

# Utjecaj senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha

---

**Bobić, Goran**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:702669>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Goran Bobić

**UTJECAJ SENZOMOTORNOGA TRENINGA  
NA MOTORIČKU KONTROLU I DINAMIČKU  
RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S  
OŠTEĆENJEM SLUHA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2022.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Goran Bobić

**EFFECTS OF SENSORIMOTOR TRAINING  
ON MOTOR CONTROL AND DYNAMIC  
BALANCE IN HEARING IMPAIRED  
HANDBALL PLAYERS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2022



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Goran Bobić

**UTJECAJ SENZOMOTORNOGA TRENINGA  
NA MOTORIČKU KONTROLU I DINAMIČKU  
RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S  
OŠTEĆENJEM SLUHA**

DOKTORSKI RAD

Mentor 1: prof. dr. sc. Iris Zavoreo

Mentor 2: prof. dr. sc. Dinko Vuleta

Zagreb, 2022.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Goran Bobić

**EFFECTS OF SENSORIMOTOR TRAINING  
ON MOTOR CONTROL AND DYNAMIC  
BALANCE IN HEARING IMPAIRED  
HANDBALL PLAYERS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor 1: Full professor Iris Zavoreo, PhD

Supervisor 2: Full professor tenure Dinko Vuleta, PhD

Zagreb, 2022

## **MENTOR 1**

### **Prof. dr. sc. Iris Zavoreo**

Prof. dr. sc. Iris Zavoreo rođena je 1973. godine u Zagrebu, Hrvatica, državljanka Republike Hrvatske. Završila je osnovnu školu i Opću (XI) gimnaziju u Zagrebu. U srpnju 1999. godine diplomirala je na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i stekla naslov doktora medicine. Od rujna 1999 zaposlena je kao znanstveni novak na Klinici za neurologiju KB «Sestre milosrdnice» u okviru projekta «Ispitivanje moždane vazoreaktivnosti stres testovima» i «Trodimenzionalni ultrazvuk i funkcionalni TCD u ispitivanju moždane cirkulacije» pod mentorstvom Akademkinje Vide Demarin. Uspješno je završila znanstveni i poslijediplomski studij iz područja Biomedicine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i u prosincu 2004. godine stekla naziv magistra znanosti, a u listopadu 2008. stekla je naziv doktora znanosti obranivši doktorsku disertaciju na Prirodoslovno matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U veljači 2008. godine položila specijalistički ispit i stekla naziv specijalista neurologije. Od 1999. godine uključena u nastavni proces na Medicinskom, Stomatološkom i Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom 2011. stekla naslov znanstvenog suradnika i naslovno znanstveno nastavno zvanje docenta na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u 3/2016. stekla zvanje višeg znanstvenog suradnika, u 12/2016. naslovno znanstveno nastavno zvanje izvanrednog profesora na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u 1/2022. stekla zvanje znanstvenog savjetnika, u 7/2022. naslovno znanstveno nastavno zvanje redovitog profesora na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom 2019. godine stekla je status subspecijalista iz područja epileptologije, a potom tijekom 2020. godine i subspecijalista iz područja neuroimunologije. Voditeljica je Referentnog centra za dijagnostiku i liječenje akutne i kronične boli MZRH. Od 2016. godine pročelnica je Zavoda za epilepsiju, neuromišićne bolesti i kliničku elektrofiziologiju Klinike za neurologiju KBC Sestre milosrdnice. Članica domaćih i međunarodnih društava. Kao autorica i koautorica prezentirala je radove na brojnim domaćim i međunarodnim stručnim skupovima u obliku postera i pozvanih predavanja. Pokazala se uspješnim mentorom u izradi diplomskih i doktorskih disertacija, kao i uspješnim sudjelovanjem u izradi znanstvenih i stručnih knjiga te sveučilišnih udžbenika. U svom dugogodišnjem radu područje interesa je usmjerila na liječenje i dijagnostiku epilepsije, akutne i kronične boli, multiple skleroze, poseban naglasak u svojim aktivnostima polagala je na primarnu i sekundarnu prevenciju navedenih poremećaja uz poseban naglasak na ulogu tjelesne aktivnosti.

## **MENTOR 2**

### **Prof. dr. sc. Dinko Vuleta**

Prof. dr. sc. Dinko Vuleta, redoviti profesor u trajnom zvanju na Kineziološkome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, rođen je 30.03.1958. godine u Zadru. Po nacionalnosti Hrvat. Oženjen, otac dvoje djece. Godine 1976. godine završio je srednju školu u Zadru, a 1980. diplomirao na Fakultetu za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 1985. magistrirao je i stekao znanstveni stupanj magistra društveno-humanističkih znanosti iz područja kineziologije, a 1997. stekao naslov doktora društveno-humanističkih znanosti iz područja kineziologije. Od 1988. -1991. i od 1994. -1997. godine radi na Fakultetu za fizičku kulturu u svojstvu asistenta na predmetu Rukomet. Za docenta je izabran 1998. godine, 2001. godine za izvanrednog profesora 2005. godine za redovitog profesora a 2010. godine za redovitog profesora u trajnom zvanju za predmet Rukomet na Fakultetu za fizičku kulturu u Zagrebu. Od upravljačkih funkcija na Fakultetu i Sveučilištu, od 1999. do 2003. obnašao je funkciju prodekana za nastavu i studente Fakulteta za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Od 2005. do 2009. obnašao je funkciju dekana na istom fakultetu. Od 1999.- 2003. i 2003. do 2005. obnašao je funkciju Pročelnika Odjela za izobrazbu trenera Društvenog Sveučilišta u Zagrebu. Od 2006. godine do danas a od 2009. do 2011. godine bio je Tajnik Akademije odgojno-obrazovnih znanosti Hrvatske. Od 1988. godine predaje na diplomskim studijima na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na predmetu Rukomet. Kao gostujući profesor predavao je u inozemstvu na dodiplomskim studijima. Do sada je objavio više od 100 znanstvenih i više od 110 stručnih radova u časopisima i zbornicima radova u zemlji i inozemstvu. U posljednjih desetak godina vodio je i bio suradnik na više znanstvenih projekata financiranih od znanstvenih institucija Republike Hrvatske. Od 1990. godine obnaša funkciju jednog od urednika sekcije za sport međunarodno priznatog časopisa "Kinesiology" koji se indeksira u WoS-u. Dobitnik je brojnih nagrada: 1988 . godine dobio je Zlatnu značku i plaketu Rukometne zveze Slovenije; 1990. godine Zlatnu značku i plaketu Hrvatskog rukometnog saveza; 1997. godine Zlatnu značku i diplomu za pedagoga fizičke kulture Hrvatske; 2003. godine dobio je Zahvalnicu za dugogodišnji rad sa zlatnom značkom Hrvatskog kineziološkog saveza; 2006. godine proglašen je Zaslužnim kineziologom s poveljom za životno djelo Hrvatskog kineziološkog saveza; 2007. godine dobio je Državnu nagradu za sport «Franjo Bučar» kao godišnju nagradu i 2016. godine Zahvalnicu i Priznanje Hrvatskog rukometnog saveza za dugogodišnju uspješnu suradnju i nesebičan doprinos svojim ljudskim i stručnim kvalitetama u organizaciji i provedbi Središnjih seminara za trenere Hrvatskog rukometnog saveza.

## ZAHVALA

Napisati doktorski rad bez riječi ohrabrenja, poticanja, usmjeravanja, savjeta i potpore dobrih i dragih ljudi bilo bi izrazito teško. Ovo je zahvala svima koji su bili tu od ideje do tvrdih korica.

Hvala svim Ispitanicima-dragim Rukometašima, Trenerima i Upravama klubova te Hrvatskom športskom savezu gluhih za odvojeno vrijeme za sudjelovanje u istraživanju i pružanje informacija koje su omogućile kvalitetniju izradu Rada.

Hvala Profesorici Dubravki Ciligi na riječima ohrabrenja i unošenju vedrine i optimizma u cijeli projekt.

Hvala gđi Đurđici Kamenarić što je uvijek bila tu i strpljivo odgovarala na pitanja te na pomoći u rješavanju brojnih organizacijskih i administrativnih poteškoća.

Veliko hvala mojoj mentorici prof.dr.sc. Iris Zavoreo na potpori pri pisanju i kvalitetnom usmjerenju, podsjećanju da cilj nije daleko i da treba ustrajati u radu. Puno hvala za sve!

Dragom prof.dr.sc. Dinku Vuleti, mom mentoru, neizmjereno hvala za sve! Hvala vam za povjerenje, za savjete, za potporu i praćenje te usmjeravanje i brigu, od prvih dana preddiplomskog studija, preko Studentske Reprezentacije, usmjerenja Rukomet, sve do danas, do kraja doktorskog studija.

Doktorski rad „obiteljski“ je projekt.

Hvala mojim roditeljima, Mirjani i Milanu, što su me naučili da od pravih ciljeva nikad ne treba odustati, i da ih je moguće ostvariti jedino vrijednim i marljivim radom. Hvala za poticanje, za životno usmjerenje i vrijednosti o kojima ste govorili kao zaista važnima.

Tatjani nikad neću moći dovoljno zahvaliti. I ne postoje riječi da se zahvalnost dovoljno izrazi. Od samih početaka uvijek sam mogao računati na savjet, potporu, ideju, rješenje, ohrabrenje, poticanje, usmjerenje i bezuvjetnu ljubav prije svega. Neizmjereno hvala što smo bili zajedno i na ovom „putovanju“.

I na kraju, Chiara i Nicola, hvala vam što ste sve izdržali, bili strpljivi i bili inspiracija. Vaš osmijeh, pitanja i pažnja puno su mi značili. Neizmjereno vam hvala za sve!



## POPIS KRATICA KORIŠTENIH U TEKSTU

K – kontrolna skupina ispitanika

E – eksperimentalna skupina ispitanika

SK - skupina

STAR – engl. *star excursion balance test*, zvjezdoliki test ravnoteže

ICSD – engl. *The International Committee of Sports for the Deaf*, Međunarodni savez sportova za gluhe

ICC – intraklasni koeficijent korelacije

$\bar{O}$  – prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta

O – uvjeti odmora

U – uvjeti umora

p – preferirana noga

n – ne preferirana noga

A – anteriorni pravac

AM – antero medijalni pravac

M – medijalni pravac

PM – postero medijalni pravac

P – posteriorni pravac

PL – postero lateralni pravac

L – lateralni pravac

AL – antero lateralni pravac

INT – integrala površine

SŠ – skok šut

SB – skok u blok

L – lijevo

D – desno

ES – Cohenov indeks procjene veličine učinka

$p$  – razina statističke značajnosti

## SAŽETAK

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je istražiti učinke senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha. Sekundarni cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora. Prema dosadašnjim spoznajama iz područja neurofiziologije, sportskog treninga i motoričke kontrole, postavljene su četiri hipoteze: provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha (H1), provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha (H2), provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora (H3) i provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora (H4). Istraživanje je provedeno na prigodnom uzorku od dvadeset i četiri rukometaša s oštećenjem sluha Zagrebačke županije i Grada Zagreba, muškog spola, prosječne dobi od 28 godina ( $\pm 6,3$  godine), koji su nasumično raspoređeni ili u kontrolnu (12) ili u eksperimentalnu (12) skupinu. U trenažnom razdoblju od pet tjedana ispitanici eksperimentalne skupine proveli su ukupno 20 trenažnih jedinica senzomotornoga treninga, dok su ispitanici kontrolne skupine nastavili s njihovim uobičajenim aktivnostima. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu ispitanika procijenjen je zvjezdolikim testom ravnoteže, zadatkom precizne reprodukcije kuta fleksijom potkoljenice i testom brzine kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta. Za sve varijable izračunati su osnovni centralni i disperzivni parametri u inicijalnom i finalnom mjerenju. Promjene između početnog i završnog mjerenja za svaku skupinu ispitanika posebno, provjerene su uz pomoć t-testa za zavisne uzorke. Veličina učinka trenažnih programa procijenjena je Cohenovim indexom veličine učinka. Razlika u promjenama između skupina nakon trenažnog razdoblja u svakoj od zavisnih varijabli, utvrđena je pomoću dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme). Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ . Istraživanjem je utvrđen pozitivan utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima odmora i smanjeni utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu

i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha. Zaključno, istraživanjem otkriveni lokalni mehanizmi specifične adaptacije na trening i mogućnost odgode utjecaja umora na stabilnost koljena sportaša s oštećenjem sluha predstavljaju značajan znanstveni doprinos području koji proučava preventivne strategije u smislu smanjenja iznimno često ozlijeđenog koljenog zgloba. Dobiveni rezultati predstavljaju i praktičan doprinos unapređenju planiranja i programiranja preventivnih strategija u radu sa sportašima s oštećenjem sluha, a pogotovo rukometašima.

***Ključne riječi:*** rukomet, neuromuskularni trening, posturalna kontrola, sluh, invaliditet

## SUMMARY

**Purpose:** The main goal of this research was to investigate the effects of sensorimotor training on postural control in the knee joint and the dynamic balance of hearing-impaired male handball players. The secondary goal was to investigate the effects of sensorimotor training on postural control in the knee joint and the dynamic balance of hearing-impaired male handball players in conditions of fatigue. According to recent insights in neurophysiology, sports training and motor control, the four main hypotheses were set: the conducted sensorimotor training will significantly improve postural control in the knee joint of hearing-impaired male handball players (H1), the conducted sensorimotor training will significantly improve the dynamic balance of hearing-impaired male handball players (H2), the conducted sensorimotor training will significantly improve postural control in the knee joint of hearing-impaired male handball players in conditions of fatigue (H3) and the conducted sensorimotor training will significantly improve the dynamic balance of hearing-impaired male handball players in conditions of fatigue (H4).

**Methods:** The research was conducted on a suitable sample of twenty-four male handball players with hearing impairment from the city of Zagreb and Zagreb County. They were approximately twenty-eight years of age ( $\pm 6,3$  years). Before starting the research, a joint meeting was conducted at which the handballers with the hearing impairment were briefed in detail of the research plan as well as the possible risks of their participation. The basic objective of the research was explained, and a detailed description of the experimental plan was given to them. The estimated measurement procedure, fatigue protocol and experimental training programme were also described. After the meeting, the respondents signed a declaration of voluntary consent to the participation in the research. The criteria for the inclusion of participants in the research consisted of: a diagnosed hearing impairment (at least 55 dB on an audiometry test in the better ear), less than 40 years of age and regular handball training (either only within the club system or within the club and through the preparation system for the national team). The exclusion criteria were: acute lower extremity injury within one year before the start of the study, having an overuse syndrome or lumbar pain and having a neuromuscular disorder. After the initial measurement was carried out, the participants were randomly assigned to one of the following groups: control group (K) - 12 participants and experimental group (E) - 12 participants. The conducted research belongs to the category of randomized controlled studies. As a part of the research, the effects of the training programme (sensorimotor training), which lasted for five weeks with a total of 20 training units, were studied. Participants in the

experimental group were included in sensorimotor training. Each training unit consisted of an initial ten-minute warm-up (running with tasks and stretching exercises), the main unit that carried out exercises to develop strength, postural control, plyometrics and dynamic balance along with the units for the development of motor control under the specific conditions of handball game. The control group (K) participants did not have any specific sensorimotor training during the five-week training period, however, they continued with their usual activities. Dynamic balance was measured using the star excursion balance test. Dynamic balance measures were the average length on each of the eight directions measured in centimetres, and the calculated total covered area, as an overall measure of the dynamic balance of each leg. Motor control in the knee joint was assessed by the task of accurately reproducing the angle by flexion of the lower leg. The ability to accurately reproduce the angle in the knee joint was assessed through the average deviation produced from the reference angle ( $\bar{O}$ ), expressed in degrees. Another test for motor control assessment was the defender's movement in two triangles test. The test was carried out using two-stepping right-angled triangles of a 1,5 m long cathetus each. The time spent to cover the given surface forming two triangles (right and left) with slide steps, in milliseconds, was used as an indicator of motor control in a specific handball situation. The examiner described and demonstrated each task, and the participants had enough time to try them out before officially performing them. The fatigue protocol was based on the implementation of four sections of running with tasks of different lengths at maximum speed (2x10m, 2x20m, 2x30m and 2x40m). The tasks included lateral movement at maximum speed with imitation of blocking shots, running with changes in direction of movement and slalom run with the imitation of jump shots. The average duration of the protocol was 90 seconds, and it was repeated four times with two minutes rest in-between repetitions. The total duration of the fatigue protocol was 12 minutes in average. Such a protocol brings the organism to the conditions of maximum glycolysis, which ensures the onset of local fatigue. The state of fatigue of the respondents was checked through lactate measurements (two minutes after the implementation of the fatigue protocol) and through a modified Borg scale for subjective assessment of the state of fatigue (from 1 for slight fatigue to 10 for extreme fatigue). To measure the monitored abilities in rested and fatigued participants, the fatigue protocol was carried out at the initial and final measurement, and the intended tests were carried out before and after the fatigue protocol. The implementation of the fatigue protocol at the initial and final measurements made it possible to check the impact of the conducted sensorimotor training on dynamic balance and motor control in conditions of present or non-present fatigue. For all variables, the basic central and dispersive parameters in the initial and final measurements were

calculated. Changes between the initial and final measurements for each group of subjects were checked separately by means of a t-test for dependent samples. The magnitude of the effect of training programmes was estimated by Cohen's effect size index. The difference in changes between groups after the training period, in each of the dependent variables, was determined using two-factor variance analysis (group x time) with repeated measurements on one factor (time). The level of statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

**Results:** The body weight and consequently the body mass index of participants for both groups, in particular, did not change significantly during the implementation of the five-week experimental sensorimotor training programme. The values of the body weight and body mass index measured at the end of the five-week training period did not differ between groups either (bodyweight  $p = 0.89$ ; body mass index  $p = 0.21$ ). As part of the research, motor control in the knee joint was assessed through kinesthesia and agility tasks. The results indicate a certain effect of the conducted sensorimotor training on the motor control of hearing-impaired handball players, assessed through kinesthesia tasks (precise reproduction of the angle in the knee joint). The variables assessing the agility of the participants did not show a statistically significant effect of the performed sensorimotor training (from  $p = 0.18$  to  $p = 0.14$ ), although the insight into descriptive indicators showed a trend of improving performance in the final measurement. The comparison between the groups, in the results achieved in the initial and final measurements, in motor control indicators (kinesthesia and agility), indicated significant differences in the average deviation produced from the reference angle for the  $60^\circ$  knee joint angle for the preferred ( $p = 0.03$ ) and unpreferred ( $p = 0.04$ ) leg. The results also indicate a statistically significant effect of sensorimotor training in eight indicators of the dynamic balance of hearing-impaired handball players. The comparison between the groups, in the results achieved in the initial and final measurements, in dynamic balance pointed to significant intersecting differences in nine directions. The obtained results indicate a certain effect of fatigue on the motor control of hearing-impaired handball players, assessed through agility tasks (the time taken to perform the task of moving in sliding steps in two triangles) and kinesthesia (precise reproduction of the angle in the knee joint), measured on the initial test. The statistically significant effect of fatigue on the monitored variables was found in both experimental and control group participants. The obtained results indicate a certain effect of fatigue on the dynamic balance of handball players with hearing loss, assessed through the task of a star excursion balance test, measured at the initial measurement. The statistically significant effect of fatigue on the assessed variables was found both in the experimental and control group

participants. The obtained results do not indicate a significant effect of fatigue on the motor control of handball players with hearing impairment of the experimental group, assessed through agility tasks (the time required to perform the task of moving in sliding steps in two triangles) and kinesthesia (precise reproduction of the angle in the knee joint), on the final measurement. On the other hand, a statistically significant fatigue effect was found in the control group participants in both agility and kinesthesia assessment variables. In the experimental group, there is a clear trend of deterioration of results in almost all the variables in conditions of fatigue, but these changes are not statistically significant. The obtained results do not indicate a significant effect of fatigue on the dynamic balance of handball players with hearing impairment of the experimental group, assessed through the task of a star excursion balance test on the final measurement. On the other hand, in the participants of the control group, a statistically significant effect of fatigue was found in most indicators of dynamic balance. Again, in condition of fatigue, participants of the experimental group tend to achieve worse results in almost all dynamic balance variables, however these changes are not statistically significant.

***Discussion and conclusions:*** In team sports, the deterioration of sensorimotor function including balance instability that could have been caused by previous injuries or muscle fatigue is considered a risk factor for injury in athletes. Fatigue can contribute to changing the motor control of the lower extremities subsequently impairing the ability to dynamically stabilize the knee. Nevertheless, the exact mechanism of action of fatigue on knee kinesthesia, dynamic balance and agility in specific sport situations is not fully understood, and the possibility of reducing the influence of fatigue by means of a sensorimotor training has not been explored to date. The results of the conducted study show for the first time a decrease in the acute impact of fatigue on kinesthesia in the knee joint as well as on agility and dynamic balance of trained athletes using sensorimotor training. The results of the impact of sensorimotor training on knee kinesthesia and dynamic balance of athletes convey current knowledge by testifying the targeted adaptation of muscle mechanoreceptors (muscle spindle and Golgi apparatus) to a combination of specific agility exercises, plyometrics, and balance. The fact that the study was conducted on handball players with hearing loss made it possible to test the local nervous adaptation on participants whose adaptation at the level of the auditory receptors was disrupted by the disease.

The obtained results point to the fact that to reduce the impact of fatigue on knee joint motor control of trained handball players, the sensorimotor training must last at least five weeks, with

a total of 20 training units, and consist of a combination of specific agility, balance and plyometric exercises. In conclusion, the research revealed local mechanisms for the influence of fatigue on the motor control of the knee and the possibility of delaying fatigue as well as a consequent deterioration of knee stability in hearing-impaired athletes representing thus a significant contribution to the scientific field that studies prevention strategies, as well as a practical contribution that improves the planning and programming of prevention strategies of handball players.

