растојање од центра (отклон центра масе тела) дат је процентуално у односу на вредност граница стабилности, док је растојање од центра (угаони померај) дато у степенима.



Слика 4: Приказ извештаја након завршеног модификованог клиничког теста за процену утицаја чула на равнотежу.

## 2.5. Статистичка анализа

Најпре су израчунате средње вредности и стандардне девијације за све варијабле (сви тестови), за сва три мерења. Да би се потврдило да током узастопних мерења није било нежељених ефеката учења (провера извршене фамилијаризације, односно поновљивости теста), урађен је тест анализе варијансе за поновљена мерења (за резултате узастопних мерења у свим тестовима), при чему је у циљу утврђивања евентуалних разлика између појединачних резултата, урађен тзв. постхок тест за неједнаке узорке. Поред тога, поузданост тестова процењивана је уз помоћ интра-клас корелационих коефицијената (ИСС), односно коефицијента кромбах алфа.

## 3. РЕЗУЛТАТИ

За обе композитне варијабле, рачунате су средње вредности и стандардне девијације. Ти подаци су заједно са одговарајућим вредностима коефицијената поузданости приказани табеларно (Табеле 1 и 2). Такође, одговарајуће вредности коефицијената поузданости рачунате су и за појединачне вредности, брзина осциловања, односно отклона центра масе (за различите услове).

**Табела 1:** Резултати три узастопна мерења у модификованом клиничком тесту за процену утицаја чула на равнотежу (тзв. композитна брзина осциловања центра масе тела), са одговарајућим коефицијентима поузданости

| Композитна брзина осциловања центра масе тела |                    |                             |            |              |                                    |
|---|--------------------|-----------------------------|------------|--------------|------------------------------------|
| Мерење  | Ср. вредност (°/s) | Стандардна девијација (°/s) | п вредност | Кромбах алфа | Интра-клас корелациони коефицијент |
| 1   | 0.83               | 0.12                        | 0.073      | 0.772        | 0.772<br>(0.615-0.872)             |
| 2   | 0.79               | 0.21                        |            |              |                                    |
| 3   | 0.76               | 0.19                        |            |              |                                    |

*Резултати узастопних мерења приказани су као средње вредности са одговарајућим стандардним девијацијама. За границу статистичке значајности је узет интервал поузданости од ( $n < 0.05$ ). Интра-клас корелациони коефицијент приказан је са одговарајућим интервалима поузданости.*

У оба случаја, у узастопним мерењима, добијене композитне брзине осциловања, односно отклони центра маса нису се међусобно разликовали. И поред тога могао се уочити тренд благог опадања брзине осциловања (са 0,83 на 0,76 степени у секунди) уз мање повећање отклона центра масе (са 0,55 на 0,62).

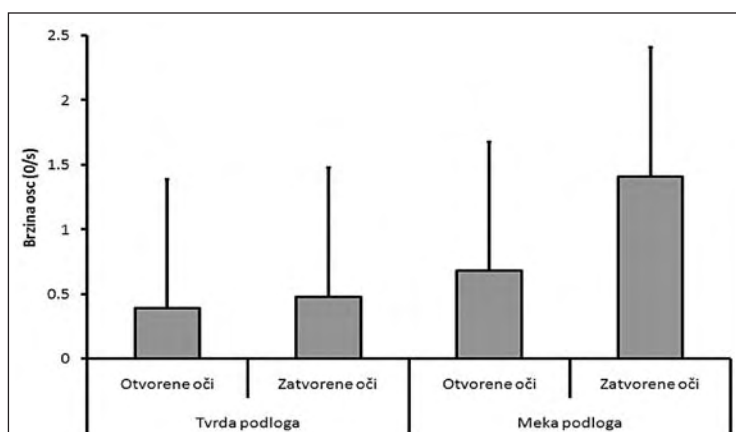
**Табела 2:** Резултати три узастопна мерења у модификованом клиничком тесту за процену утицаја чула на равнотежу (тзв. композитни отклон центра маса), са одговарајућим коефицијентима поузданости.