***Key words:*** handball, neuromuscular training, postural control, hearing, disability



# SADRŽAJ

<b>1. UVOD U PROBLEM ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>14</b>
<b>3. METODE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 ISPITANICI.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. PLAN ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3. PROTOKOL MJERENJA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1. MJERENJE DINAMIČKE RAVNOTEŽE .....</b>	<b>20</b>
3.3.1.1. ZVJezdOLIKI TEST ZA PROCJENU DINAMIČKE RAVNOTEŽE.....	20
3.3.1.1.1. OPIS MJERENJA.....	20
3.3.1.1.2. PRAĆENE VARIJABLE.....	20
<b>3.3.2. MJERENJE MOTORIČKE KONTROLE .....</b>	<b>21</b>
3.3.2.1. TEST PRECIZNE REPRODUKCIJE KUTA U KOLJENOM ZGLOBU FLEKSIJOM POTKOLJENICE .....	21
3.3.2.1.1. OPIS MJERENJA .....	21
3.3.2.1.2. AKVIZICIJA I PROCESIRANJE SIGNALA.....	22
3.3.2.1.3. PRAĆENE VARIJABLE.....	22
3.3.2.2. TEST BRZINA KRETANJA BRANIČA KLIZNIM KORACIMA U DVA TROKUTA .....	23
3.3.2.2.1. OPIS MJERENJA .....	23
3.3.2.2.2. PRAĆENE VARIJABLE.....	24
<b>3.4. UKUPAN POPIS VARIJABLI KORIŠTENIH U ISTRAŽIVANJU.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5. PROTOKOL UMARANJA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.6. PROTOKOL TRENIRANJA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6.1 PROGRESIJA OPTEREĆENJA .....</b>	<b>30</b>
3.6.1.1. SENZOMOTORNI TRENING – 1. TJEDAN.....	31
3.6.1.2. SENZOMOTORNI TRENING – 2. TJEDAN.....	34
3.6.1.3. SENZOMOTORNI TRENING – 3. TJEDAN.....	37
3.6.1.4. SENZOMOTORNI TRENING – 4. TJEDAN.....	40
3.6.1.5. SENZOMOTORNI TRENING – 5. TJEDAN.....	43
<b>3.7. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>4. REZULTATI.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1. UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU I DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U ODMORNIM UVJETIMA .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.1. UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.2. UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2. UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU I DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U UVJETIMA UMORA.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2.1. UTJECAJ UMORA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U POČETNOM MJERENJU .....</b>	<b>62</b>
<b>4.2.2. UTJECAJ UMORA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U ZAVRŠNOM MJERENJU.....</b>	<b>66</b>
<b>4.2.3. UTJECAJ UMORA NA DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U POČETNOM MJERENJU .....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.4. UTJECAJ UMORA NA DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U ZAVRŠNOM MJERENJU .....</b>	<b>75</b>
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>83</b>
<b>5.1. GLAVNI REZULTATI DISERTACIJE .....</b>	<b>83</b>
<b>5.2. DETALJNA RASPRAVA O DOBIVENIM REZULTATIMA .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2.1. UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA .....</b>	<b>85</b>

5.2.2. <i>UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA</i> .....	92
5.2.3. <i>UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA MOTORIČKU KONTROLU I DINAMIČKU RAVNOTEŽU U KOLJENOM ZGLOBU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U UVJETIMA UMORA</i> .....	97
5.2.3.1. <i>UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA MOTORIČKU KONTROLU U KOLJENOM ZGLOBU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U UVJETIMA UMORA</i> .....	97
5.2.3.2. <i>UTJECAJ PROVEDENOG SENZOMOTORNOG TRENINGA NA DINAMIČKU RAVNOTEŽU RUKOMETAŠA S OŠTEĆENJEM SLUHA U UVJETIMA UMORA</i> .....	103
5.3. <b>PREDNOSTI I METODOLOŠKA OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA</b> .....	109
5.4. <b>ZNANSTVENI I PRAKTIČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA</b> .....	110
6. <b>ZAKLJUČAK</b> .....	112
7. <b>POPIS LITERATURE</b> .....	115
8. <b>PRILOZI</b> .....	126
9. <b>ŽIVOTOPIS I POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA</b> .....	161

## 1. UVOD U PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Brzina promjena odrednica je koja danas možda najbolje opisuje život i rad u suvremenom društvu. Nevjerojatna količina novih informacija, proizašlih ponajprije iz suvremenih i sofisticiranih znanstveno-istraživačkih metoda, te njihova dostupnost uporabom suvremenih tehnologija, pružaju odgovore i rješenja na mnoga, nekad i davno postavljena pitanja, iz različitih područja ljudskog djelovanja. Način života danas, upravo iz gore opisanih razloga, karakteriziran je ubrzanim napretkom i inovativnim rješenjima koja značajno podižu razinu i standard ne samo kvalitete življenja, nego i duljinu njegovog trajanja. S druge strane, ta brzina promjena i utjecaj koje imaju na čovjeka kao ljudsko biće, pred njega postavljaju mnogobrojne zahtjeve u smislu prilagodbe ili adaptacije na iste. Nerijetko, težnja za podizanjem kvalitete ili razine uspješnosti proizvodi i negativne efekte s kojima se čovjek, bez iznimke na tom putu, susreće u svim poljima svog interesa. Spremnost na suočavanje s negativnim posljedicama efekata ubranog ljudskog razvoja, brzina ponuđenih rješenja kojima će se smanjiti njihov utjecaj na kvalitetu života i što je moguće brža prilagodba na novonastale uvjete kako bismo čim prije ponovno uspostavili ravnotežu organizma postale su ključne odrednice našeg djelovanja s jedne strane i puta kojim ćemo krenuti u budućnosti s druge. Paradoks je u tome što istovremeno podizanjem kvalitete života, brojnim rješenjima i tehnološkim dostignućima utječemo i na snižavanje iste. Najuspješniji će biti oni, bilo da je riječ o individui, kolektivu, naciji ili cijelom čovječanstvu, koji će uspjeti iskoristiti najbolje od novih spoznaja, smjernica i preporuka za što je moguće brže pozitivnije promjene u kvaliteti različitih područja rada i djelovanja te življenja, uz istovremeno što je moguće više smanjenja utjecaja negativnosti koje iz takvog brzog napretka proizlaze.

Navedene promjene karakteristične su i za područje sporta, globalnog fenomena kojeg se smatra vrlo utjecajnim u kreiranju društva u kojem će biti više jednakosti, socijalne kohezije i pravednosti (Spaaij, 2009). Sve veći zahtjevi za postizanjem i dostizanjem izvrsnosti, pomicanje gornjih granica u karakterističnim vrijednostima specifičnim za određeni sport ili natjecanje, opravdavanje iznimnih ulaganja u dugoročan proces sportske pripreme ili vođenje sportske karijere, nerijetko dovode sportaše najviše natjecateljske razine u suočavanje s negativnim posljedicama takvih traženja. Izvedba sportaša posljednjih je godina dramatično napredovala, razine koje se sada dostižu nekada su bile nezamislive, utjecajem procesa selekcije i širenjem baze kandidata te razvojem tehnologije treninga i analiza učinkovitosti, pod utjecajem najnovijih znanstvenih dostignuća, broj sportaša koji mogu postići najbolje rezultate

se povećava (Bompa, 2006). Istovremeno, tjelesna aktivnost i natjecateljski sport nižih razina zahtjevnosti, ostaju čimbenici koji mogu značajno utjecati na pozitivne učinke koje kretanje i sport generira, podižući svijest kroz različita istraživanja i nove znanstvene spoznaje o važnosti i utjecaju navedenog područja na zdravlje pojedinca (Mišigoj-Duraković i sur. 2018). Pri tome, neovisno da li je riječ o sportu ili sustavu natjecanja vrhunske razine, odnosno zadovoljenju potrebe za kretanjem kroz niže razine zahtjevnosti ili ne natjecateljske oblike tjelesne aktivnosti, promjene koje se žele postići i pozitivni efekti kojima se nastoji unaprijediti sposobnosti ili zdravlje pojedinca ostvaruju se uglavnom putem treninga. Trening je jedinica vrijednosti kojim putem različitih podražaja, vježbi, ciljano usmjerenih, želimo potaknuti promjene u sportaša (Milanović, 2013). Reakcija sportaša na podražaj različite ciljane usmjerenosti treneru može poslužiti kao informacija kako bi bolje mogao planirati i programirati proces sportske pripreme i usmjeravati sportaša da u različitim etapama razvoja postigne vršne vrijednosti u razvoju određenih sposobnosti ili ostvarenju vrhunskih sportskih rezultata. Prikupljanje, obrada, prezentacija i interpretacija navedenih informacija trebaju se temeljiti na objektivnim procjenama (Bompa, 2006). Ključno je, i jedino moguće ostvariti uspjeh, pogotovo kada je riječ o vrhunskim razinama uspješnosti, ako se proces treninga i reakcija sportaša na odgovarajuće stimulanse, kao informacija prikuplja, obrađuje i tumači na temelju znanstvenih metoda istraživanja. Nastavno, da bi poboljšali vještinu i nastup, sportaši i njihovi treneri moraju se voditi ciljevima treninga pri čemu je jedan od najvažnijih danas, pogotovo s obzirom na opći porast volumena i intenziteta u treningu i natjecanju, prevencija ozljeda (Bompa, 2006). Tri su ciljana područja preko kojih se nastoji primarno utjecati na smanjenje i pojavnost ozljeda odnosno njihovu prevenciju u sportu (Emery i Pasanen, 2019). Prvo se odnosi na promjene u pravilima, odnosno na njihovu modifikaciju, kako bi se smanjila rizičnost nastanka traume ili oštećenja uslijed njihove provedbe (Emery i Pasanen, 2019). Drugo su poboljšanja i modifikacije opreme koja se koristi pri treningu i natjecanju kako bi se ublažile posljedice njezinog korištenja ili kretanja u ili po određenim prostorima te omogućilo sigurnije izvođenje određenih elemenata karakterističnih za pojedini sport (Emery i Pasanen, 2019). Treće područje, ono koje je od posebnog interesa u ovom istraživanju, odnosi se na senzomotorni trening kompleksne usmjerenosti čiji pozitivni efekti u određenim područjima prevencije sportskih ozljeda imaju svoju znanstvenu utemeljenost (Emery i Pasanen, 2019). Spoznaje dobivene temeljem znanstveno istraživačke metodologije rada o primjeni i utjecaju senzomotornoga treninga, a koje se odnose na područje prevencije sportskih ozljeda, od iznimne su važnosti i za rukomet, sportsku igru visoke razine popularnosti.

Rukomet pripada skupini vrlo složenih, kompleksnih sportskih aktivnosti, i tome svjedoče strukturna obilježja te vrlo atraktivne i dinamičke sportske igre i struktura zahtijevanih vrijednosti sastavnica treniranosti o kojima ovisi uspješnost u istoj (Vuleta, Milanović i sur., 2004). Ta sportska igra bogate je prošlosti jer, naprimjer, određene sličnosti s današnjim rukometom možemo pronaći već u strukturi i pravilima nekih antičkih igara, no onakav kakvog ga danas poznajemo, pojavljuje se gotovo istovremeno u više europskih zemalja: u Češkoj 1892., u Danskoj 1898., u Ukrajini 1910., u Švedskoj 1912. i u Njemačkoj 1915. godine (Flander, 1977). U Republici Hrvatskoj, rukomet se prvi puta pojavljuje krajem dvadesetih i početkom tridesetih godina 20. stoljeća organizirano pod vodstvom nastavnika gimnastike profesora Zvonka Suligoja u Varaždinu te njegovog kolege, nastavnika gimnastike profesora Vladimira Jankovića u Zagrebu koji su svoje učenike prvi upoznali s pravilima igre i organizirali prve treninge i nastupe (Vuleta, Milanović i sur., 2004; Flander, 1977). Prva utakmica u našoj zemlji održana je 29. svibnja 1930. godine u Varaždinu a nastupili su učenici Varaždinske državne realne gimnazije, dok je prva utakmica međunarodnog karaktera odigrana 19. srpnja 1939. godine u Zagrebu između studentskih reprezentacija Zagreba i Graza (Flander, 1977). Od tada pa do današnjih dana, rukomet su obilježile brojne promjene. Sam pristup sportu, pa tako i rukometu, u posljednjih nekoliko desetljeća sve više je usmjeren prema proširenju saznanja i u kvantitativnom i u kvalitativnom smislu, oslanjajući se na znanstvena istraživanja i provedbu niza eksperimenata o faktorima koji utječu na uspješnost i postizanje visoko vrijednih sportskih rezultata (Vuleta, Milanović i sur., 2004). Kao jedna od najzahtjevnijih sportskih igara s loptom zbog karakterističnih struktura gibanja i struktura situacija koje ga opisuju, rukomet je definiran velikim brojem tehničko-taktičkih elemenata s i bez lopte koje izvode igrač ili skupina igrača u relaciji s prostorom, fazom igre i igračkim mjestom u ekipi (Vuleta, Milanović i Sertić, 1999). U njihovoj izvedbi prevladavaju prirodni oblici kretanja, kontakt i sučeljavanje igrača protivničkih ekipa te pronalazak kreativnih ili primjena unaprijed dogovorenih rješenja tehničko-taktičke prirode i njihova provedba u situacijskim uvjetima (Rogulj, 2000). Za učinkovito i efikasno izvođenje navedenih elemenata potrebno je posjedovati i visoku razinu kondicijskih sposobnosti koje su važne za uspjeh u određenom sportu (Milanović, Vuleta i Šimenc, 1997) pri čemu su za rukomet od posebnog interesa snaga (28%), izdržljivost (23%), brzina (20%), preciznost (14%) koordinacija (10%) i gibljivost (5%) čime je u stvari opisana jednadžba specifikacije uspješnosti u rukometu (Vuleta, Milanović i Gruić, 2003). Iz opisanog izvode se kombinacije motoričkih sposobnosti koje se pokazuju u aktualnim uvjetima kao ključne za uspjeh rukometaša i predstavljaju ih: brzinska koordinacija, brzinsko-snažna izdržljivost i agilnost (Bojić-Ćaćić, 2020; Vuleta, Milanović i

Gruić, 2003). Uz sve do sada navedeno, kontrola pokreta u dinamičkim uvjetima i dinamička ravnoteža, također predstavljaju jedan od iznimno važnih čimbenika za uspjeh, i to ne samo u rukometu, zbog utjecaja na smanjenje rizika od nastanka traume ili oštećenja lokomotornog sustava rukometaša, sve u skladu s jednim od ciljeva sportskog odnosno rukometnog treninga. Promjenama pravila i stručnom edukacijom sudaca dinamičnost igre posebno je naglašena, s težnjom da se postigne još brže izvođenje određenih tehničko-taktičkih elemenata pri čemu se u uvjetima natjecanja kreiraju i nova situacijska rješenja, što sve zajedno doprinosi višoj atraktivnosti igre uz dominaciju brzih, agilnih igračica i igrača koji trebaju donositi najbolje moguće odluke u igri dok im je na raspolaganju sve kraće vrijeme za donošenje istih (Bojić-Ćaćić, 2020). Tako definirana kompleksnost rukometne igre od znanstvene zajednice traži odgovore na brojna pitanja i probleme koji se u tom procesu pojavljuju a zbog sve izraženijih težnji za što boljim, odnosno vrhunskim sportskim rezultatima pri čemu se pokreću i brojni znanstveni projekti u sklopu kojih se traže kvalitetne smjernice, upute i rješenja, sve kako bismo bolje razumjeli strukturne, fazne, prostorne i pozicijske karakteristike rukometne igre i samu tehnologiju procesa sportske pripreme rukometaša različite dobi, spola i kvalitete (Vuleta, Milanović i sur., 2004). Dva glavna pravca istraživanja, u sportu općenito, tako i u rukometu, s jedne strane imaju za cilj unapređenje izvedbe sportaša i postizanje što boljih rezultata, dok se s druge strane istražuju mogućnost prevencije nastanka sportskih ozljeda. Znači, s jedne strane znanstveno istraživačka metodologija rada mora pružiti odgovor na pitanje kako ostvariti što je moguće bolji sportski rezultat dok s druge strane, treba istovremeno pružiti odgovore kako pri tom stremljenju k najvišim sportskim dostignućima sačuvati zdravlje i produžiti sportsku karijeru. Referirajući se samo na spomenuti drugi pravac istraživanja, koji govori o utjecaju na smanjenje rizika i prevenciju nastanka sportskih ozljeda, kondicijski trening predstavlja važan element u ostvarenju tog cilja. On primarno djeluje kroz razvoj svih važnih motoričkih sposobnosti kao i sposobnosti kontrole pokreta u iznimno dinamičkim uvjetima rukometne igre. Istraživanja svjedoče da je to moguće postići primjenom senzomotornoga treninga kompleksne naravi (Page, 2006; Bruhn, Kullmann i Gollhofer, 2004).

Rukomet je kao sportska igra evoluirao prolazeći na svom putu različite razvojne faze. U početku su postojale dvije varijante rukometne igre, veliki rukomet koji se prakticirao na vanjskim terenima većih dimenzija i mali, takozvani dvoranski rukomet (Flander, 1977). S vremenom, dvoranski rukomet je zbog svoje zanimljivosti i naglo rastuće popularnosti pogotovo među mlađom populacijom istisnuo veliki rukomet iz programa natjecanja pri čemu su zadnja međunarodno značajna prvenstva u velikom rukometu održana 1960. godine za

rukometašice i 1966. godine za rukometaše (Flander, 1977). Sedamdesetih godina 20. stoljeća mali odnosno dvoranski rukomet proživljava novi razvojni zamah uključivanjem u programe natjecanja na Olimpijskim igrama, i to 1972. godine rukometaši i 1976. godine rukometašice te uključivanjem najboljih nacionalnih ekipa u kontinentalna natjecanja pri čemu se posebno ističu Kup europskih prvaka (nešto ranije, od 1957. odnosno 1959. godine) i Kup nacionalnih pobjednika kupova od 1975. godine za rukometaše odnosno 1976. godine za rukometašice (Flander, 1977). Devedesetih godina 20. stoljeća Europska rukometna federacija proširuje program rukometnih natjecanja uvođenjem Europskog prvenstva za rukometaše i rukometašice, natjecanja na kojima sudjeluju najbolje reprezentacije europskog kontinenta. Sve rečeno do sada doprinijelo je rastućoj popularizaciji rukometa i povećanom interesu za njegovim praćenjem, pogotovo u zemljama Europe. Na taj način i rukomet se pozicionirao kao važan i ravnopravan čimbenik europske ali i svjetske sportske obitelji. I ne samo to, pojavljuju se i različite inačice ove zanimljive i atraktivne sportske igre, od kojih posebno valja istaknuti aktivnosti i natjecanja u Rukometu na pijesku te Rukomet za osobe s invaliditetom koji se razvija u smjeru Rukometa za osobe s oštećenjem sluha i koji se igra na međunarodnoj razini otprilike pedesetak godina dok se u posljednjih pet godina pojavljuje, organizira i usustavljuje Rukomet za osobe u invalidskim kolicima. Aktivnim promišljanjem i razvojem u različitim pravcima, između ostalog, ova dinamična igra tako je dala svoj doprinos razvoju modernih i „novih“ sportova, prilagođenih vremenu i svijetu u kojem živimo (rukomet na pijesku), ali i pružila priliku kroz svoje pojavne oblike snažnijoj integraciji osoba s invaliditetom u društvo, potvrđujući time svoju širu društvenu ulogu potičući i aktivno promišljajući inkluziju (rukomet za osobe s oštećenjem sluha, rukomet u invalidskim kolicima).

U Hrvatskoj, rukomet je sport od značajnog interesa i popularnosti. Tome svjedoče prije svega iznimni uspjesi koje su naši sportaši, odnosno rukometaši ostvarili na najvažnijim međunarodnim natjecanjima (Vuleta, Milanović i sur., 2004). Od samostalnosti, a relativno smo mlada Država, zapravo je nevjerojatan niz ostvarenja koja su dosegnuta u ovom sportu. Između ostalog, na reprezentativnom nivou hrvatski rukometaši i rukometašice postaju olimpijski (prva zlatna olimpijska medalja za Republiku Hrvatsku od proglašenja neovisnosti ostvarena u Atlanti 1996. godine), svjetski i mediteranski prvaci, isto vrijedi i za mlađe reprezentativne selekcije; hrvatski Klubovi osvajali su sva najvažnija kontinentalna natjecanja; hrvatski igrači, treneri i suci proglašavani su najboljima na svijetu odnosno najboljima na svijetu svih vremena. Ne samo to, sve te uspjehe i dostignuća u različitim kategorijama ponavljali su i ostvarivali i hrvatski rukometaši i rukometašice na pijesku, rukometaši u kolicima koji odmah na prvim

međunarodnim natjecanjima osvajaju medalje najviših vrijednosti te rukometaši s oštećenjem sluha koji su bili i europski i svjetski prvaci te višestruki olimpijski pobjednici u svojoj kategoriji (Mesch, U. i Mesch, J., 2018; ICSD, 2015). Tome bi svakako trebalo pridodati i visoku kvalitetu i razinu uspješnosti u organizaciji najvažnijih međunarodnih natjecanja što je zasigurno omogućilo i razvoj rukometne infrastrukture i male korake u poboljšanju uvjeta rada svih dionika u rukometu. I time rukomet, zapravo, potvrđuje svoju vrijednost i važnost uloge koju ima u sportskoj ali i društvenoj zajednici Republike Hrvatske te dužinu svoje tradicije i interesa kojeg pobuđuje u javnosti. Hrvatska rukometna škola, koja se nalazi u pozadini svih tih inicijativa i uspjeha priznata je i prepoznata i u određenom smislu na užoj razini ali i na širem, kontinentalnom, odnosno svjetskom nivou. Pri tome je možda najvažnije istaknuti a ujedno je i najveća vrijednost, uloga koju su istaknuti hrvatski igrači, treneri, djelatnici, nastavnici, profesori i znanstvenici imali u popularizaciji i razvoju ove igre (Malić, 1999). Kao prosvjetitelji, širili su spoznaje o pravilima i zanimljivosti rukometa, organizirali prve treninge i natjecanja i upoznavali zainteresiranu javnost sa svim bitnim sastavnicama ovog sporta, prvo unutar granica Republike Hrvatske (Malić, 1999), ali nakon toga i dalje, pronoseći njegovu ideju, prije svega u susjednim zemljama, a zatim i sudjelujući u razvoju te postavljanju sustava i ostvarenju najvećih uspjeha i u nekim trenutno najjačim rukometnim savezima Europe i Svijeta. Tu poziciju hrvatska rukometna škola održava i ima i danas.