| Композитни отклон центра масе тела |                  |                           |            |              |                                    |
|------------------------------------|------------------|---------------------------|------------|--------------|------------------------------------|
| Мерење                             | Ср. вредност (%) | Стандардна девијација (%) | p вредност | Кромбах алфа | Интра-клас корелациони коефицијент |
| 1                                  | 0.63             | 1.2                       | 0.391      | 0.968        | 0.968<br>(0.945-0.982)             |
| 2                                  | 0.72             | 1.2                       |            |              |                                    |
| 3                                  | 0.61             | 1.2                       |            |              |                                    |

Резултати узастопних мерења приказани су као средње вредности са одговарајућим стандардним девијацијама. За границу статистичке значајности је узет интервал поузданости од ( $p < 0.05$ ). Интра-клас корелациони коефицијент приказан је са одговарајућим интервалима поузданости.

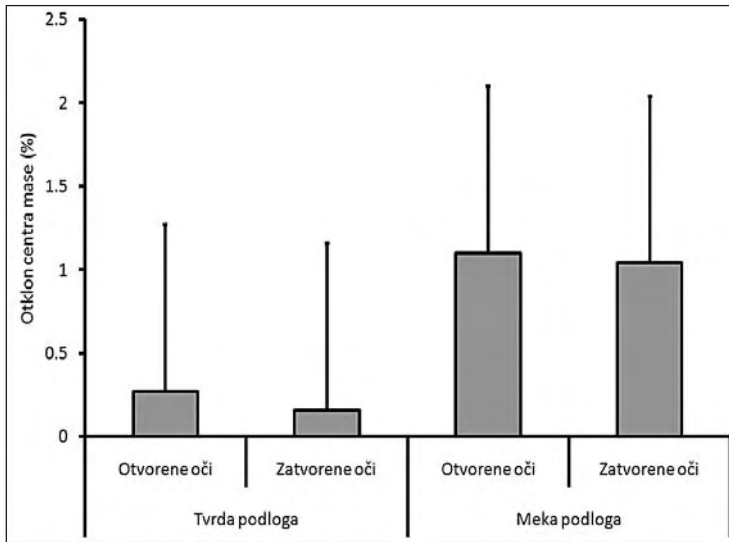
Кромбах алфа, тј. интраклас корелациони коефицијент, су били у интервалу 0,772 до 0,949.

На графицима (слике 5 и 6) приказани су упоредни резултати добијени када су испитаници задатак изводили на тврдој подлози отвореним и затвореним очима (лево), односно на мекој подлози са отвореним и затвореним очима (десно). Брзина осциловања расла је са отежавањем услова и била је најмања када су испитаници стајали на тврдој подлози са отвореним очима ( $0,39 \pm 0,12$ ) ‰, а највећа када су задатак изводили на мекој подлози са отвореним очима ( $1,41 \pm 0,47$ ) ‰. Поред пораста брзине осциловања, уочљив је био и пораст варијабилитета са отежавањем услова (слика 5). Коефицијенти поузданости били су нижи за појединачне услове и кретали су се у интервалу од 0,550 до 0,758) код брзине осциловања, док су за отклон масе били у интервалу од 0,838 до 0,948).



Слика 5: Упоредни збирни резултати (средње вредности са стандардним девијацијама) брзина осциловања при различитим условима (стајање на тврдој и мекој подлози са отвореним, односно затвореним очима).

Истовремено, када се радило о отклону центра масе, видљив је био пораст отклона са променом подлоге, при чему затварање очију овде није додатно повећавало резултат (слика 6).



Слика 6

Такође, варијабилитет је и овде растао како су задаци постајали тежи: стандардна девијација је за отклоне центра масе била у интервалу од 1,2 до 1,3 % када су испитаници стајали на тврдој подлози, док су те вредности (када су испитаници стајали на мекој подлози) биле у интервалу од 1,5 до 1,7.