U kontekstu dinamičnog razvoja kojim je krenuo, te različitih pojavnih oblika kojima se izražava, sve je naglašenija uloga ali i potreba da se objektivnim procjenama, znanstveno-istraživačkim metodama rada i različitim znanstvenim projektima, zainteresiranoj rukometnoj javnosti pružaju najbolji mogući odgovori i rješenja koja će usmjeravati ovaj sport u pravcu još višeg nivoa kvalitete (Vuleta, Milanović i sur., 2009). U pozadini svih gore ostvarenih rezultata u Hrvatskoj, zasigurno se nalaze i znanstvene spoznaje i njihova primjena koje su pozitivno utjecale na nivo rukometa i uspješnost hrvatskih rukometaša na najvažnijim natjecanjima čime ustvari sve navedeno postaje dodatni motiv i obveza, motiv za provođenjem daljnjih istraživanja i traženjem novih odgovora koji će unaprijediti rukometnu praksu (Vuleta, Milanović i sur., 2004).

S tim u vezi, valja naglasiti da je u prostoru rukometa za osobe s oštećenjem sluha, koji su od posebnog interesa u ovom istraživanju, to važno dodatno istaknuti, jednostavno zbog činjenice da do sada postoji vrlo mali broj radova koji se konkretno bavi problematikom navedenog područja. Promišljajući na taj način, pojavljuje se potreba za provođenjem istraživanja i otkrivanjem novih znanstvenih spoznaja koja će ponuditi još snažniji zamah uspješnosti i



razvoju rukometa za osobe s oštećenjem sluha, bilo u smjeru poboljšanja rezultata ili u smjeru čuvanja zdravlja odnosno produžene sportske karijere osoba koje u njemu sudjeluju.

Međunarodni savez sportova za gluhe (engl. *The International Committee of Sports for the Deaf* - ICSD) najstarija je sportska organizacija za osobe s invaliditetom osnovana 1924. godine u Parizu, Republika Francuska (Mesch, U. i Mesch, J., 2018; ICSD, 2015). Jedan od glavnih ciljeva navedene organizacije odnosi se na razvijanje i promociju sportskog treninga te na kontrolu provođenja natjecanja koja su organizirana od strane međunarodnih, nacionalnih ili regionalnih sportskih federacija za osobe s oštećenjem sluha (ICSD, 2015). Dodatno, Međunarodni savez sportova za gluhe nadgleda i sudjeluje u organizaciji ljetnih i zimskih Olimpijskih igara za gluhe (engl. *Deaflympics*) i do sada, u periodu između 1924. godine i 2013. godine, ukupno je pod njihovim vodstvom realizirano 39 takvih natjecanja, dvadeset i dvije ljetne i 17 zimskih manifestacija (ICSD, 2015). Odvijaju se u periodu od svake dvije godine, dok u periodu kada nije godina Igara, organiziraju se Svjetska prvenstva u različitim sportovima (ICSD, 2015). Na taj način, ta krovna organizacija za osobe s oštećenjem sluha u velikom broju sportova, od čega je od posebnog interesa u ovom istraživanju rukomet, aktivno doprinosi uključivanju što većeg broja navedenih sportaša u integraciju u djelatnostima uže ili šire društvene zajednice. Pomažući im da se kroz sport izraze aktivno se uključuju u životne procese i na taj način trajno postaju neodvojivi i važan čimbenik funkcioniranja u zajedničkom društvu snažno proživljavajući inkluziju. Potreba za odvojenim Igrama isključivo za sportaše koji ne mogu čuti ili pričati proizlazi iz dvije činjenice (Mesch, U. i Mesch, J., 2018; ICSD, 2015): jedna je broj sudionika a druga proizlazi iz razlike u odnosu na sve druge sportaše, a koja se očituje u specijalnim komunikacijskim potrebama na sportskom terenu osoba s oštećenjem sluha, ali također i u socijalnoj interakciji koja je isto tako jednako važan segment Igara (Mesch, U. i Mesch, J., 2018; ICSD, 2015). Na natjecanjima za osobe s oštećenjem sluha smiju se, između ostalog, natjecati isključivo sportaši koji imaju oštećenje odnosno gubitak sluha najmanje 55 dB u boljem uhu (ICSD, 2015). S obzirom na navedeno, uvažavajući činjenicu posebnosti u načinu funkcioniranja i primanju i obradi informacija iz okoline, transferu i davanju odgovora na podražaj, u kontekstu uspješnosti i prisutnog organiziranog vođenja rukometaša s oštećenjem sluha na najvažnija svjetska natjecanja u Republici Hrvatskoj, te u nedostatku adekvatnih spoznaja o navedenoj populaciji primarno u području prevencije sportskih ozljeda, pojavila se potreba za provođenjem istraživanja koje će pokušati dijelom dati odgovor na mnoga pitanja koja iz tog sustava sportske pripreme, treninga i natjecanja proizlaze, a vezana su za rukomet.

Gledajući iz perspektive osoba s oštećenjem sluha i njihove nužnosti reorganizacije primanja, obrade i prijenosa informacija te slanja naredbi lokomotornom sustavu, zbog deficita kojem su izloženi uzrokovano nedostatnošću slušnih podražaja, vrlo zanimljivo čini se područje koje se odnosi na njihovu sposobnost kontrole pokreta te ravnoteže u statičkim i dinamičkim uvjetima. Istraživanja ukazuju na činjenicu da prilikom održavanja uspravnog položaja i drugih, zahtjevnijih ravnotežnih zadataka čovjek koristi i auditorne (slušne) informacije te da one utječu na posturalnu regulaciju (Gandemer i sur., 2014). Kontrola ravnoteže temelji se na multisenzornoj integraciji vizualnih, vestibularnih, somatosenzornih i okulomotornih informacija, a moguća uloga slušnih podražaja očituje se u činjenici da ljudi koriste prostorno-vremenske informacije kako bi lokalizirali izvore zvuka (Anton, Ernst i Basta, 2019; Seiwerth i sur., 2018). Nedavno su Seiwerth i suradnici (2020) zabilježili promjenu u ekscitaciji vestibularnog sustava pod utjecajem zvuka, čime su potvrdili moguće postojanje mehanizma audiovestibularne interakcije u pozadini kontrole pokreta. Temeljem zabilježenog, autori su zaključili da auditorni sustav predstavlja jedan od posturalnih podsustava. Na tragu ovih spoznaja, Anton, Ernst i Basta (2021) dokazuju da u određenim okolnostima, točno locirani izvor zvuka može poboljšati motoričku kontrolu tijekom hodanja. Dosadašnje spoznaje podupiru činjenicu da posturalna stabilnost ovisi o vizualnim, vestibularnim, proprioceptivnim i slušnim informacijama, pri čemu auditorni sustav koristi slušne inpute kako bi lokalizirao izvor zvuka. To dokazuje ulogu slušnih informacija u održavanju ravnotežnog položaja, ali i motoričkoj kontroli općenito. U prilog tome idu i rezultati istraživanja koji ukazuju na to da su biomehanički pokazatelji stabilnosti hoda lošiji u adolescenata s oštećenjem sluha u usporedbi sa zdravim adolescentima, što opisuje znatno nesigurniji hod mladih s oštećenjem sluha (Azadian i sur., 2020). Također, sportaši s oštećenjem sluha imaju slabiju ravnotežu od sportaša bez oštećenja sluha (Makaracı, i sur., 2021) te mogu imati niže vrijednosti motoričkih sposobnosti u odnosu na normativne vrijednosti za njihovu dob (Akinoğlu i Kocahan, 2019b).

To je od posebnog značaja u ovom istraživanju promatrajući navedeno u kontekstu sporta, odnosno rukometa. Ravnoteža se može definirati kao sposobnost organizma da u određenoj dinamici držanjem tijela spriječi pad, uvažavajući djelovanje sila inercije na trup i karakteristike pojedinih segmenata tijela koji na to djelovanje reagiraju (Winter, 1995). S obzirom da je čovjek dvonožno biće, te da se kreće po površini oslanjajući se s obje noge na podlogu kad je riječ o uspravnom stavu odnosno stajanju na istoj, na jednu nogu oslanjajući se o podlogu kada je riječ o hodanju i bez kontakta s podlogom u određenom dijelu u trčanju, izvođenje navedenog predstavlja u većoj ili manjoj mjeri veliki izazov našem sustavu za održavanje ravnoteže

(Winter, 1995). Što je sposobnost održavanja projekcije centra težišta unutar oslonačne površine bolja, to će osoba biti stabilnija u određenim situacijama (Latash, 2008). Ipak, ta sposobnost neminovno ovisi o količini informacija koje bivaju prikupljene na periferiji i obrađene u višim centrima živčanog sustava čovjeka. Učinkovitost algoritma posturalne kontrole dakle ovisi o vizualnim, vestibularnim, proprioceptivnim i slušnim informacijama (Anton, Ernst i Basta, 2019; Seiwert i sur., 2018).

Poznati su različiti termini koji se koriste u literaturi kada govorimo o ravnoteži: posturalna stabilizacija (Rabuffetti i sur., 2011), uspravni stav ili uspravna postura (Kiemel, Zhang i Jeka, 2011), posturalna kontrola (Rogan i sur., 2011) te posturalna ravnoteža (Kavounoudias, Roll, R. i Roll, J.P., 2001). Pollock i sur. (2000) posturalnu kontrolu definiraju kao sposobnost održavanja, postizanja ili povrata ravnotežnog položaja tijekom zauzimanja bilo koje pozicije držanja tijela ili tijekom bilo koje aktivnosti.

Slijedom navedenog, možemo primijetiti da se utjecaji na ravnotežu i sposobnost tijela da se zadrži u stabilnom položaju odvijaju u različitim uvjetima. Te uvjete možemo definirati kao statičke i dinamičke. U statičkim uvjetima tijelo nastoji zadržati ravnotežni položaj na način da projekcija centra težišta tijela se uvijek nalazi unutar oslonačne površine i to nastojeći ne pomicati se dok u dinamičkim uvjetima naš sustav za održavanje ravnoteže nastoji očuvati stabilnost položaja na isti način ali tijekom izvođenja različitih kretnih struktura. S obzirom na dinamičnost rukometne igre, različite kretne strukture koje rukometaši izvode u različitim uvjetima, često i pri velikim brzinama kretanja, zahtjevi za održavanjem ravnoteže tijekom treninga ili utakmice mogu biti od presudne važnosti i njena uspostava što brže u vremenu može značiti razliku između nenarušenog zdravstvenog statusa ili doživljene sportske ozljede. Sposobnost održavanja ravnoteže u statičkim i dinamičkim uvjetima kod osoba s oštećenjem sluha razlikuje se u odnosu na standardnu populaciju (de Sousa, de França Barros i de Sousa Neto, 2012; Rajendran, Roy i Jeevanantham, 2012). Slabiju posturalnu kontrolu osoba s oštećenjem sluha moguće je djelomično objasniti deficitom auditorne percepcije te nužnošću stvaranja specifičnih strategija posturalne kontrole u zadacima prostorno-vremenske orijentacije (de Sousa, de França Barros i de Sousa Neto, 2012; Rajendran, Roy i Jeevanantham, 2012). Činjenica da je sposobnost održavanja ravnoteže standardne populacije moguće poboljšati putem senzomotornoga treninga dobro je poznata (Rajendran i Roy, 2011; Suarez i sur., 2007; Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991). S druge strane, relativno je mali broj istraživanja o utjecaju senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu osoba s oštećenjem sluha. Također nema spoznaja o utjecaju senzomotornoga treninga na lokalnu motoričku

kontrolu koljenog zgloba kod osoba s oštećenjem sluha. Optimalna motorička kontrola u donjim ekstremitetima (gležanj i koljeni zglob) preduvjet je za dobro razvijenu dinamičku ravnotežu, a samim time i za stabilniju posturu.

Nedovoljna motorička kontrola u zglobu, kao i slabija sposobnost održavanja ravnoteže u statičkim, a pogotovo u dinamičkim uvjetima predstavlja rizični faktor za nastanak ozljeda donjih ekstremiteta. Loša dinamička stabilnost nerijetko dovodi do težih ozljeda koljenog zgloba (Gheysen, Loots i Van Waelvelde, 2008; Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991; Siegel, Marchetti i Tecklin, 1991; Wieggersma i Van der Velde, 1983). U uvjetima umora, posturalna kontrola dodatno se narušava čemu svjedoči činjenica da se većina ozljeda tijekom sportsko rekreacijskih aktivnosti, a pogotovo u sportskim igrama, dešava neposredno pri kraju utakmice ili treninga (Wieggersma i Van der Velde, 1983). Madžar (2015) djelomično potvrđuje ovaj navod ističući da se značajno veći broj ozljeda kada je riječ o profesionalnim nogometašima i rukometašima događa u drugom poluvremenu, odnosno neposredno pred kraj natjecanja, no isto tako razlikuje pojavnost ozljeda u odnosu trening–natjecanje iznoseći spoznaju da su u natjecanju ozljede značajno češće. To potvrđuje i Van Beijsterveldt (2013) navodeći da je broj ozljeda u igri značajno veći u odnosu na broj ozljeda na treningu iznoseći razmišljanje da u igri postoji veći intenzitet, emotivni naboj i želja za pobjedom u odnosu na sportski trening. Također, kada govorimo samo o rukometu, istraživanje koje su proveli Langevoort i sur. (2007) analizirajući učestalost ozljeda na šest najvažnijih međunarodnih rukometnih turnira, pokazalo se da se na tisuću sati igre događa u prosjeku 108 ozljeda, odnosno otprilike 1,5 ozljeda po utakmici. Utvrđeno je također da su se ozljede najčešće događale u području donjih ekstremiteta (42%) te da su najčešće uzrokovane kontaktom s protivničkim igračem (Langevoort i sur., 2007). Senzomotorni trening sve se više koristi u programima prevencije i rehabilitacije ozljeda koljenog zgloba, upravo s ciljem poboljšanja dinamičke stabilnosti i lokalne motoričke kontrole vježbača. U prilog tome ide i istraživanje koje su proveli Zebis i sur. (2008) i kojim su utvrdili na uzorku od 12 nogometašica elitnog ranga i 8 rukometašica vrhunske natjecateljske razine da je senzomotorni trening utjecao na povećanje elektromiografske aktivnosti središnjeg dijela dvoglavog mišića natkoljenice aktivno pri tome vršeći utjecaj na smanjenje rizika od položaja dinamičkog valgusa u koljenu i time tijekom izvođenja brzih promjena smjera kretanja smanjio rizik od nastanka nekontaktne ozljede prednje ukrižene sveze. Dosadašnje spoznaje svakako ukazuju na mogućnost poboljšanja statičke i dinamičke ravnoteže putem senzomotornoga treninga, što dovodi do smanjenja rizika ozljeđivanja kod zdravih, odmornih pojedinaca. Od posebnog interesa ovog istraživanja

iznimno je važno utvrditi može li spomenuti senzomotorni trening utjecati na poboljšanje i stabilnost sustava za ravnotežu i u osoba s oštećenjem sluha, odnosno još specifičnije, rukometaša koji imaju navedeno oštećenje te da li može pozitivne pomake takav tip treninga proizvesti kada je riječ o dinamičkoj ravnoteži i zglobnoj motoričkoj kontroli u uvjetima umora. Iz dosadašnjih istraživanja vidljivo je da se senzomotorni trening često primjenjuje u području prevencije i rehabilitacije sportskih ozljeda, pogotovo ozljeda donjih ekstremiteta (Gheysen, Loots i Van Waelvelde, 2008; Wiegersma i Van der Velde, 1983). Takav trening dovodi do poboljšanja motoričke kontrole u zglobovima (Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991; Siegel, Marchetti i Tecklin, 1991), te do smanjenja broja ozljeda donjih ekstremiteta kod zdravih vrhunskih sportaša i rekreativaca (Gheysen, Loots i Van Waelvelde, 2008; Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991; Siegel, Marchetti i Tecklin, 1991; Wiegersma i Van der Velde, 1983). Dosadašnja su istraživanja pratila akutni utjecaj umora na sposobnost održavanja ravnoteže (Rine i sur., 2004; Heitkamp i sur., 2001) ili učinak senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu treniranih pojedinaca (Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991; Siegel, Marchetti i Tecklin, 1991). Utjecaj senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu u uvjetima umora još nije istražen.

Rezultati recentnijih istraživanja u području motoričke kontrole osoba s oštećenjem sluha svjedoče o različitoj senzori-motornoj organizaciji osoba s oštećenjem sluha, u odnosu na standardnu populaciju (de Sousa, de Franca Barros i de Sousa Neto, 2012; Rajendran, Roy i Jeevanantham, 2012). Također, dokazan je deficit u posturalnoj kontroli osoba s oštećenjem sluha, u odnosu na standardnu populaciju u statičkim i dinamičkim uvjetima (Rajendran, Roy i Jeevanantham, 2012; Hubsher i sur., 2010). Spoznaje o različitostima u senzori-motornoj organizaciji između osoba s oštećenjem sluha i standardne populacije, kao i relativno mali broj istraživanja o utjecaju senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu i ravnotežu osoba s oštećenjem sluha, naglašava potrebu za proučavanjem utjecaja primjene takvog treninga na motoričku kontrolu i dinamičku ravnotežu osoba s oštećenjem sluha, odnosno rukometaša koji pripadaju toj kategoriji osoba s invaliditetom. Na taj način, rezultati koji će se prikupiti istraživanjem pridonijeti će znanstvenom utemeljenju treninga, natjecanja i oporavka za rukometaše s oštećenjem sluha kroz procese planiranja, programiranja, provedbe i kontrole tih aktivnosti (Vuleta, Milanović i sur., 2009). To se osobito odnosi na onaj dio planiranja i programiranja treninga, natjecanja i oporavka koji ima za cilj prevenciju ozljeda sportaša i smanjenje utjecaja umora na rizik pojavnosti trauma ili oštećenja, prije svega lokomotornog sustava.

Ozljede donjih ekstremiteta tijekom sportsko-rekreacijskih aktivnosti nerijetko se dešavaju u uvjetima umora (Wiegersma i Van der Velde, 1983). Negativan utjecaj lokalnog umora na motoričku kontrolu gornjih ekstremiteta standardne populacije dobro je poznat (Loudon i sur., 2008; Riach i Starkers, 1994). Iako se utjecaj umora na motoričku kontrolu donjih ekstremiteta rjeđe istražuje, postoje čvrsti dokazi da je stabilizacija zgloba u uvjetima umora različita, u odnosu na odmorno stanje (Sousa i sur., 2010; Gayle i Pohlman, 1990). Gandevia (2001) navodi da je naprimjer mišićni umor rezultat smanjenog manifestiranja maksimalne voljne mišićne kontrakcije uzrokovano vježbom pri čemu se on pojavljuje ne samo zbog promjena na nivou mišića (periferno) nego i zbog promjena u središnjem živčanom sustavu pri čemu sve zajedno negativno utječe na propriocepciju i posturalnu kontrolu. U uvjetima umora mijenja se i redoslijed ili vrijeme aktivacije mišića stabilizatora koljenog zgloba (Sousa i sur., 2010). Uzimajući u obzir sve navedeno, postavlja se pitanje mogu li se negativni učinci pojave umora prevenirati provođenjem senzomotornoga treninga u osoba s oštećenjem sluha, točnije rukometaša s oštećenjem sluha.

Zaključno, dosadašnja su istraživanja pratila učinak senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu zdravih treniranih pojedinaca (Gheysen, Loots, Van Waelvelde, 2008; Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991; Siegel, Marchetti i Tecklin, 1991; Wiegersma, Van der Velde, 1983). Akutni utjecaj umora na sposobnost održavanja ravnoteže standardne populacije također je istražen (Sousa i sur., 2010; Gayle i Pohlman, 1990). S druge strane, utjecaj senzomotornoga treninga na statičku i dinamičku ravnotežu osoba s oštećenjem sluha vrlo je rijetko istraživano, i to uglavnom na populaciji mlađe školske dobi (de Sousa, de Franca Barros i de Sousa Neto, 2012; Rajendran, Roy i Jeevanantham, 2012), dok utjecaj istog treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu osoba s oštećenjem sluha u uvjetima umora još nije utvrđen. Obzirom da je kod osoba s oštećenjem sluha sposobnost održavanja ravnoteže dodatno narušena u odnosu na standardnu populaciju, javlja se potreba za istraživanjem utjecaja senzomotornoga treninga na sposobnost održavanja ravnoteže i motoričku kontrolu upravo na tom uzorku ispitanika. Činjenica da se i kod sportaša rekreativaca s oštećenjem sluha ozljede donjih ekstremiteta češće dešavaju u uvjetima umora govori o važnosti utvrđivanja utjecaja senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu osoba s oštećenjem sluha u uvjetima umora.

Dosadašnja istraživanja ne pružaju dovoljnu količinu spoznaja koja bi objasnila adaptaciju osoba s oštećenjem sluha na senzomotorni trening u smislu poboljšanja globalne (ravnoteža) i lokalne (sposobnost precizne reprodukcije kuta u zglobu) posturalne kontrole. Također, nema

spoznaja o učinku takvog treninga na iste sposobnosti u uvjetima umora. Rezultati dosadašnjih istraživanja, bili su osnova za kreiranje istraživanja u okviru kojeg su utvrđeni učinci senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu globalne i lokalne razine rukometaša s oštećenjem sluha i to u uvjetima odmora i umora.

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi učinke senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha.

Sekundarni cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora.

Iz postavljenih ciljeva proizašle su slijedeće hipoteze:

H1: Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha

H2: Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha

H3: Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora

H4: Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora



### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1 Ispitanici

Istraživanje je provedeno na prigodnom uzorku od dvadeset i četiri rukometaša s oštećenjem sluha Zagrebačke županije i Grada Zagreba, muškog spola, prosječne dobi od 28 godina ( $\pm 6,3$  godine). Prije samog početka istraživanja proveden je zajednički sastanak na kojemu su ispitanici detaljno upoznati s planom provedbe istraživanja kao i s mogućim rizicima njihova sudjelovanja. Objašnjen je osnovni cilj istraživanja te dan detaljan opis eksperimentalnog nacrt. Opisani su predviđeni mjerni postupak, protokol umaranja te eksperimentalni program treninga. Nakon zajedničkog sastanka, ispitanici su potpisali izjavu o dobrovoljnom pristanku sudjelovanja u istraživanju. Od ukupnog broja ispitanika njih 6 pripadnici su Hrvatske reprezentacije rukometaša s oštećenjem sluha (neobjavljeni podaci Hrvatskog športskog saveza gluhih). Kao reprezentativci Hrvatske osvojili su veliki broj medalja na najvažnijim rukometnim natjecanjima, kao što su europska i svjetska prvenstva te Olimpijske igre gluhih (Mesch, U. i Mesch, J., 2018; ICSD, 2015).

Kriteriji za uključivanje ispitanika u istraživanje obuhvaćali su:

- 1) dijagnosticirano oštećenje sluha (najmanje 55 dB na testu audiometrije u boljem uhu (ICSD, 2015)
- 2) dob ispod 40 godina života
- 3) redovito treniranje rukometa (ili samo u sustavu kluba ili u klubu i kroz sustav pripreme u reprezentaciji)

Kriterij za neuključivanje ispitanika u istraživanje obuhvaćali su:

- 1) Povijest akutne ozljede lokomotornog sustava – ispitanici koji su u posljednjih godinu dana pretrpjeli ozljedu donjih ekstremiteta ili lumbalnog dijela kralježnice nisu bili uključeni u istraživanje.
- 2) Povijest sindroma prenaprezanja lokomotornog sustava – ispitanici s bolovima uslijed sindroma prenaprezanja u području donjih ekstremiteta ili lumbalne kralježnice nisu uključeni u istraživanje.
- 3) Neuromuskularni poremećaji – ispitanici s dijagnosticiranim neuromuskularnim poremećajem nisu uključeni u istraživanje.

Zdravstveno stanje ispitanika, vezano za kriterije uključivanja i isključivanja iz istraživanja, provjereno je uvidom u liječničku dokumentaciju. Nakon uvida u dokumentaciju, i potpisane suglasnosti o sudjelovanju, ispitanici su ispunili anketni upitnik koji je sadržavao pitanja o osnovnim podacima ispitanika (ime i prezime, dob, spol, sati rukometnog treninga tjedno, preferirana noga). Preferirana noga određena je tako da se od ispitanika zatražilo da izabere kojom bi nogom preciznije i dalje šutnuo nogometnu loptu (Carpes i sur., 2011). Nakon provedbe početnog mjerenja, ispitanici su slučajnim odabirom raspoređeni u jednu od sljedećih skupina:

- 1) Kontrolna skupina (K) – 12 ispitanika
- 2) Eksperimentalna skupina (E) – 12 ispitanika

Prema podacima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (Benjak, 2019), u Hrvatskoj boravi 13133 osoba s oštećenjem sluha. Od toga, 1709 ih boravi u Zagrebu, a 635 su građani Zagrebačke županije. U Republici Hrvatskoj je trenutno 35 rukometaša s oštećenjem sluha (neobjavljeni podaci Hrvatskog športskog saveza gluhih). Dvadeset i četiri ispitanika uključeno u ovo istraživanje čini 68% od ukupnog broja službeno registriranih rukometaša s oštećenjem sluha u Hrvatskoj. Iz tog razloga uzorak ispitanika ovog istraživanja omogućava znatnu sigurnost pri interpretaciji podataka i u donošenju zaključaka na cjelokupnu populaciju rukometaša s oštećenjem sluha Republike Hrvatske. U malom broju dosadašnjih istraživanja slične tematike, uzorak sportaša s oštećenjem sluha sastojao se od 18 do 23 ispitanika (Makarac i sur., 2021; Akinoğlu i Kocahan, 2019a; Akinoğlu i Kocahan, 2018).

Osnovni podaci ispitanika provedenog istraživanja nalaze se u tablici broj 1. Važno je napomenuti kako se osnovni podaci ispitanika kontrolne i eksperimentalne skupine nisu znatno razlikovali, a što je činilo osnovu za daljnje provođenje istraživanja bez eventualnog utjecaja različitog statusa uhranjenosti ili tjednog broja treninga na rezultate provedenog istraživanja. Svi su ispitanici trenirali tri puta tjedno u trajanju od 90 minuta.

Tablica 1. Osnovni podaci ispitanika izmjereni na početnom mjerenju (aritmetička sredina ± standardna devijacija) te razlike između skupina na početku istraživanja.

SKUPINA	BROJ ISPITANIKA	DOB (godine)	VISINA (cm)	TEŽINA (kg)	INDEKS TJELESNE MASE	BROJ SATI TRENINGA TJEDNO
E	12	27,10 ± 7,13	1,82 ± 0,07	79,20 ± 7,44	23,82 ± 1,28	4,5
K	12	28,20 ± 5,47	1,80 ± 0,05	78,60 ± 5,27	24,24 ± 0,83	4,5
Razlika ( <i>p</i> )	-	0,70	0,41	0,84	0,39	-

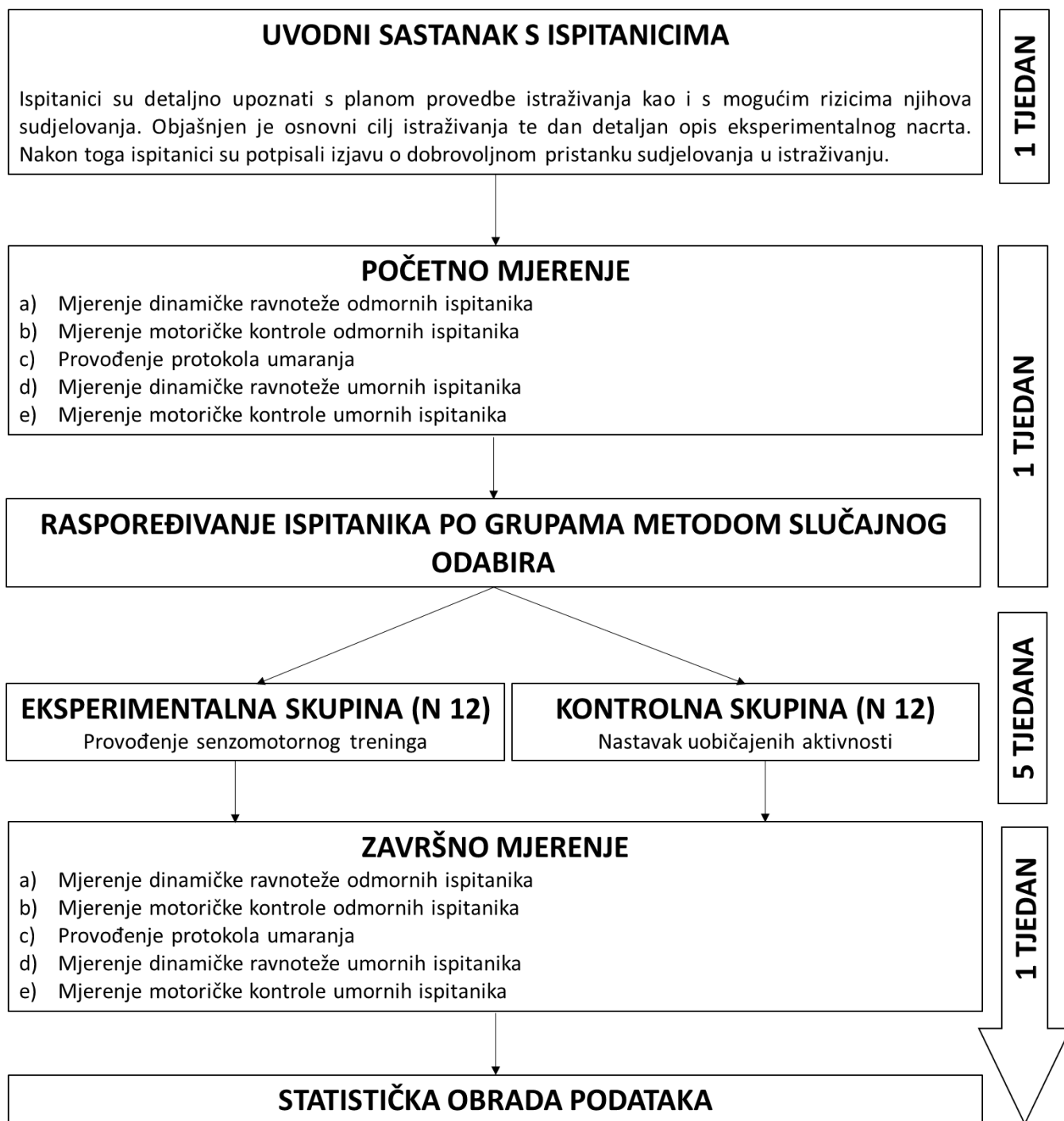
*Legenda:* E - eksperimentalna skupina; K – kontrolna skupina; *p*-razina statističke značajnosti

### 3.2 Plan istraživanja

Provedeno istraživanje pripada kategoriji randomiziranih kontroliranih studija. U okviru istraživanja proučavan je učinak trenažnog programa pomoću dvije skupine ispitanika s oštećenjem sluha koji su slučajnim odabirom dodijeljeni eksperimentalnoj ili kontrolnoj skupini. Korištena metodologija omogućila je istraživanje uzročnosti posljedica provedenog treninga na interesnu skupinu u kontroliranim uvjetima (Marušić i sur., 2019).

Plan istraživanja sastojao se od nekoliko faza:

- 1 *Početno mjerenje a) dinamičke ravnoteže i b) motoričke kontrole u koljenom zglobu na odmornim i umornim ispitanicima.* Po dolasku ispitanika prvo se provelo mjerenje dinamičke ravnoteže i motoričke kontrole, zatim je proveden protokol umaranja, te je ponovljeno jednako mjerenje dinamičke ravnoteže i motoričke kontrole na umornim ispitanicima.
- 2 *Raspoređivanje ispitanika po skupinama.* Neposredno nakon početnog mjerenja, a prije početka trenažnog razdoblja, ispitanici su slučajnim odabirom raspoređeni u eksperimentalnu (E) ili kontrolnu (K) skupinu. Proces randomizacije odvijao se na sljedeći način: prvo je svakom ispitaniku određen redni broj, od 1 do 24, nakon čega su softverski (<http://www.random.org/integers/>) generirane dvije kolone slučajnih brojeva (E i K kolona). Ispitanici su sukladno svom rednom broju svrstani u jednu od dviju skupina.
- 3 *Trenažno razdoblje.* Nakon randomizacije ispitanika i svrstavanja u pojedine skupine eksperimenta, između početnog i završnog mjerenja, ispitanici E skupine provodili su senzomotorni trening u trajanju od pet tjedana (4 treninga tjedno) sa sveukupno 20 trenažnih jedinica. Ispitanici K skupine nastavili su s uobičajenim aktivnostima, bez provođenja specifičnih senzomotornih treninga.
- 4 *Završno mjerenje a) dinamičke ravnoteže i b) motoričke kontrole u koljenom zglobu na odmornim i umornim ispitanicima.* Nakon petotjednog trenažnog razdoblja, ponovljeno je mjerenje interesnih motoričkih sposobnosti. Prvo se provelo mjerenje dinamičke ravnoteže i motoričke kontrole, zatim je proveden protokol umaranja, te je ponovljeno jednako mjerenje dinamičke ravnoteže i motoričke kontrole na umornim ispitanicima. Plan provedenog istraživanja detaljno je prikazan u slici broj 1.



Slika 1. Grafički prikaz tijeka istraživanja

### 3.3. Protokol mjerenja

Na službenom mjerenju organizirano je uvodno zagrijavanje ispitanika. Svi su ispitanici prije testiranja prošli jednaki protokol zagrijavanja koji se sastojao od desetominutnog trčanja uz zadatke te vježbi razgibavanja. Zadatci koji su se izvodili tijekom zagrijavanja bili su dio specifičnog rukometnog zagrijavanja (zadatci škole trčanja, promjene smjera kretanja, bočna kretanja, imitacija skok-šuta, nagla zaustavljanja, skokovi, naskoci, dubinska kretanja dijagonalno, šprintevi, cik-cak trčanja) te razgibavanje i dinamičko istezanje cijelog tijela). Isti protokol zagrijavanja primijenjen je na početku početnog i završnog mjerenja. Nakon zagrijavanja, ispitanicima je izmjerena dinamička ravnoteža pomoću zvjezdolikog testa za procjenu dinamičke ravnoteže (Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998). Nakon toga, procijenjena je motorička kontrola u koljenom zglobu. Motorička kontrola je u najširem smislu definirana kao sposobnost održavanja i promjene položaja i pokreta u različitim okolnostima (Utley, 2018). Prema dosadašnjim spoznajama o motoričkoj kontroli u kineziološkom kontekstu, motoričku kontrolu je osim sa kognitivnog aspekta potrebno promatrati kroz pokret te kroz sposobnost integracije senzomotornih informacija prilikom kontrole položaja tijela u prostoru (Utley, 2018). Iz tog razloga, testovi planirani za provjeru motoričke kontrole ispitanika uključivali su aspekt pokreta i kinestezije. Kako se istraživanje provodilo na populaciji rukometaša za provjeru aspekta motoričke kontrole u pokretu korišten je specifičan test brzog kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta (Bojić-Ćaćić, 2018; Vuleta, Prelčec, Gruić, 2004), dok je kinestezija provjerena zadatkom precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu fleksijom potkoljenice (Shakoor i sur., 2008; Hortobagyi i sur., 2004). Svi testovi su prevedeni prije i nakon što su ispitanici podvrgnuti protokolu umaranja. Svi su testovi provedeni od strane obučanih kineziologa, a prosječno trajanje jednog testiranja (mjerenje, umaranje te ponovno mjerenje) iznosilo je 45 minuta za svakog ispitanika.

### **3.3.1. Mjerenje dinamičke ravnoteže**

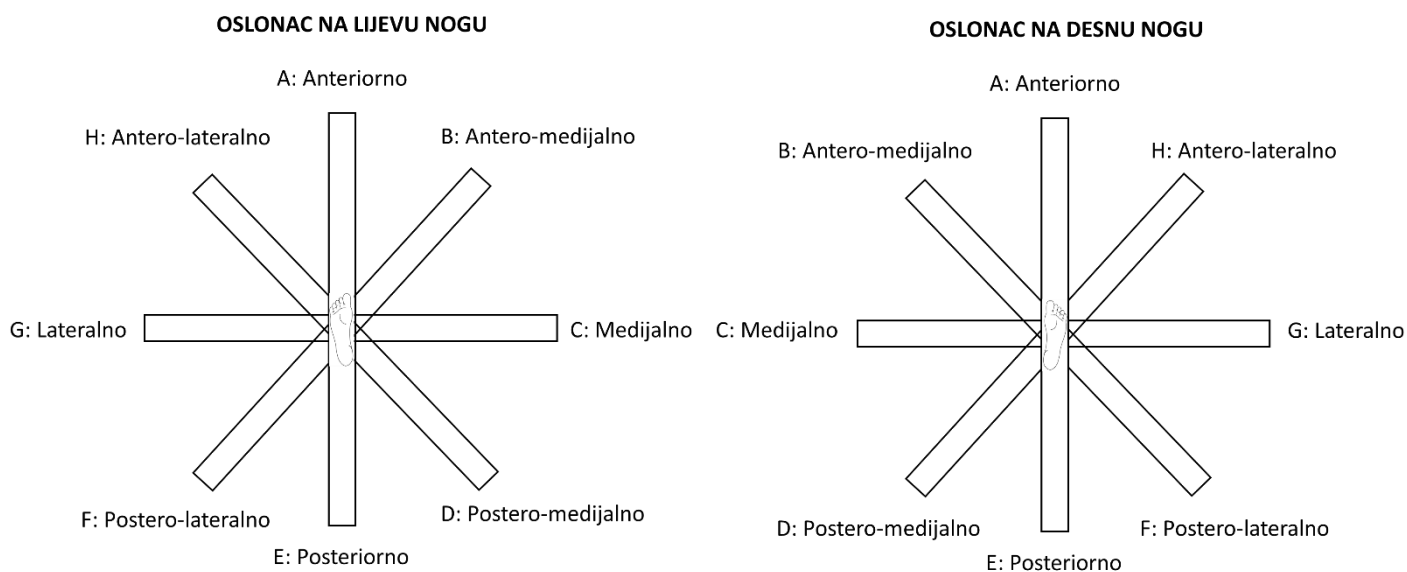
#### **3.3.1.1. Zvezdoliki test za procjenu dinamičke ravnoteže**

##### **3.3.1.1.1. Opis mjerenja**

Dinamička ravnoteža izmjerena je pomoću zvezdolikog testa za procjenu dinamičke ravnoteže (Hertel, Miller i Denegar, 2000). Dosadašnje spoznaje upućuju na zadovoljavajuću međuposjetnu (vrijednosti intraklasnog koeficijenta korelacije – ICC 0.67-0.96) i unutarposjetnu (ICC 0.81-0.93) pouzdanost (Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998). Prije izvođenja zadatka ispitivač je opisao i demonstrirao zadatak te su ispitanici jednom isprobali zadatak. Ispitanik je stojeći na jednoj nozi na sjecištu osam pravaca (Slika 2), stopalom slobodne noge trebao dotaknuti što dalju točku na svim pravcima. Nakon dva probna pokušaja (dva kruga), ispitanik je otvorenim očima proveo test. U svakom su pravcu mjerene tri čestice. Odmor između čestica bio je 10 sekundi, a između ekstremiteta 20 sekundi (Bouillon i Baker, 2011). Ukoliko je ispitanik tijekom mjerenja izgubio ravnotežu zadatak je ponovljen.

##### **3.3.1.1.2. Praćene varijable**

Mjere dinamičke ravnoteže bile su prosječna dužina na svakom od osam pravaca izmjerena u centimetrima, te izračunata ukupno pokrivena površina, kao ukupna mjera dinamičke ravnoteže svake noge.



Slika 2. Prikaz površine za izvođenje zvjezdolikog testa

### 3.3.2. Mjerenje motoričke kontrole

#### 3.3.2.1. Test precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu fleksijom potkoljenice

##### 3.3.2.1.1. Opis mjerenja

Kinestezija u zglobu koljena procijenjena je zadatkom precizne reprodukcije kuta fleksijom potkoljenice (Shakoor i sur., 2008; Hortobagyi i sur., 2004; Savelsbergh, Netelenbos i Whiting, 1991). Zadatak je izveden pomoću posebno oblikovanog električnog goniometra (*Vernier goniometer, Beaverton, OR, USA*). Kako bi se maksimalno smanjio utjecaj gravitacijske sile na mišiće agoniste pri zadanim pokretima, ispitanici su tijekom testiranja ležali na boku (Slika 3). Kut u zglobu kuka fiksiran je na  $45^\circ$ , dok je koljeno bilo u ekstenziji. Između natkoljenica, 15 cm iznad koljena, postavljeno je individualno povišenje, kako bi se izbjegao kontakt testirane s mirujućom nogom. Opisan je položaj predviđen kao početni (nulti) položaj. Nakon postavljanja u nulti položaj ispitanik je zatvorio oči. Ispitivač je pasivno pomicao potkoljenicu dovodeći ju u položaj pod zadanim (referentnim) kutom, zamolio ispitanika da pokuša zapamtiti položaj potkoljenice, zadržao 5 sekundi u tišini te vratio potkoljenicu u nulti položaj. Nakon toga ispitanik je zatvorenih očiju, aktivnom

fleksijom potkoljenice pokušao reproducirati zadani kut u koljenom zglobu, a električni je goniometar bilježio izvedeni kut u stupnjevima. Službeno mjerenje slijedilo je nakon dva probna pokušaja. Izvršila su se ukupno tri mjerenja za svaki kut prema točno definiranom redoslijedu (1) 15°, 60°, 105°; (2) 60°, 105°, 15°; (3) 105°, 15°, 60°. Redoslijed je unaprijed bio poznat samo ispitivaču, a definiran je kako bi se izbjegla situacija uzastopne reprodukcije jednakog kuta te radi standardizacije mjernog postupka (Nagai i sur., 2012). Test je proveden na obje noge. Sukladno uputama za provođenje testa precizne reprodukcije kuta u zglobu, mjerenje je provedeno u tihoj, mirnoj prostoriji, kako eventualna buka ne bi utjecala na ispitanikovu izvedbu (Proske i Gandevia, 2012 i 2009). Reprodukcija tri različita kuta planirana je radi praćenja učinka provedenog protokola umora na sposobnost precizne reprodukcije kuta u više amplituda fleksije koljena. Dosadašnje spoznaje iz područja neurofiziologije i motoričke kontrole ukazuju na različito djelovanje kožnih, zglobnih, mišićnih i tetivnih mehanoreceptora pri različitim amplitudama pokreta (Latash, 2008; Kavounoudias, Roll i Roll, 2001). Mjerenje sposobnosti precizne reprodukcije kuteva različitih amplituda u koljenom zglobu, u okviru ovog istraživanja pružalo je detaljniji uvid u utjecaj umora na motoričku kontrolu praćenog zgloba.

#### **3.3.2.1.2. Akvizicija i procesiranje signala**

Akvizicija i obrada signala provedene su pomoću posebno oblikovanog softvera, programiranog u *Optics Lab One* aplikaciji. Svi su analogni signali električnog goniometra uzorkovani s frekvencijom uzorkovanja od 2000 Hz, konvertirani u digitalni oblik pomoću analogno-digitalnog pretvarača i pohranjeni u računalo. Naknadna obrada uključivala je sistematizaciju podataka u posebnom softverskom paketu te izračunavanje parametara za evaluaciju prosječnog odstupanja izvedenog od referentnog kuta.

#### **3.3.2.1.3. Praćene varijable**

Sposobnost precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu procjenjena je putem prosječnog odstupanja proizvedenog od referentnog kuta ( $\bar{O}$ ), izraženog u stupnjevima. Riječ je o pouzdanoj varijabli koja se često koristi u procjeni sposobnosti precizne reprodukcije kuta u zglobu (Shakoor i sur., 2008; Hortobagyi i sur., 2004; Hassan, Mockett, Doherty, 2001). (Tablica 2).