#### 4. ДИСКУСИЈА

Циљ рада био је да се испита поузданост модификованог клиничког теста за процену утицаја чула на одржавање постуралне стабилности спортиста узраста од 10 до 12 година.

Поузданост модификованог клиничког теста за испитивање утицаја чула на равнотежу, испитивала се рачунањем коефицијената кромбах алфа и интраклас корелационог коефицијента за композитне брзине осциловања, односно отклона центра масе. За обе варијабле израчунати коефицијенти су били у опсегу који тестове сврстава у категорију врло поузданих инструмената [14]. Томе у прилог иде и налаз да између поновљених мерења није било разлика ни код брзине осциловања ни код отклона равнотежног положаја. Нешто ниже вредности коефицијената поузданости за сваки задатак понаособ, када је мера постуралне стабилности била брзина осциловања, у односу на отклон центра масе, могу се објаснити међусобном условљеношћу ових двају величина. Јер се из резултата јасно види да се стабилизација (смањењем) отклона центра масе вршила на рачун повећања брзине осциловања.



Добијени резултати коефицијената поузданости су у нешто виши од оних које су добили Гелдхоф и сарадници [14] код којих су интраклас корелациони коефицијенти за композитне вредности (брзина осциловања центра масе) били нешто нижи (0,77), односно у рангу вредности добијених у нашем истраживању, када су они рачунати за појединачне случајеве (0,37-0,68).

Као и остале „величине“ којима се описују „биолошки“ системи, и постурална стабилност има сложен варијабилитет на који утичу, физички, биолошки и психосоцијални фактори [4]. Као последица тога, велики број фактора (мотивација, концентracија, замор, емоцијално стање, време тестирања, утицај мериоца...) може имати утицај на поузданост теста. Имајући у виду налазе у овом истраживању, може се сматрати да су припрема, редослед тестова, као и обученост мерилаца, значајно допринели позитивном резултату у овој студији, те да поступци спроведени у овом истраживању могу послужити као модел и за друга истраживања у којима се процењује поузданост тестова којима се процењују сложене особине биолошких система. Иако је у овом раду испитивана само поузданост мерења, спроведених у три узастопна дана, (недостају резултати тест-ретест поузданости поновљених мерења у дужем временском интервалу), као и да још увек недостају стандарди за варијабле које су у овом тесту коришћене као мера постуралне стабилности. Добијени резултати указују на то да се комјутеризована постурографија може поуздано користити у процени постуралне стабилности спортиста млађег узраста. Како су се до сада резултати примене комјутеризоване постурографије помињали углавном у истраживањима у којима су испитаници били одрасли, и углавном у клиничке сврхе, налази у овом истраживању представљају подстрек за даља истраживања у којима би се испитивала тест-ретест поузданост, дефинисале стандардне вредности за различите узрастне категорије млађих спортиста, и испитивале осетљивост мерених величина у детектовању евентуалних разлика између узрастних група у различитим категоријама такмичења. Такође, потребно је проширити истраживања на оне тестове (уз помоћ комјутеризованог постурографа) којима се процењује тзв. динамичка постурална стабилност, као и тестове у којима се процењују и неки други аспекти одржавања равнотеже.