Slika 3 Prikaz primjene testa za procjenu sposobnosti precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu

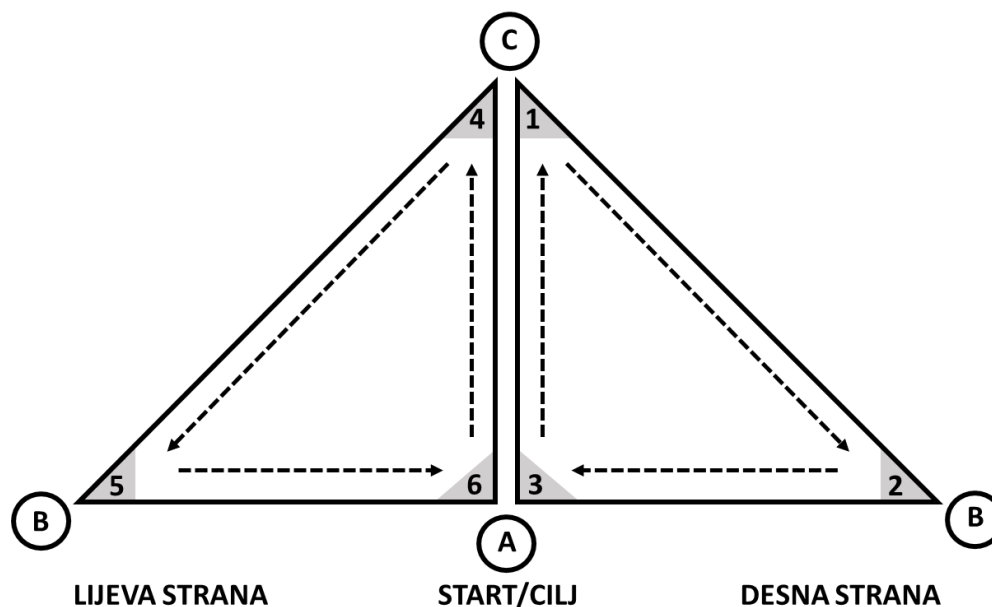
### **3.3.2.2. Test brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta**

#### **3.3.2.2.1. Opis mjerenja**

Test brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta proveden je pomoću dva pravokutna trokuta označena na podu, čije su katete 1,5 metar i između čijih je vrhova povučena hipotenuza. Razmak između kateta dva trokuta bio je 5 centimetara (Bojić-Ćaćić, 2018). Ispitanik je prvo stao u lijevom dijagonalnom stavu tako da mu vrh stopala lijeve noge dodiruje centar kruga A, s lijevom rukom u predručenju. Na znak mjerioca krenuo je kliznim korakom prema vrhu kruga C te ga je dodirnuo vrhom stopala lijeve noge, krenuo je nazad prema krugu B i dodirnuo ga stopalom desne noge. Odatle, također kliznim korakom ispitanik je krenuo bočno ulijevo do centra kruga A kojeg je dotaknuo vrhom stopala desne noge. Nastavio je kretanjem u desnom dijagonalnom stavu i s desnom rukom u predručenju u smjeru kruga C kojeg je dodirnuo vrhom stopala desne noge, zatim opet nastavio kretanje unazad ulijevo da bi dodirnuo lijevom nogom krug B i konačno bočnim kretanjem udesno da bi došao do početnog položaja vrhom stopala lijeve noge u centar kruga A (Slika 4). Ispitivač je opisao i demonstrirao zadatak te su ispitanici jednom isprobali zadatak prije službenog mjerenja.

### 3.3.2.2.2. Praćene varijable

Test brzina kretanja branića kliznim koracima u dva trokuta predstavlja mjeru kombinacije brzinske izdržljivosti i fronto-lateralne agilnosti (Vuleta, Prelćec, Gruić, 2004). Osnovne neurofiziološke spoznaje upućuju na to da je za spretnost i agilnost potrebna visoka razina živčano-mišićne koordinacije, odnosno motoričke kontrole (Latash, 2008). U ovom istraživanju, rezultat postignut u testu brzina kretanja branića kliznim koracima u dva trokuta korišten je kao pokazatelj motoričke kontrole u specifičnoj rukometnoj situaciji, a krajnja varijabla bilo je vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta, u milisekundama (Bojić-Ćaćić, 2018). Zadatak je izveden tri puta sa svake strane, te je kao pokazatelj agilnosti izvedbe zadatka s preferiranom i ne preferiranom nogom uzeta aritmetička sredina tri ponavljanja započeta s tom nogom.



Slika 4. Informativni tlocrt testa brzina kretanja branića kliznim koracima u dva trokuta

### 3.4. Ukupan popis varijabli korištenih u istraživanju

Sve varijable korištene u okviru ovog istraživanja prezentirane su u tablici broj 2. Sve su varijable izvedene prije i nakon provedbe protokola umaranja, odnosno na odmornim (O) i umornim (U) ispitanicima.

Tablica 2. Ukupni prikaz svih varijabli korištenih u istraživanju.

SKRAĆENICA VARIJABLE	MJERNA JEDINICA	OPIS VARIJABLE	PRAĆENA SPOSOBNOST	IZVOR
STAR_A_p_O STAR_A_p_U	Cm	Prosječna dužina za anteriorni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_AM_p_O STAR_AM_p_U	Cm	Prosječna dužina za antero-medijalni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_M_p_O STAR_M_p_U	Cm	Prosječna dužina za medijalni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_PM_p_O STAR_PM_p_U	Cm	Prosječna dužina za postero-medijalni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_P_p_O STAR_P_p_U	Cm	Prosječna dužina za posteriorni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_PL_p_O STAR_PL_p_U	Cm	Prosječna dužina za postero-lateralni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_L_p_O STAR_L_p_U	Cm	Prosječna dužina za lateralni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998

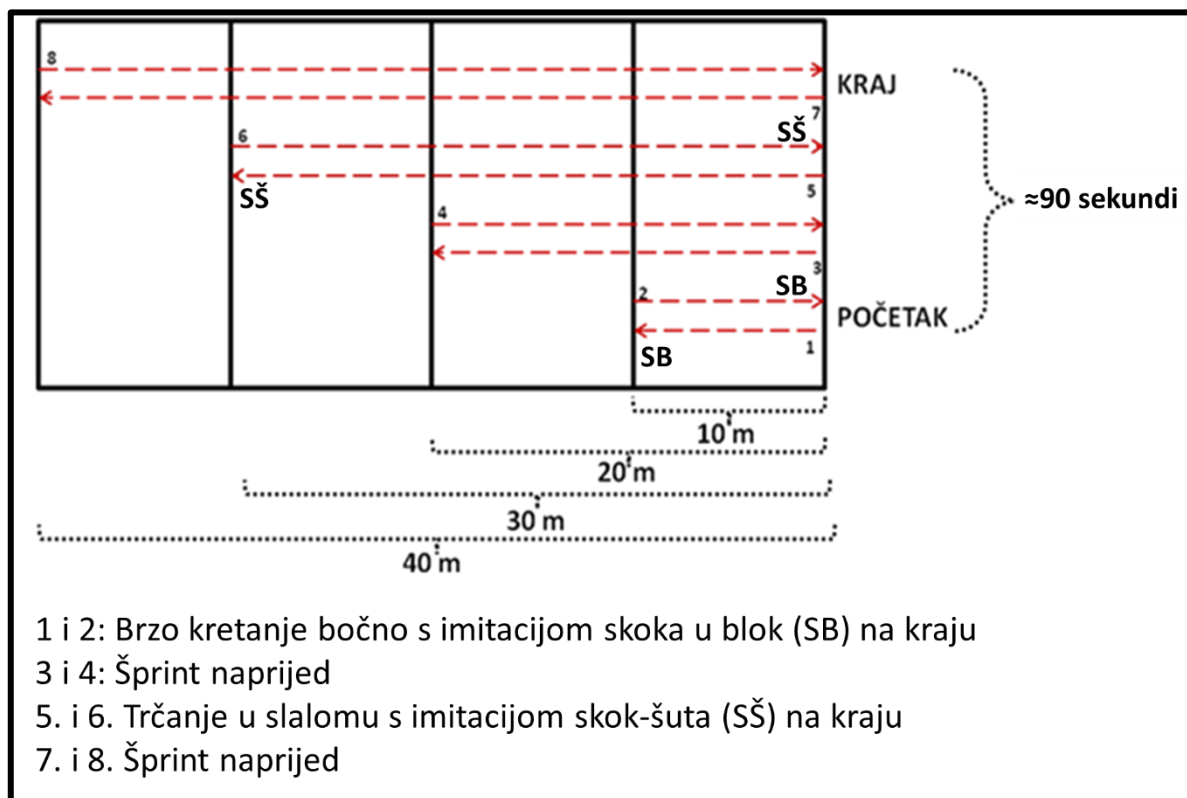
STAR_AL_p_O STAR_AL_p_U	Cm	Prosječna dužina za antero-lateralni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_A_n_O STAR_A_n_U	Cm	Prosječna dužina za anteriorni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_AM_n_O STAR_AM_n_U	Cm	Prosječna dužina za antero-medijalni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_M_n_O STAR_M_n_U	Cm	Prosječna dužina za medijalni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_PM_n_O STAR_PM_n_U	Cm	Prosječna dužina za postero-medijalni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_P_n_O STAR_P_n_U	Cm	Prosječna dužina za posteriorni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_PL_n_O STAR_PL_n_U	Cm	Prosječna dužina za postero-lateralni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_L_n_O STAR_L_n_U	Cm	Prosječna dužina za lateralni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_AL_n_O STAR_AL_n_U	Cm	Prosječna dužina za antero-lateralni pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998

STAR_Int_p_O STAR_Int_p_U	Cm	Ukupno pokrivena površina prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
STAR_Int_n_O STAR_Int_n_U	Cm	Ukupno pokrivena površina prilikom izvođenja zvjezdolikog testa i stajanja na ne preferiranoj nozi. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Dinamička ravnoteža	Bouillon i Baker, 2011; Hertel, Miller i Denegar, 2000; Kinzey i Armstrong, 1998
$\bar{O}_{15^\circ_p_O}$ $\bar{O}_{15^\circ_p_U}$	Stupnjevi (°)	Prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 15°, za preferiranu nogu. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Kinestezijska kontrola u koljenom zglobu	Shakoor i sur., 2008; Hortobagyi i sur., 2004.
$\bar{O}_{60^\circ_p_O}$ $\bar{O}_{60^\circ_p_U}$	Stupnjevi (°)	Prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60°, za preferiranu nogu. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Kinestezijska kontrola u koljenom zglobu	Shakoor i sur., 2008.
$\bar{O}_{105^\circ_p_O}$ $\bar{O}_{105^\circ_p_U}$	Stupnjevi (°)	Prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 105°, za preferiranu nogu. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Kinestezijska kontrola u koljenom zglobu	Hortobagyi i sur., 2004; Hassan, Mockett, Doherty, 2001.
$\bar{O}_{15^\circ_n_O}$ $\bar{O}_{15^\circ_n_U}$	Stupnjevi (°)	Prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 15°, za ne preferiranu nogu. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Kinestezijska kontrola u koljenom zglobu	Shakoor i sur., 2008; Hortobagyi i sur., 2004.
$\bar{O}_{60^\circ_n_O}$ $\bar{O}_{60^\circ_n_U}$	Stupnjevi (°)	Prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60°, za ne preferiranu nogu. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Kinestezijska kontrola u koljenom zglobu	Shakoor i sur., 2008.
$\bar{O}_{105^\circ_n_O}$ $\bar{O}_{105^\circ_n_U}$	Stupnjevi (°)	Prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 105°, za ne preferiranu nogu. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Kinestezijska kontrola u koljenom zglobu	Hortobagyi i sur., 2004; Hassan, Mockett, Doherty, 2001.
BRKLLK_p_O BRKLLK_p_U	Milisekunde (ms)	Vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta.	Motorička kontrola u	Bojić-Ćaćić, 2018; Vuleta,

		Kretanje preferiranom nogom. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	specifičnim uvjetima	Prelčec, Gruić, 2004.
BRKLLK_n_O BRKLLK_n_U	Milisekunde (ms)	Vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta. Kretanje ne preferiranom nogom. Odmoran ispitanik (O). Umoran ispitanik (U).	Motorička kontrola u specifičnim uvjetima	Bojić-Ćaćić, 2018; Vuleta, Prelčec, Gruić, 2004.

### 3.5 Protokol umaranja

Protokol umaranja predviđao je provođenje četiri dionica trčanja sa zadacima različitih dužina maksimalnom brzinom (2x10m, 2x20m, 2x30m te 2x40m). Zadaci su predviđali bočno kretanje maksimalnom brzinom s imitacijom šuta u blok, pravolinijsko trčanje s promjenama smjera kretanja te slalom trčanje s imitacijom skok šuta (Slika 5). Protokol prosječnog trajanja od 90 sekundi ponavljao se 4 puta sa odmorom od 2 minute između ponavljanja. Takav protokol dovodi organizam u uvjete anaerobne glikolize te nastaje lokalni umor. Tijekom provođenja protokola ispitanikova frekvencija srca praćena je u realnom vremenu pomoću sustava *polar team system* (© *Polar Electro 2013*). Praćenjem frekvencije srca ispitanika mjeritelj je mogao u svakom trenutku tijekom provođenja protokola umaranja kontrolirati kojim intenzitetom ispitanik provodi zadatak. Ispitanici su tijekom provođenja protokola umaranja bodreni te se tražila maksimalno brza izvedba. Provjera stanja umora nakon provedenog protokola umaranja te nakon testiranja u uvjetima umora provedena je putem objektivnog mjerenja laktata (Baker i sur., 2012; Bendiksen i sur., 2012) i modificiranom Borgovom skalom za subjektivnu procjenu napora (od 1 za neznatan napor do 10 za ekstremni napor) (Couttsa i sur., 2009; Borg, Ljunggren i Ceci, 1985). Kako bi se praćene sposobnosti izmjerile u uvjetima odmora i umora ispitanika, protokol umaranja bio je proveden na početnom i finalnom mjerenju, a predviđeni testovi bili su provedeni prije i nakon protokola umaranja. Provedba protokola umaranja na početnom i završnom mjerenju omogućila je provjeru utjecaja provedenog senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu i motoričku kontrolu u uvjetima umora i ne.



Slika 5. Grafički prikaz provedenog protokola umaranja.

### **3.6. Protokol treniranja**






Između početnog i završnog mjerenja proveden je trenažni postupak u trajanju od pet tjedana (4 treninga tjedno) sa sveukupno 20 senzomotornih treninga. U prijašnjim istraživanjima koja su pratila učinke senzomotornoga treninga na standardnoj populaciji te kod mlađih osoba s oštećenjem sluha, period treninga trajao je 4 tjedna s prosječno 16 trenažnih jedinica (de Sousa i sur., 2012; Rajendran, Roy i Jeevanantham, 2012; Rajendarn i Roy, 2011; Suarez i sur., 2007). Za potrebe ovog istraživanja ukupan broj treninga povećan je na 20 trenažnih jedinica, raspoređenih u vremenskom intervalu od 5 tjedana (4 treninga tjedno). Ispitanici eksperimentalne skupine provodili su senzomotorni trening. Svaka trenažna jedinica sastojala se od početnog desetominutnog zagrijavanja (trčanje sa zadacima i vježbe razgibavanja), od glavne cjeline u okviru koje su se provodile vježbe za razvoj jakosti, pliometrije, posturalne kontrole, agilnosti i dinamičke ravnoteže te cjeline za razvoj motoričke kontrole u specifičnim uvjetima rukometne igre (bočna i dijagonalna kretanja u obrambenom rukometnom stavu, skokovi u bloku s prizemljenjem uz okrete, ubadanja uz kontakt obrambenog igrača u skok-šutu, vođenje i hvatanje lopte u šprintu i dr.). Ispitanici kontrolne skupine, tijekom petotjednog trenažnog razdoblja nastavili su sa svojim uobičajenim aktivnostima te nisu provodili nikakav sustavan senzomotorni trening.







#### **3.6.1 Progresija opterećenja**

Progresija opterećenja postigla se postepenim: a) povećanjem broja ponavljanja; b) povećanjem vremena trajanja zadataka; c) povećavanjem zahtjevnosti motoričkog zadatka polazeći od jednostavnih motoričkih zadataka koji su se izvodili u jednoj ravnini, do kompleksnijih zadataka koji su obuhvaćali kombinirani pokret u sagitalnoj, frontalnoj i transverzalnoj ravnini te kognitivno zahtjevnije zadatke; d) smanjenjem oslonačne površine (od upora s četiri točke oslonca koji imaju izuzetno široku oslonačnu površinu, do zadataka s tri, dvije i jednom uskom točkom oslonca); e) povećanjem nestabilnosti površine (od tvrde nepomične podloge do mekane podloge koja omogućava djelovanje destabilizacijskih sila iz više smjerova); te f) uvođenjem vanjskih otežavajućih faktora (npr. dodana lopta, interakcija sa suigračima). Progresija opterećenja osigurana je kroz promjenu spomenutih faktora u četiri navrata (nakon 1. 2., 3. i 4. tjedna vježbanja). Na taj način ispitanici su svaki tjedan dobili novi zahtjevniji trenažni protokol, a sveukupno je takvih protokola bilo pet (jedan za svaki trenažni tjedan). Detaljan prikaz vježbi po tjednima provođenja senzomotornoga treninga prikazan je u narednim stranicama.



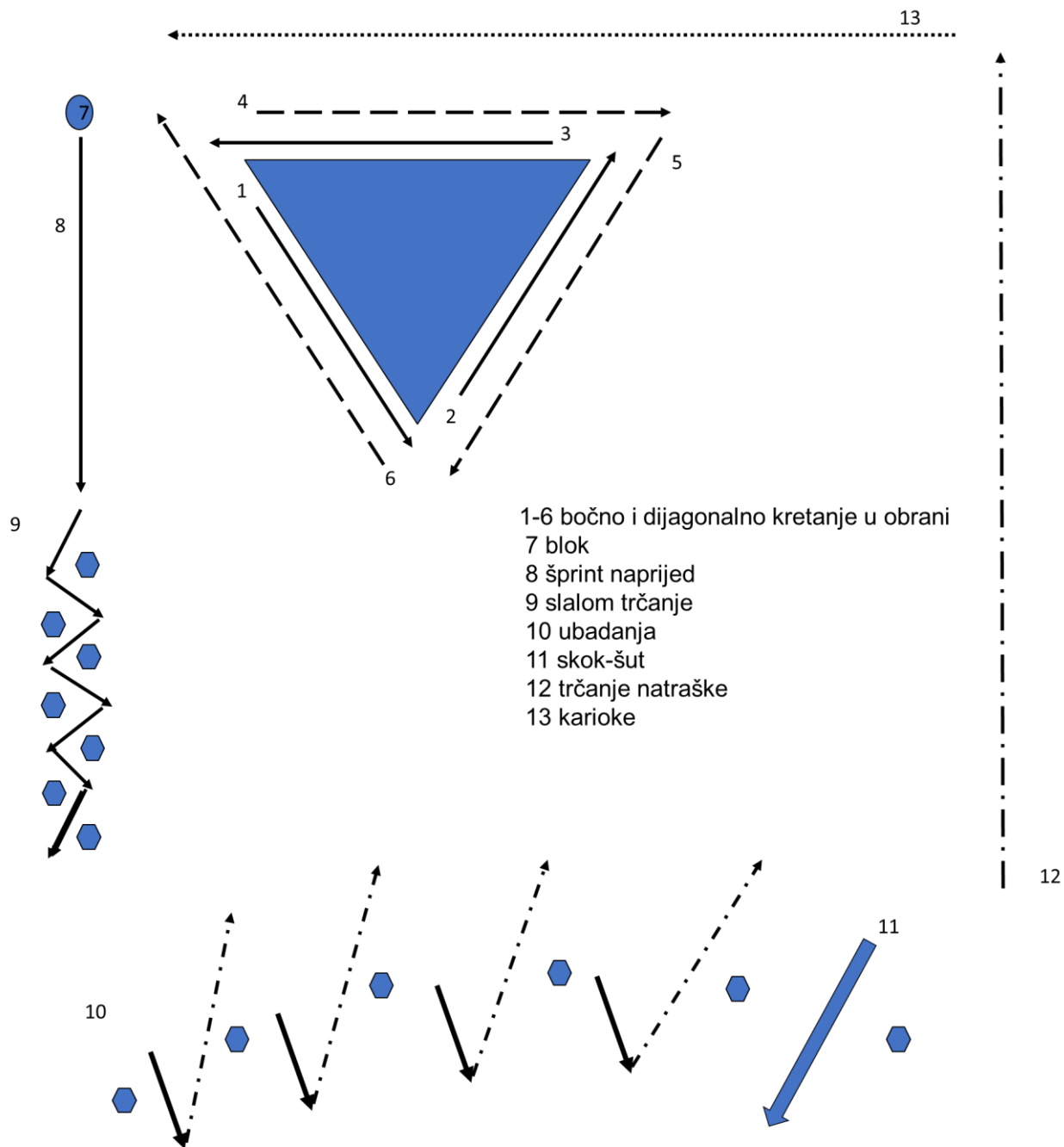
### 3.6.1.1. Senzomotorni trening – 1. tjedan

1. TJEDAN			
TRČANJE SA ZADACIMA			
Svaka minuta 1 zadatak:			
1) Rastrčavanje. Nakon 1. minute i dalje trčati te izvoditi slijedeće zadatke: 2) Sunožno zaustavljanje i skok u mjestu 3) Jednonožno zaustavljanje 4) Imitacija skok šuta 5) Naskok – finta (lijeva i desna) 6) Dubinska kretanja dijagonalno naprijed/natrag 7) Stop-go šprintevi (naprijed/natrag) 8) Cik-cak trčanje (šprint)			
JAKOST - PLIOMETRIJA – POSTURALNA KONTROLA I DINAMIČKA RAVNOTEŽA			
R. BR.	OPIS VJEŽBE	BROJ PONAVLJANJA	SLIKA
1.	Čučnjevi. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra. Paziti da je putanja centra težišta ravna (gore-dolje, bez pomaka naprijed-natrag).	2 x 10	
2.	Ispadi prema naprijed. ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	2 x 10 sa svakom nogom	
3.	Bočni ispadi. ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	2 x 10 sa svakom nogom	
4.	Stajanje na jednoj nozi sa zatvorenim očima. Početi sa izmjenjivanjem 5 sek. otvorene oči / 5 sek. zatvorene...postepeno doći do zatvorenih očiju tijekom cijele vježbe. Mijenjati opseg pokreta (10 sek. skoro opruženo koljeno, 10 sek. lagano flektirano, 10 sek. više flektirano). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 30 sek. sa svakom nogom	
5.	Stajanje na jednoj nozi sa rukama u uzručenju. Otklon u stranu podignute noge, zadržati položaj.	2 x 30 sek. sa svakom nogom	