## 5. ПРАКТИЧНЕ ИМПЛИКАЦИЈЕ

Добијени резултати указују на то да је модификовани клинички тест за процену утицаја чула на постуралну стабилност поуздано средство у процени појединих аспеката равнотеже спортиста узраста 10 до 12 година. Имајући у виду очигледну логичну валидност овог теста, његову високу поузданост, као и чињеницу да је равнотежа важна компонента моторичког простора, која до сада није у довољној мери или није адекватно присутна у батеријама тестова моторичких способности, може се закључити да компјутеризована постурографија, конкретно модификовани клинички тест за процену утицаја чула на постуралну стабилност, има своје место у процесу праћења моторичког развоја, идентификације талената, као и праћења ефеката тренажних процедура.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Pollock, A.S., et al.** (2000). What is balance? *Clin Rehabil*, **14**(4): p. 402-6.
2. **Birmingham, T.B.** (2000). Test-retest reliability of lower extremity functional instability measures. *Clin J Sport Med.*, **10**(4): p. 264-8.
3. **Brouwer, B., et al.** (1998). Normal variability of postural measures: implications for the reliability of relative balance performance outcomes. *Scand J Rehabil Med*, **30**(3): p.131-7.
4. **Lafond, D., et al.** (2004). Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Phys Med Rehabil*, **85**(6): p. 896-901.
5. **Cambier, D., et al.** (2001). Reference data for 4- and 5-year-old-children on the Balance Master: values and clinical feasibility. *Eur J Pediatr*, **160**(5): p. 317.
6. **Hatzitaki, V., et al.** (2002) Perceptual-motor contributions to static and dynamic balance control in children. *J Mot Behav.*, **34**(2): p. 161-70.
7. **Lebiedowska, M.K. and M. Syczewska** (2000). Invariant sway properties in children. *Gait Posture*, **12**(3): p. 200-4.
8. **Lee, H.Y., R.J. Cherng, and C.H. Lin** (2004). Development of a virtual reality environment for somatosensory and perceptual stimulation in the balance assessment of children. *Comput Biol Med*, **34**(8): p. 719-33.
9. **Nolan, L., A. Grigorenko, and A. Thorstensson** (2005) Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Dev Med Child Neurol*, **47**(7): p. 449-54.
10. **Atwater, S.W., et al.** (1990). Interrater and test-retest reliability of two pediatric balance tests. *Phys Ther*, **70**(2): p. 79-87.
11. **Emery, C.A.** (2003). Is there a clinical standing balance measurement appropriate for use in sports medicine? A review of the literature. *J Sci Med Sport*. **6**(4): p. 492-504.
12. **McEvoy, M.P. and K. Grimmer** (2005) Reliability of upright posture measurements in primary school children. *BMC Musculoskelet Disord*, **6**: p. 35.
13. **Rival, C., H. Ceyte, and I. Olivier** (2005). Developmental changes of static standing balance in children. *Neurosci Lett*, **376**(2): p. 133-6.
14. **Geldhof, E., et al.** (2006). Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. *Eur J Pediatr*, **165**(11): p. 779-86.
15. **Atkinson, G. and A.M. Nevill** (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med*, **26**(4): p. 217-38.
16. **Hopkins, W.G.** (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.*, **30**(1): p. 1-15.
17. **Markovic, G., D. Dizdar, and S. Jaric** (2006) *Evaluation of tests of maximum kicking performance*. *J Sports Med Phys Fitness*, 2006. **46**(2): p. 215-20.

**Banicevic Dragan, Markovic Srdan, Pazin Nemanja, Bozic Predrag,  
Radovanovic Sasa and Mirkov Dragan**

**RELIABILITY OF MODIFIED CLINICAL TEST  
OF INFLUENCE OF SENSOR INTERACTIONS ON POSTURAL  
STABILTY OF ATHLETES AGED 10 TO 12**

**ABSTRACT**

Based on the literature, reports about bilateral stance assessments based on force plate measurements in elementary schoolchildren and athletes are limited. The present study was designed to report reliability values for postural stability in 10 to 12 years old athletes using the Balance Master system. Twenty young athletes who regularly practice their sport activities at least three times per week, participated in the reproducibility study (mean age  $11.4 \pm 1.0$ ). The modified clinical test of sensory interaction on balance (mCTSIB) quantified children's static standing balance. Intraclass correlation and Cronbach's alpha coefficients for three repeated measures reliability of the four sensory conditions of the mCTSIB showed good to excellent reliability, ranged between 0.772 and 0.949. Reproducibility was assessed with one way ANOVA with replication and non statistical differences among three measurements were recorded. Based on the obtained findings, it could be concluded that applied tests can be used in reliable assessment of standing balance in 10 to 12 age athletes.

**Key words:** reproducibility, balance, center of mass, center of pressure