6.	Sunožni skokovi u mjestu.	2 x 10	
7.	Sunožni skokovi desno-lijevo.	2 x 10	
8.	Sunožni skokovi naprijed-natrag.	2 x 10	
9.	U parovima. Stajanje na jednoj nozi uz dodavanje rukometne lopte na različitim visinama i stranama (nepredvidivo).	2 x 30 sek. sa svakom nogom	
10.	U parovima skok s noge na nogu (bočno) uz hvatanje i bacanje rukometne lopte suigraču.	2 x 20 skokova (10 za svaku stranu)	
11.	U parovima. Ruska loža. Spora izvedba. Pokušati se spuštati i podizati (pomagati si rukama prilikom podizanja dok je potrebno, kasnije samo nogama).	3 x 12	







# MOTORIČKA KONTROLA U SPECIFIČNIM UVJETIMA RUKOMETNE IGRE – 1. TJEDAN

Kretanje u obrani i napadu (naglasak na stabilnost koljena)



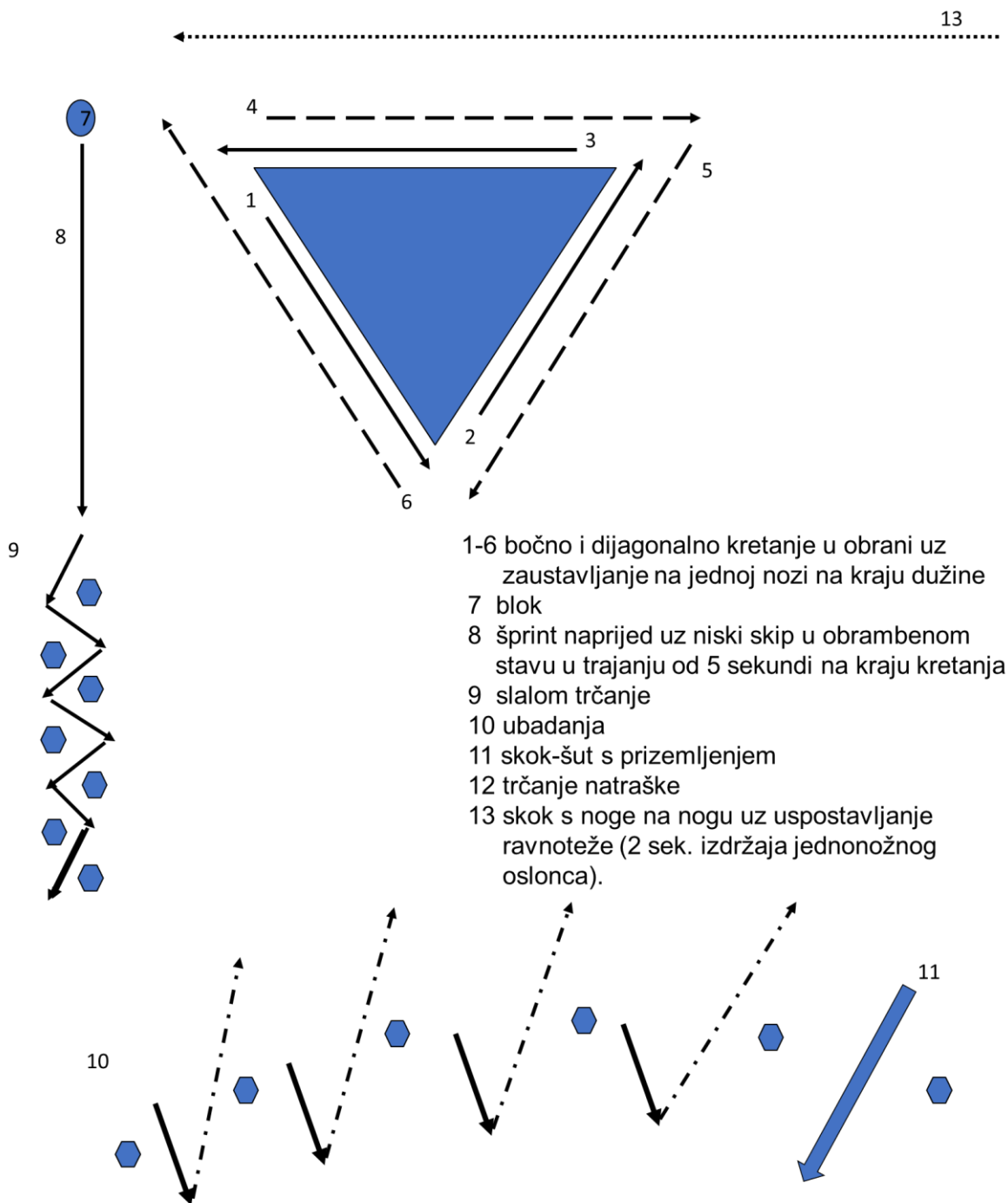
### 3.6.1.2. Senzomotorni trening – 2. tjedan

2. TJEDAN			
TRČANJE SA ZADACIMA			
Svaka minuta 1 zadatak:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Rastrčavanje. Nakon 1. minute i dalje trčati te na znak trenera izvoditi slijedeće zadatke:</li> <li>2) Sunožno zaustavljanje i skok u mjestu</li> <li>3) Jednonožno zaustavljanje</li> <li>4) Imitacija skok šuta</li> <li>5) Naskok – finta (lijeva i desna)</li> <li>6) Dubinska kretanja dijagonalno naprijed/natrag</li> <li>7) Stop-go šprintevi (naprijed/natrag)</li> <li>8) Cik-cak trčanje (šprint)</li> </ol>			
JAKOST - PLIOMETRIJA – POSTURALNA KONTROLA I DINAMIČKA RAVNOTEŽA			
R. BR.	OPIS VJEŽBE	BROJ PONAVLJANJA	SLIKA
1.	Čučnjevi. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra. Paziti da je putanja centra težišta ravna (gore-dolje, bez pomaka naprijed-natrag).	3 x 10	
2.	Ispadi prema naprijed. ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 10 sa svakom nogom	
3.	Bočni ispadi. ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 10 sa svakom nogom	
4.	Stajanje na jednoj nozi sa zatvorenim očima. Mijenjati opseg pokreta (10 sek. skoro opruženo koljeno, 10 sek. lagano flektirano, 10 sek. više flektirano). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 30 sek. sa svakom nogom	
5.	Stajanje na jednoj nozi sa rukama u uzručenju. Otklon u stranu podignute noge, zadržati položaj.	4 x 20 sek. sa svakom nogom	

6.	Sunožni skokovi u mjestu.	3 x 10	
7.	Sunožni skokovi desno-lijevo.	3 x 10	
8.	Sunožni skokovi naprijed-natrag.	3 x 10	
9.	U parovima. Stajanje na jednoj nozi uz dodavanje rukometne lopte na različitim visinama i stranama (nepredvidivo).	4 x 20 sek. sa svakom nogom	
10.	U parovima skok s noge na nogu (bočno) uz hvatanje i bacanje rukometne lopte suigraču.	2 x 30 skokova (10 za svaku stranu)	
11.	U parovima. Ruska loža. Spora izvedba. Pokušati se spuštati i podizati (pomagati si rukama prilikom podizanja dok je potrebno, kasnije samo nogama).	3 x 12	






## MOTORIČKA KONTROLA U SPECIFIČNIM UVJETIMA RUKOMETNE IGRE – 2. TJEDAN

Kretanje u obrani i napadu (naglasak na stabilnost koljena)









12

### 3.6.1.3. Senzomotorni trening – 3. tjedan

3. TJEDAN			
TRČANJE SA ZADACIMA			
Svaka minuta 1 zadatak:			
1) Rastrčavanje. Nakon 1. minute i dalje trčati te na znak trenera izvoditi slijedeće zadatke: 2) Sunožno zaustavljanje i skok u mjestu te nagli prijelaz u sprint 3) Jednonožno zaustavljanje i zatvaranje očiju u tom položaju 4) Imitacija skok šuta 5) Naskok – finta (lijeva i desna) 6) Dubinska kretanja dijagonalno naprijed/natrag uz skok u blok u povratku 7) Stop-go šprintevi (naprijed/natrag) 8) Cik-cak trčanje (šprint)			
JAKOST - PLIOMETRIJA – POSTURALNA KONTROLA I DINAMIČKA RAVNOTEŽA			
R. BR.	OPIS VJEŽBE	BROJ PONAVLJANJA	SLIKA
1.	Čučnjevi zatvorenih očiju. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra. Paziti da je putanja centra težišta ravna (gore-dolje, bez pomaka naprijed-natrag).	3 x 10	
2.	Ispadi prema naprijed uz otklon trupa u stranu iskoračne noge (L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 10 sa svakom nogom	
3.	Bočni ispadi zatvorenih očiju. (L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 10 sa svakom nogom	
4.	Vaga zatvorenih očiju. Mijenjati opseg pokreta stajne noge (10 sek. skoro opruženo koljeno, 10 sek. lagano flektirano, 10 sek. više flektirano). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 30 sek. sa svakom nogom	
5.	Stajanje na jednoj nozi zatvorenih očiju s rukama u uzručenju. Lopta u rukama. Otklon u stranu podignute noge, zadržati položaj.	4 x 20 sek. sa svakom nogom	

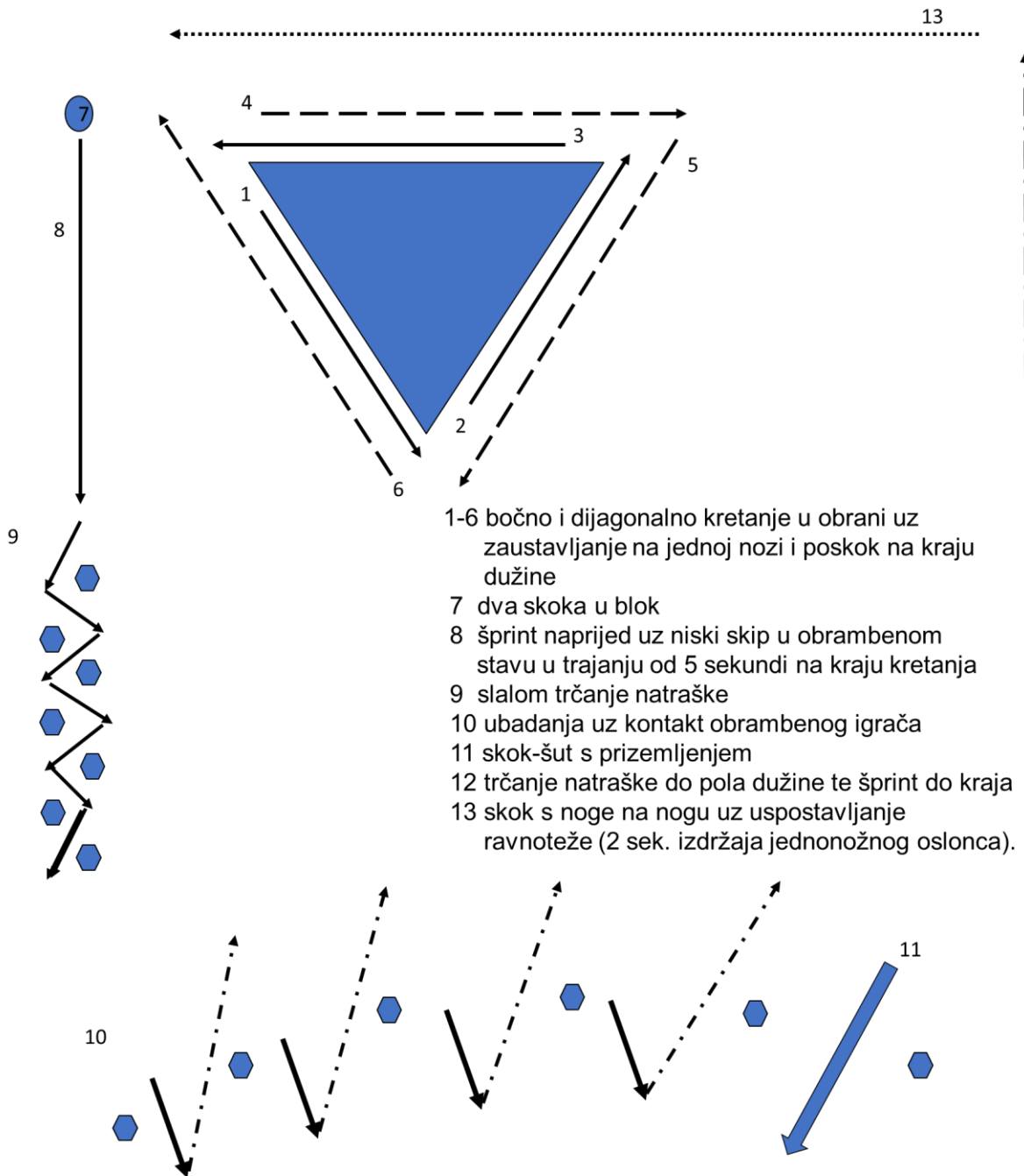


6.	Sunožni skokovi u mjestu zatvorenih očiju.	3 x 12	
7.	Sunožni skokovi desno-lijevo zatvorenih očiju.	3 x 12	
8.	Sunožni skokovi naprijed-natrag zatvorenih očiju.	3 x 12	
9.	U parovima. Stajanje na jednoj nozi uz dodavanje rukometne lopte na različitim visinama i stranama (nepredvidivo). Loptu hvatati i bacati jednom rukom.	4 x 20 sek. sa svakom nogom	
10.	U parovima skok s noge na nogu (bočno) uz hvatanje i bacanje rukometne lopte suigraču. Loptu hvatati i bacati jednom rukom.	2 x 30 skokova (10 za svaku stranu)	
11.	Mali most s osloncem na jednoj nozi. Izdržaj 20 sek.	2 x 20 sa svakom nogom	














## MOTORIČKA KONTROLA U SPECIFIČNIM UVJETIMA RUKOMETNE IGRE – 3. TJEDAN

Kretanje u obrani i napadu (naglasak na stabilnost koljena)



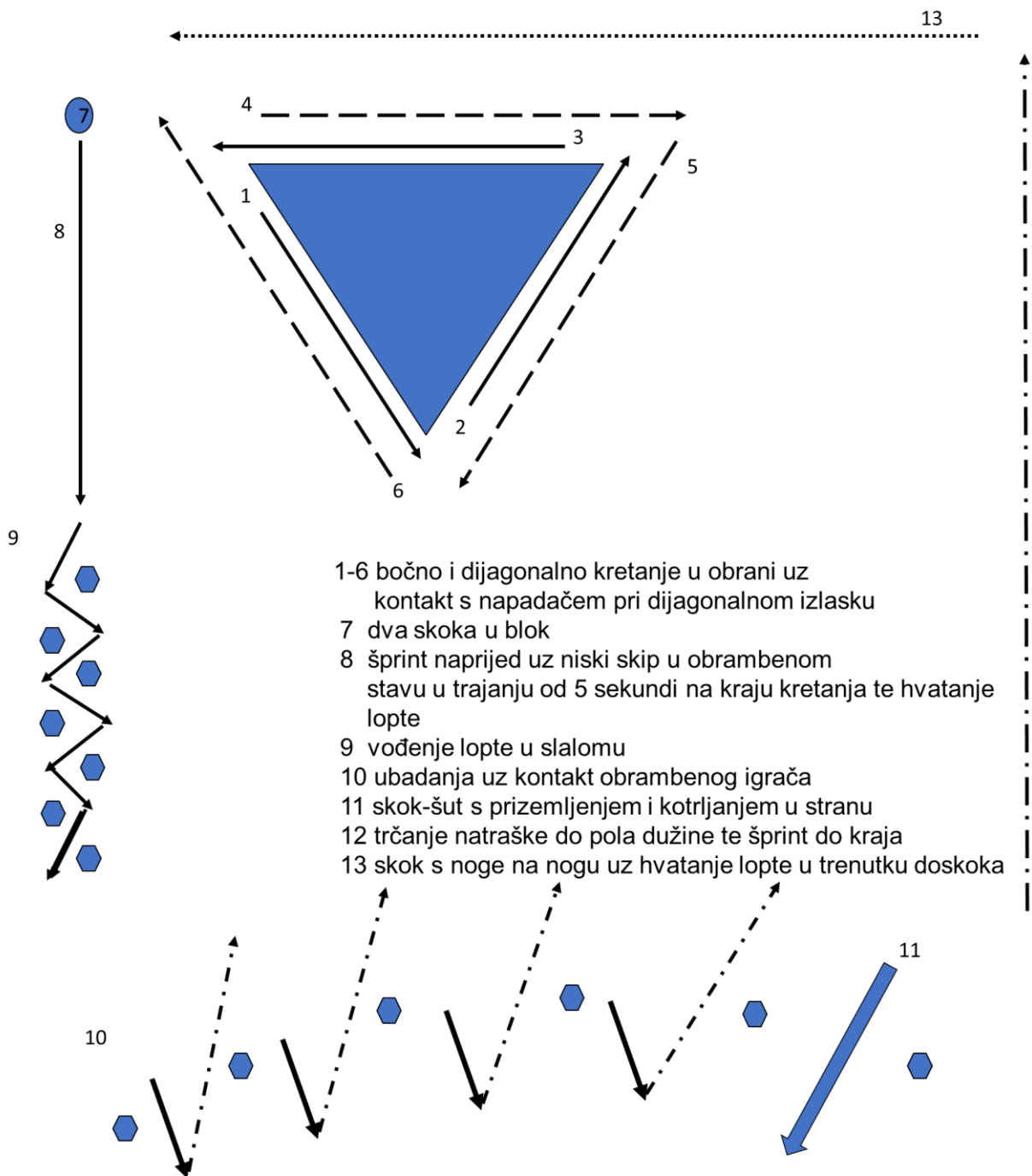
### 3.6.1.4. Senzomotorni trening – 4. tjedan

4. TJEDAN			
TRČANJE SA ZADACIMA			
Svaka minuta 1 zadatak:			
1) Rastrčavanje. Nakon 1. minute i dalje trčati te na znak trenera izvoditi slijedeće zadatke: 2) Sunožno zaustavljanje i skok u mjestu uz doskok na jednu nogu 3) Jednonožno zaustavljanje i zatvaranje očiju u tom položaju uz vrtnju glave (3 kruga) 4) Imitacija skok šuta uz prizemljenje 5) Naskok – finta (lijeva i desna) 6) Dubinska kretanja dijagonalno naprijed/natrag uz skok u blok u povratku 7) Stop-go šprintevi (naprijed/natrag) uz intenzivni niski skip pri stajanju na mjestu 8) Cik-cak trčanje (šprint) uz promjenu smjera ovisno o smjeru znaka trenera			
JAKOST - PLIOMETRIJA – POSTURALNA KONTROLA I DINAMIČKA RAVNOTEŽA			
R. BR.	OPIS VJEŽBE	BROJ PONAVLJANJA	SLIKA
1.	Čučnjevi zatvorenih očiju. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra. Paziti da je putanja centra težišta ravna (gore-dolje, bez pomaka naprijed-natrag).	3 x 12	
2.	Ispadi prema naprijed uz otklon trupa u stranu iskoračne noge ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 12 sa svakom nogom	
3.	Bočni ispadi zatvorenih očiju. ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 12 sa svakom nogom	
4.	Prelazak iz uspravnog stava na jednoj nozi u vagu i natrag. Dinamička izvedba. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 30 sek. sa svakom nogom	
5.	Stajanje na jednoj nozi zatvorenih očiju uz kruženje loptom oko tijela.	4 x 20 sek. sa svakom nogom	





6.	Sunožni skokovi u mjestu uz okret za 90°.	3 x 10	
7.	Sunožni skokovi desno-lijevo uz okret za 180°.	3 x 10	
8.	Sunožni skokovi naprijed-natrag uz okret za 360°.	3 x 8	
9.	U parovima. Stajanje na jednoj nozi na debeloj strunjači, uz dodavanje rukometne lopte na različitim visinama i stranama (nepredvidivo). Loptu hvatati i bacati jednom rukom.	4 x 20 sek. sa svakom nogom	
10.	U parovima skok s noge na nogu (bočno) uz hvatanje i bacanje rukometne lopte prvo iznad glave, zatim suigraču.	2 x 30 skokova (10 za svaku stranu)	
11.	Mali most s osloncem na jednoj nozi. Izdržaj 20 sek.	3 x 20 sa svakom nogom	








## MOTORIČKA KONTROLA U SPECIFIČNIM UVJETIMA RUKOMETNE IGRE – 4. TJEDAN

Kretanje u obrani i napadu (naglasak na stabilnost koljena)



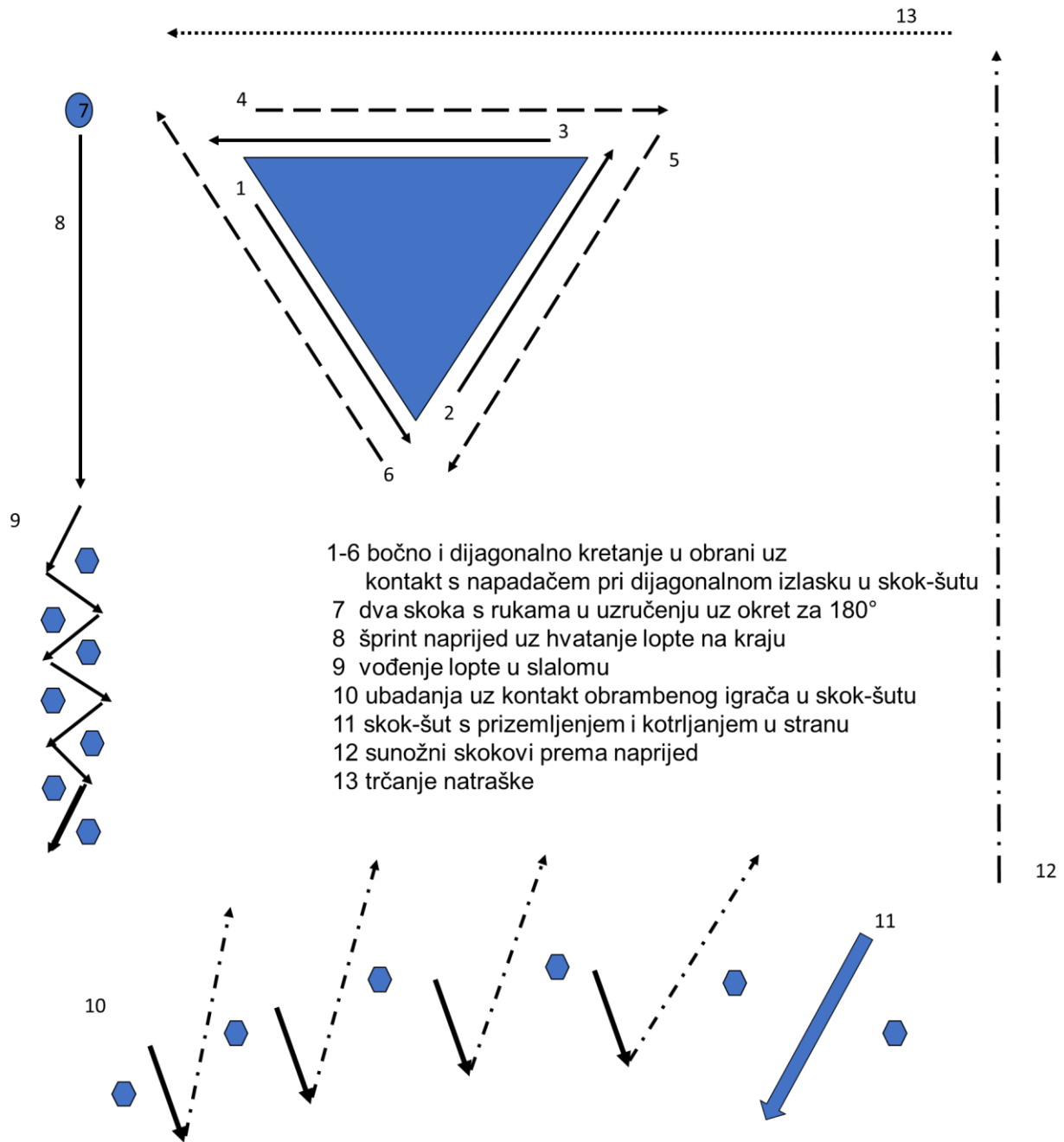
### 3.6.1.5. Senzomotorni trening – 5. tjedan

5. TJEDAN			
TRČANJE SA ZADACIMA			
Svaka minuta 1 zadatak:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Rastrčavanje. Nakon 1. minute i dalje trčati te na znak trenera izvoditi slijedeće zadatke:</li> <li>2) Sunožno zaustavljanje i skok u mjestu uz okret za 360°</li> <li>3) Jednonožno zaustavljanje i zatvaranje očiju u tom položaju uz vrtnju glave (3 kruga)</li> <li>4) Imitacija skok šuta uz prizemljenje</li> <li>5) Naskok – finta (lijeva i desna)</li> <li>6) Dubinska kretanja dijagonalno naprijed/natrag uz skok u blok na kraju kretanja naprijed i natrag</li> <li>7) Stop-go šprintevi (naprijed/natrag) te skok s okretom od 360° na znak trenera</li> <li>8) Cik-cak trčanje (šprint) uz promjenu smjera ovisno o smjeru znaka trenera</li> </ol>			
JAKOST - PLIOMETRIJA – POSTURALNA KONTROLA I DINAMIČKA RAVNOTEŽA			
R. BR.	OPIS VJEŽBE	BROJ PONAVLJANJA	SLIKA
1.	Kombinacija čučnja i koraka u stranu zatvorenih očiju. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra. Paziti da je putanja centra težišta ravna (gore-dolje, bez pomaka naprijed-natrag).	3 x 12	
2.	Ispadi prema naprijed uz otklon trupa u stranu stražnje noge ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 12 sa svakom nogom	
3.	Kombinacija prednjeg, bočnog i stražnjeg iskoraka zatvorenih očiju ( L i D noga). Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 12 sa svakom nogom	
4.	Prelazak iz uspravnog stava na jednoj nozi u prednju i stražnju vagu. Dinamička izvedba. Paziti da koljeno ne bježi prema unutra.	3 x 30 sek. sa svakom nogom	

5.	Skokovi na jednoj nozi uz zatvorene oči.	3 x 10 sa svakom nogom	
6.	Sunožni skokovi u mjestu uz okret za 90°.	3 x 12	
7.	Sunožni skokovi desno-lijevo uz okret za 180°.	3 x 12	
8.	Sunožni skokovi naprijed-natrag uz okret za 360°.	3 x 10	
9.	U parovima. Stajanje na jednoj nozi na debeloj strunjači uz dodavanje rukometne lopte na različitim visinama i stranama (nepredvidivo). Loptu hvatati i bacati jednom rukom.	4 x 20 sek. sa svakom nogom	
10.	U parovima skok s noge na nogu (bočno) uz hvatanje i bacanje rukometne lopte prvo iznad glave, zatim suigraču.	3 x 30 skokova (10 za svaku stranu)	
11.	Mali most s osloncem na jednoj nozi (na lopti). Izdržaj 20 sek.	3 x 20 sa svakom nogom	

# MOTORIČKA KONTROLA U SPECIFIČNIM UVJETIMA RUKOMETNE IGRE – 5. TJEDAN

Kretanje u obrani i napadu (naglasak na stabilnost koljena)



### 3.7. Statistička obrada podataka

Za sve varijable izračunati su osnovni centralni i disperzivni parametri u inicijalnom i finalnom mjerenju. Pouzdanost mjerenih zavisnih varijabli prethodno je utvrđena pilot mjerenjem. Intraklasni koeficijent korelacije za sve zavisne varijable veći je od 0.82. S obzirom na to da se svaki motorički zadatak izvodio tri puta, za svaku zavisnu varijablu je u statističkoj analizi korištena srednja vrijednost triju čestica.

Promjene između početnog i završnog mjerenja za svaku skupinu ispitanika posebno, provjerene su uz pomoć t-testa za zavisne uzorke. Veličina učinka trenažnih programa, procijenjena je Cohenovim indexom veličine učinka (ES; razlika (završno minus početno stanje) podijeljena standardnom devijacijom početnog stanja). Veličina učinka od 0,2 smatra se malim učinkom, 0,5 umjerenim i 0,8 velikim učinkom (Kelley i Preacher, 2012).

Razlika u promjenama između skupina nakon trenažnog razdoblja, u svakoj od zavisnih varijabli utvrđena je pomoću dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme). Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ .



#### 4. REZULTATI

Tjelesna težina, a posljedično i indeks tjelesne mase ispitanika obiju skupina posebno, nisu se znatno promijenili za vrijeme provođenja petotjednog eksperimentalnog programa senzomotornoga treninga. Ispitanici eksperimentalne skupine su na početnom mjerenju težili  $79,20 \pm 7,44$  kg, dok su na kraju programa imali  $78,40 \pm 7,38$  kg ( $p=0,07$ ). Vrijednosti njihovih indeksa tjelesne mase također se znatno nisu izmijenili ( $23,82 \pm 1,28$  na početnom i  $23,58 \pm 1,40$  na završnom;  $p=0,08$ ). Isto vrijedi i za ispitanike kontrolne skupine čije se inicijalne vrijednosti tjelesne težine ( $78,60 \pm 5,27$ ) i indeksa tjelesne mase ( $24,24 \pm 0,83$ ) nisu znatno razlikovale od završnih (tjelesna težina:  $78,80 \pm 5,85$ ,  $p=0,74$ ; indeks tjelesne mase:  $24,29 \pm 1,02$ ,  $p=0,76$ ). Vrijednosti tjelesne težine i indeksa tjelesne mase izmjerene na kraju petotjednog trenažnog razdoblja nisu se razlikovale niti među skupinama (tjelesna težina  $p=0,89$ ; indeks tjelesne mase  $p=0,21$ ).

Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja praćenih varijabli u odmornim uvjetima, promjene između početnog i završnog mjerenja za svaku skupinu ispitanika posebno (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka provedenog senzomotornoga treninga prezentirani su u tablicama broj 3 i 4 (za motoričku kontrolu) te 6 i 7 (za dinamičku ravnotežu). Razlike između skupina ispitanika u svakoj od zavisnih varijabli izmjerenih u uvjetima odmora u inicijalnom i finalnom mjerenju, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, prezentirane su u tablicama broj 5 (za motoričku kontrolu) i 8 (za dinamičku ravnotežu).

Rezultati varijabli u kojima je dvofaktorskom analizom varijance pronađena statistički znatna međuskupinska razlika u uvjetima odmora, dodatno su prikazani u grafičkim prikazima broj 1 i 2 (vezano za tablicu broj 5 – motorička kontrola) i grafičkim prikazima broj 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10 (vezano za tablicu broj 8 – dinamička ravnoteža).

Vrijednosti procijenjene maksimalne frekvencije srca ispitanika, frekvencija srca neposredno nakon protokola umaranja, subjektivna procjena umora, te vrijednosti laktata neposredno nakon protokola umaranja, ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine, za inicijalno i finalno mjerenje prezentirane su u tablici broj 9.

Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za pojedinu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka za pokazatelje motoričke kontrole u početnom mjerenju, prezentirani su u tablicama broj 10 i 11. Razlike

između skupina ispitanika u pokazateljima motoričke kontrole izmjerenih u početnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, prezentirane su u tablici broj 12.

Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za pojedinu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka za pokazatelje motoričke kontrole u završnom mjerenju, prezentirani su u tablicama broj 13 i 14. Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima motoričke kontrole izmjerenih u završnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, prezentirane su u tablici broj 15.

Rezultati varijabli u kojima je dvofaktorskom analizom varijance pronađena statistički znatna međuskupinska razlika u završnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, dodatno su prikazani u grafičkim prikazima broj 11 i 12 (vezano za tablicu broj 15 – motorička kontrola).

Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za pojedinu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka za pokazatelje dinamičke ravnoteže u početnom mjerenju, prezentirani su u tablicama broj 16 i 17. Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima dinamičke ravnoteže izmjerenih u početnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, prezentirane su u tablici broj 18.

Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za pojedinu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka za pokazatelje dinamičke ravnoteže u završnom mjerenju, prezentirani su u tablicama broj 19 i 20. Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima dinamičke ravnoteže izmjerenih u završnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, prezentirane su u tablici broj 21.

Rezultati varijabli u kojima je dvofaktorskom analizom varijance pronađena statistički znatna međuskupinska razlika u završnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, dodatno su prikazani u grafičkim prikazima broj 13, 14, 15, 16, 17 i 18 (vezano za tablicu broj 21 – dinamička ravnoteža).

Rezultati su prikazani u redosljedu postavljenih hipoteza.

#### **4.1. Utjecaj provedenog senzomotornog treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u odmornim uvjetima**

##### **4.1.1. Utjecaj provedenog senzomotornog treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha**

U okviru istraživanja, motorička kontrola u koljenom zglobu procijenjena je putem zadataka kinestezije i agilnosti. Rezultati ukazuju na određeni učinak provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha, procijenjenu kroz zadatke kinestezije (precizna reprodukcija kuta u koljenom zglobu). Iako je statistička značajnost postignuta isključivo u varijabli *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60° za preferiranu* ( $p = 0.05$ ) i *nepreferiranu* ( $p = 0.05$ ) *nogu*, vidljiv je jasan trend poboljšanja rezultata u svim praćenim pokazateljima kinestezije. Procjena veličine učinka za navedenu varijablu iznosi 0.73 (za preferiranu nogu) i 0.78 (za ne preferiranu nogu), što ukazuje na umjereni učinak provedenog treninga.

U varijablama koje procjenjuju agilnost ispitanika nije utvrđeno statistički značajno djelovanje provedenog senzomotornoga treninga (od  $p = 0.18$  do  $p = 0.14$ ), iako je uvidom u deskriptivne pokazatelje također vidljiv trend poboljšanja izvedbe u završnom mjerenju. Cohenov indeks procjene veličine učinka ( $ES = 0.22$  do  $ES = 0.21$ ) ukazuje na mali učinak provedenog senzomotornoga treninga.

U kontrolnoj skupini nisu pronađene statistički značajne razlike u pokazateljima motoričke kontrole izmjeranima u inicijalnom i finalnom mjerenju. Detaljan prikaz rezultata nalazi se u tablicama broj 3 i 4.

Usporedba između skupina, u rezultatima postignutima u početnom i završnom mjerenju, u pokazateljima motoričke kontrole (kinestezija i agilnosti) ukazala je na znatne međuskupinske razlike u varijabli *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60° za preferiranu* ( $p = 0.03$ ) i *nepreferiranu* ( $p = 0.04$ ) *nogu*, a što je vidljivo u tablici broj 5 i grafičkim prikazima broj 1 i 2.

Tablica 3: Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja, promjene između početnog i završnog mjerenja za eksperimentalnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje motoričke kontrole izmjerene u uvjetima odmora.

MOTORIČKA KONTROLA	EKSPERIMENTALNA SKUPINA				
	VARIJABLA	POČETNO MJERENJE (AS ± SD)	ZAVRŠNO MJERENJE (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
	BRKLK_p_O	7.54 ± 0.69	7.39 ± 0.61	0.18	0.22
	BRKLK_n_O	7.60 ± 0.71	7.45 ± 0.70	0.14	0.21
	Ö 15° p O	4.72 ± 2.31	3.92 ± 2.25	0.26	0.35
	<b>Ö 60° p O</b>	<b>7.69 ± 4.61</b>	<b>4.32 ± 1.29</b>	<b>0.05</b>	<b>0.73</b>
	Ö 105° p O	8.66 ± 5.21	7.72 ± 5.09	0.71	0.18
	Ö 15° n O	4.64 ± 2.61	4.42 ± 2.59	0.67	0.08
	<b>Ö 60° n O</b>	<b>6.95 ± 4.07</b>	<b>3.78 ± 1.95</b>	<b>0.05</b>	<b>0.78</b>
	Ö 105° n O	9.97 ± 4.15	9.57 ± 4.97	0.85	0.10

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; BRKLK– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ö–prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 4: Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja, promjene između početnog i završnog mjerenja za kontrolnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje motoričke kontrole izmjerene u uvjetima odmora.

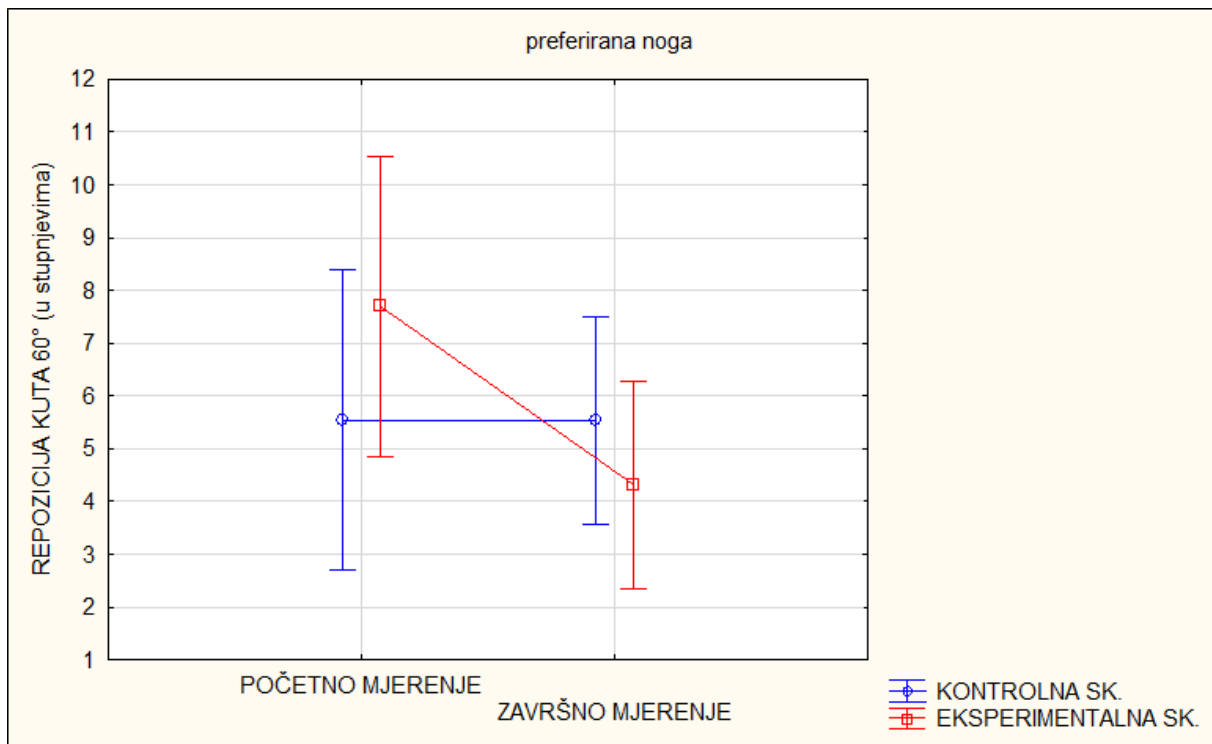
MOTORIČKA KONTROLA	KONTROLNA SKUPINA				
	VARIJABLA	POČETNO MJERENJE (AS ± SD)	ZAVRŠNO MJERENJE (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
	BRKLK_p_O	7.54 ± 0.66	7.68 ± 0.69	0.16	(-)0.21
	BRKLK_n_O	7.76 ± 0.78	7.69 ± 0.80	0.33	0.09
	Ö 15° p O	5.20 ± 3.38	5.88 ± 3.29	0.16	(-)0.20
	Ö 60° p O	5.54 ± 3.96	5.53 ± 3.97	0.83	0.00
	Ö 105° p O	7.47 ± 3.45	6.74 ± 3.62	0.30	0.21
	Ö 15° n O	5.11 ± 3.01	4.42 ± 2.67	0.32	0.23
	Ö 60° n O	5.72 ± 3.95	5.76 ± 3.89	0.94	(-)0.01
	Ö 105° n O	8.13 ± 4.46	8.16 ± 4.42	0.56	(-)0.01

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; BRKLK– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ö–prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

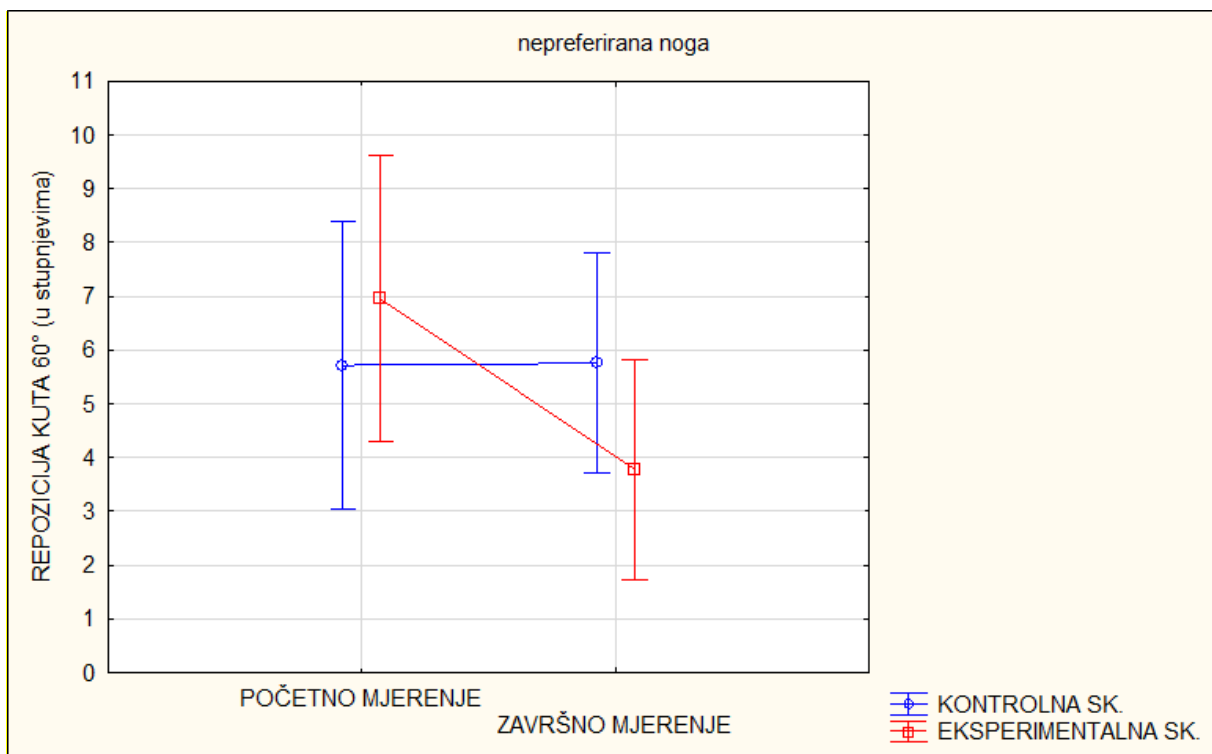
Tablica 5: Razlike između skupina ispitanika analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, u pokazateljima motoričke kontrole izmjerenima u uvjetima odmora.

MOTORIČKA KONTROLA	VARIJABLA	ANOVA	F	<i>p</i>	SK	POČETNO MJERENJE (AS ± SD)	ZAVRŠNO MJERENJE (AS ± SD)	ES	OPIS ES	
	BRKLLK_p_O	Skupina		.257	.618	E	7.54 ± 0.69	7.39 ± 0.61	0.22	mali učinak
		Vrijeme		.003	.956	K	7.54 ± 0.66	7.68 ± 0.69	(-)0.21	mali učinak
		Vr*Sk		4.363	.051					
	BRKLLK_n_O	Skupina		.357	.558	E	7.60 ± 0.71	7.45 ± 0.70	0.21	mali učinak
		Vrijeme		3.696	.071	K	7.76 ± 0.78	7.69 ± 0.80	0.09	bez učinka
		Vr*Sk		.553	.467					
	Ō_15°_p_O	Skupina		1.006	.329	E	4.72 ± 2.31	3.92 ± 2.25	0.35	mali učinak
		Vrijeme		0.023	.882	K	5.20 ± 3.38	5.88 ± 3.29	(-)0.20	mali učinak
		Vr*Sk		3.373	.083					
Ō_60°_p_O	Skupina		.099	.756	E	<b>7.69 ± 4.61</b>	<b>4.32 ± 1.29</b>	<b>0.73</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vrijeme		5.421	0.032	K	5.54 ± 3.96	5.53 ± 3.97	0.00	bez učinka	
	Vr*Sk		<b>5.363</b>	<b>0.033</b>						
Ō_105°_p_O	Skupina		.509	.485	E	8.66 ± 5.21	7.72 ± 5.09	0.18	bez učinka	
	Vrijeme		.441	.515	K	7.47 ± 3.45	6.74 ± 3.62	0.21	mali učinak	
	Vr*Sk		.006	.937						
Ō_15°_n_O	Skupina		.041	.842	E	4.64 ± 2.61	4.42 ± 2.59	0.08	bez učinka	
	Vrijeme		1.201	.288	K	5.11 ± 3.01	4.42 ± 2.67	0.23	mali učinak	
	Vr*Sk		.307	.587						
Ō_60°_n_O	Skupina		.069	.796	E	<b>6.95 ± 4.07</b>	<b>3.78 ± 1.95</b>	<b>0.78</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vrijeme		4.521	.048	K	5.72 ± 3.95	5.76 ± 3.89	(-)0.01	bez učinka	
	Vr*Sk		<b>4.755</b>	<b>.043</b>						
Ō_105°_n_O	Skupina		.872	.363	E	9.97 ± 4.15	9.57 ± 4.97	0.10	bez učinka	
	Vrijeme		.034	.856	K	8.13 ± 4.46	8.16 ± 4.42	(-)0.01	bez učinka	
	Vr*Sk		.045	.835						

Legenda: ANOVA-analiza varijance (dvofaktorska); F-vrijednost dobivena analizom varijance; *p*-razina statističke značajnosti; SK-skupina; AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; BRKLLK– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ō–prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; Vr\*Sk–vrijeme\*skupina; O–odmor



**Graf 1:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli precizna reprodukcija kuta 60° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.033$ ).



**Graf 2:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli precizna reprodukcija kuta 60° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.043$ ).

#### **4.1.2. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha**

Uvidom u deskriptivne pokazatelje varijabli vidljiv je jasan trend poboljšanja rezultata u svim praćenim pokazateljima dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha, nakon provedenog senzomotornoga treninga. Rezultati ukazuju na statistički značajan učinak provedenog senzomotornoga treninga u 8 pokazatelja dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha. Rečeno se odnosi na varijable *prosječna dužina za anteriorni* ( $p = 0.05$ ), *postero-medijalni* ( $p = 0.02$ ) i *postero-lateralni* ( $p = 0.04$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* te u *integrali ukupno pokrivena površina prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* ( $p = 0.02$ ). Isto je zabilježeno i u nepreferiranoj nozi. Pronađeno je statistički značajno poboljšanje u varijablama *prosječna dužina za anteriorni* ( $p = 0.05$ ), *postero-medijalni* ( $p = 0.04$ ) i *postero-lateralni* ( $p = 0.05$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* te *integrala ukupno pokrivena površina prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* ( $p = 0.05$ ). Procjena veličine učinka za navedene varijable (za preferiranu i nepreferiranu nogu) iznosila je od 0.29 do 0.81, a što ukazuje na raspon od malog do velikog učinka provedenog senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu ispitanika.

U kontrolnoj skupini nisu pronađene statistički značajne razlike u pokazateljima dinamičke ravnoteže izmjerenima u inicijalnom i finalnom mjerenju. Detaljan prikaz rezultata nalazi se u tablicama broj 6 i 7.

Usporedba između skupina, u rezultatima postignutima u početnom i završnom mjerenju, u pokazateljima dinamičke ravnoteže ukazala je na znatne međuskupinske razlike u varijablama *prosječna dužina za anteriorni* ( $p = 0.05$ ), *postero-medijalni* ( $p = 0.01$ ), *posteriorni* ( $p = 0.04$ ), *postero-lateralni* ( $p = 0.04$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* te *integrala ukupno pokrivena površina prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* ( $p = 0.02$ ), te u varijablama *prosječna dužina za postero-medijalni* ( $p = 0.01$ ) i *postero-lateralni* ( $p = 0.02$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* te *integrala ukupno pokrivena površina prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* ( $p = 0.02$ ). Međuskupinske razlike prikazane su u tablici broj 8, a detaljan prikaz varijabli u kojima je utvrđena statistička značajnost vidljiv je u grafikonima broj 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10.

Tablica 6: Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja, promjene između početnog i završnog mjerenja za eksperimentalnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje dinamičke ravnoteže izmjerene u uvjetima odmora.

	EKSPERIMENTALNA SKUPINA				
	VARIJABLA	POČETNO MJERENJE (AS ± SD)	ZAVRŠNO MJERENJE (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
DINAMIČKA RAVNOTEŽA	<b>STAR_A_p_O</b>	<b>80.30 ± 14.59</b>	<b>84.60 ± 10.41</b>	<b>0.05</b>	<b>0.29</b>
	STAR_AM_p_O	82.47 ± 9.79	83.83 ± 10.21	0.60	0.14
	STAR_M_p_O	84.17 ± 11.35	90.20 ± 15.57	0.15	0.53
	<b>STAR_PM_p_O</b>	<b>83.33 ± 10.90</b>	<b>92.20 ± 14.82</b>	<b>0.02</b>	<b>0.81</b>
	STAR_P_p_O	86.33 ± 17.73	91.60 ± 16.21	0.06	0.30
	<b>STAR_PL_p_O</b>	<b>79.33 ± 16.62</b>	<b>86.40 ± 12.96</b>	<b>0.04</b>	<b>0.43</b>
	STAR_L_p_O	68.27 ± 16.04	73.30 ± 13.39	0.09	0.31
	STAR_AL_p_O	74.80 ± 11.47	76.83 ± 10.29	0.29	0.18
	<b>STAR_Int_p_O</b>	<b>79.88 ± 12.34</b>	<b>84.87 ± 11.76</b>	<b>0.02</b>	<b>0.40</b>
	<b>STAR_A_n_O</b>	<b>80.37 ± 10.18</b>	<b>84.63 ± 8.91</b>	<b>0.05</b>	<b>0.42</b>
	STAR_AM_n_O	84.70 ± 7.99	87.93 ± 8.71	0.16	0.40
	STAR_M_n_O	84.70 ± 9.30	88.97 ± 9.48	0.12	0.46
	<b>STAR_PM_n_O</b>	<b>84.23 ± 11.45</b>	<b>90.80 ± 11.23</b>	<b>0.04</b>	<b>0.57</b>
	STAR_P_n_O	80.80 ± 18.08	88.30 ± 14.83	0.10	0.41
	<b>STAR_PL_n_O</b>	<b>79.57 ± 13.76</b>	<b>85.37 ± 13.25</b>	<b>0.05</b>	<b>0.42</b>
	STAR_L_n_O	69.73 ± 12.70	75.87 ± 12.42	0.09	0.48
	STAR_AL_n_O	75.77 ± 11.06	79.80 ± 11.10	0.06	0.36
	<b>STAR_Int_n_O</b>	<b>79.98 ± 10.81</b>	<b>85.21 ± 10.00</b>	<b>0.05</b>	<b>0.48</b>

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; p-preferirana noga; n-ne preferirana noga; O-odmor



Tablica 7: Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja, promjene između početnog i završnog mjerenja za kontrolnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje dinamičke ravnoteže izmjerene u uvjetima odmora.

	KONTROLNA SKUPINA				
	VARIJABLA	POČETNO MJERENJE (AS ± SD)	ZAVRŠNO MJERENJE (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
DINAMIČKA RAVNOTEŽA	STAR_A_p_O	82.23 ± 13.68	82.33 ± 13.02	0.82	0.01
	STAR_AM_p_O	81.67 ± 9.71	81.63 ± 8.50	0.96	(-)0.00
	STAR_M_p_O	83.67 ± 11.05	83.43 ± 10.94	0.44	(-)0.02
	STAR_PM_p_O	83.57 ± 12.85	83.07 ± 12.88	0.24	(-)0.02
	STAR_P_p_O	82.63 ± 15.95	82.23 ± 16.44	0.57	(-)0.03
	STAR_PL_p_O	80.00 ± 17.67	80.47 ± 17.95	0.40	0.03
	STAR_L_p_O	68.57 ± 15.44	68.60 ± 14.46	0.95	0.00
	STAR_AL_p_O	75.17 ± 11.26	75.43 ± 10.79	0.40	0.02
	STAR_Int_p_O	79.69 ± 12.12	79.65 ± 11.74	0.87	(-)0.00
	STAR_A_n_O	79.53 ± 9.09	79.73 ± 8.47	0.64	0.02
	STAR_AM_n_O	83.60 ± 8.46	83.83 ± 8.02	0.46	0.03
	STAR_M_n_O	82.87 ± 9.99	82.50 ± 9.90	0.60	(-)0.04
	STAR_PM_n_O	81.80 ± 10.05	80.47 ± 10.98	0.09	(-)0.13
	STAR_P_n_O	76.23 ± 12.60	76.40 ± 11.76	0.61	0.01
	STAR_PL_n_O	79.93 ± 13.32	78.73 ± 13.31	0.18	(-)0.1
	STAR_L_n_O	70.70 ± 12.55	71.30 ± 11.63	0.46	0.05
	STAR_AL_n_O	76.17 ± 11.15	76.10 ± 10.18	0.93	(-)0.01
	STAR_Int_n_O	78.85 ± 9.73	78.63 ± 9.20	0.46	(-)0.02

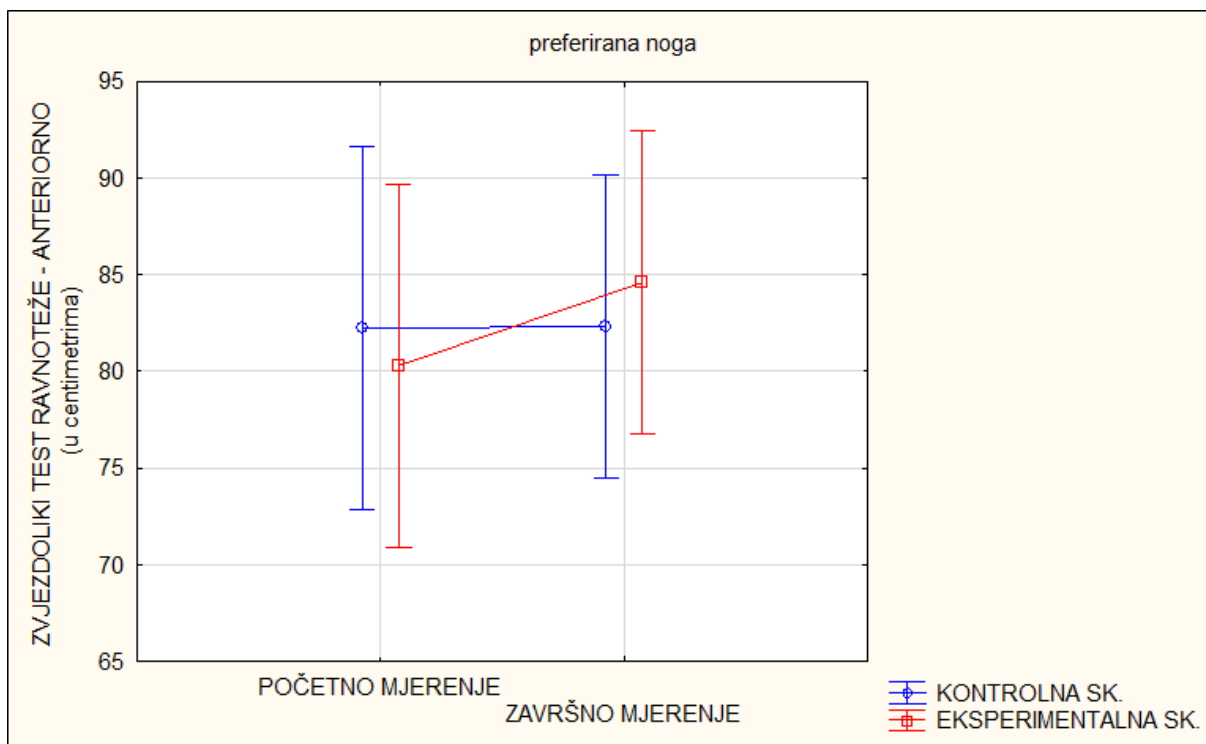
*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; p-preferirana noga; n-ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 8: Razlike između skupina ispitanika analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme, u pokazateljima dinamičke ravnoteže izmjenjenima u uvjetima odmora.

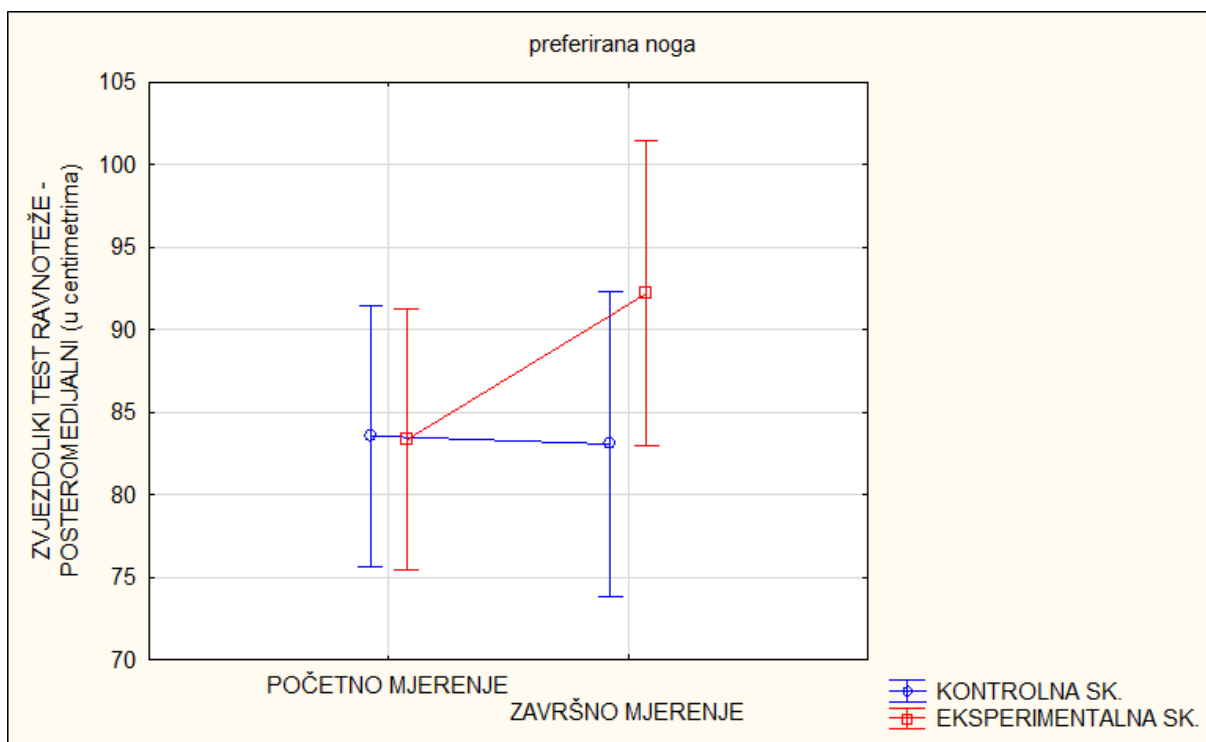
DINAMIČKA RAVNOTEŽA	VARIJABLA	ANOVA	F	p	SK	POČETNO MJERENJE (AS ± SD)	ZAVRŠNO MJERENJE (AS ± SD)	ES	OPIS ES
	STAR_A_p_O	Skupina	.001	.977	E	<b>80.30 ± 14.59</b>	<b>84.60 ± 10.41</b>	0.29	<b>mali učinak</b>
		Vrijeme	4.857	.041	K	82.23 ± 13.68	82.33 ± 13.02	0.01	bez učinka
		<b>Vr*Sk</b>	<b>4.426</b>	<b>.050</b>					
	STAR_AM_p_O	Skupina	.135	.717	E	82.47 ± 9.79	83.83 ± 10.21	0.14	bez učinka
		Vrijeme	.264	.614	K	81.67 ± 9.71	81.63 ± 8.50	(-)0.00	bez učinka
		Vr*Sk	.290	.597					
	STAR_M_p_O	Skupina	.489	.493	E	84.17± 11.35	90.20 ± 15.57	0.53	umjeren i učinak
		Vrijeme	2.294	.147	K	83.67 ± 11.05	83.43 ± 10.94	(-)0.02	bez učinka
		Vr*Sk	2.680	.119					
STAR_PM_p_O	Skupina	.638	.435	E	<b>83.33 ± 10.90</b>	<b>92.20 ± 14.82</b>	0.81	<b>veliki učinak</b>	
	Vrijeme	7.205	.015	K	83.57 ± 12.85	83.07 ± 12.88	(-)0.02	bez učinka	
	<b>Vr*Sk</b>	<b>9.038</b>	<b>.008</b>						
STAR_P_p_O	Skupina	.798	.383	E	86.33 ± 17.73	91.60 ± 16.21	0.30	mali učinak	
	Vrijeme	3.694	.071	K	82.63 ± 15.95	82.23 ± 16.44	(-)0.03	bez učinka	
	<b>Vr*Sk</b>	<b>5.008</b>	<b>.038</b>						
STAR_PL_p_O	Skupina	.134	.718	E	<b>79.33 ± 16.62</b>	<b>86.40 ± 12.96</b>	0.43	<b>mali učinak</b>	
	Vrijeme	6.280	.022	K	80.00 ± 17.67	80.47 ± 17.95	0.03	bez učinka	
	<b>Vr*Sk</b>	<b>4.816</b>	<b>.042</b>						
STAR_L_p_O	Skupina	.114	.739	E	68.27 ± 16.04	73.30 ± 13.39	0.31	mali učinak	
	Vrijeme	3.555	.076	K	68.57 ± 15.44	68.60 ± 14.46	0.00	bez učinka	
	Vr*Sk	3.460	.079						
STAR_AL_p_O	Skupina	.011	.916	E	74.80 ± 11.47	76.83 ± 10.29	0.18	bez učinka	
	Vrijeme	1.576	.225	K	75.17 ± 11.26	75.43 ± 10.79	0.02	bez učinka	
	Vr*Sk	.348	.348						
STAR_Int_p_O	Skupina	.262	.615	E	<b>79.88 ± 12.34</b>	<b>84.87 ± 11.76</b>	0.40	<b>mali učinak</b>	
	Vrijeme	7.037	.016	K	79.69 ± 12.12	79.65 ± 11.74	(-)0.00	bez učinka	
	<b>Vr*Sk</b>	<b>7.248</b>	<b>.015</b>						

STAR_A_n_O	Skupina	.517	.481	E	<b>80.37 ± 10.18</b>	<b>84.63 ± 8.91</b>	0.42	<b>mali učinak</b>
	Vrijeme	5.151	.036	K	79.53 ± 9.09	79.73 ± 8.47	0.02	bez učinka
	Vr*Sk	4.274	.053					
STAR_AM_n_O	Skupina	.535	.474	E	84.70 ± 7.99	87.93 ± 8.71	0.40	mali učinak
	Vrijeme	2.600	.124	K	83.60 ± 8.46	83.83 ± 8.02	0.03	bez učinka
	Vr*Sk	1.945	.180					
STAR_M_n_O	Skupina	1.012	.328	E	84.70 ± 9.30	88.97 ± 9.48	0.46	mali učinak
	Vrijeme	2.250	.151	K	82.87 ± 9.99	82.50 ± 9.90	(-)0.04	bez učinka
	Vr*Sk	3.171	.092					
STAR_PM_n_O	Skupina	1.867	.189	E	<b>84.23 ± 11.45</b>	<b>90.80 ± 11.23</b>	0.57	<b>umjereni učinak</b>
	Vrijeme	3.239	.089	K	81.80 ± 10.05	80.47 ± 10.98	(-)0.13	bez učinka
	Vr*Sk	<b>7.385</b>	<b>.014</b>					
STAR_P_n_O	Skupina	1.780	.199	E	80.80 ± 18.08	88.30 ± 14.83	0.41	mali učinak
	Vrijeme	3.555	.076	K	76.23 ± 12.60	76.40 ± 11.76	0.01	bez učinka
	Vr*Sk	3.254	.088					
STAR_PL_n_O	Skupina	.288	.598	E	<b>79.57 ± 13.76</b>	<b>85.37 ± 13.25</b>	0.42	<b>mali učinak</b>
	Vrijeme	2.849	.109	K	79.93 ± 13.32	78.73 ± 13.31	(-)0.1	bez učinka
	Vr*Sk	<b>6.599</b>	<b>.019</b>					
STAR_L_n_O	Skupina	.117	.736	E	69.73 ± 12.70	75.87 ± 12.42	0.48	mali učinak
	Vrijeme	4.075	.059	K	70.70 ± 12.55	71.30 ± 11.63	0.05	bez učinka
	Vr*Sk	2.752	.114					
STAR_AL_n_O	Skupina	.120	.733	E	75.77 ± 11.06	79.80 ± 11.10	0.36	mali učinak
	Vrijeme	4.030	.060	K	76.17 ± 11.15	76.10 ± 10.18	(-)0.01	bez učinka
	Vr*Sk	4.315	.052					
STAR_Int_n_O	Skupina	.805	.381	E	<b>79.98 ± 10.81</b>	<b>85.21 ± 10.00</b>	0.48	<b>mali učinak</b>
	Vrijeme	4.541	.047	K	78.85 ± 9.73	78.63 ± 9.20	(-)0.02	bez učinka
	Vr*Sk	<b>5.379</b>	<b>.032</b>					

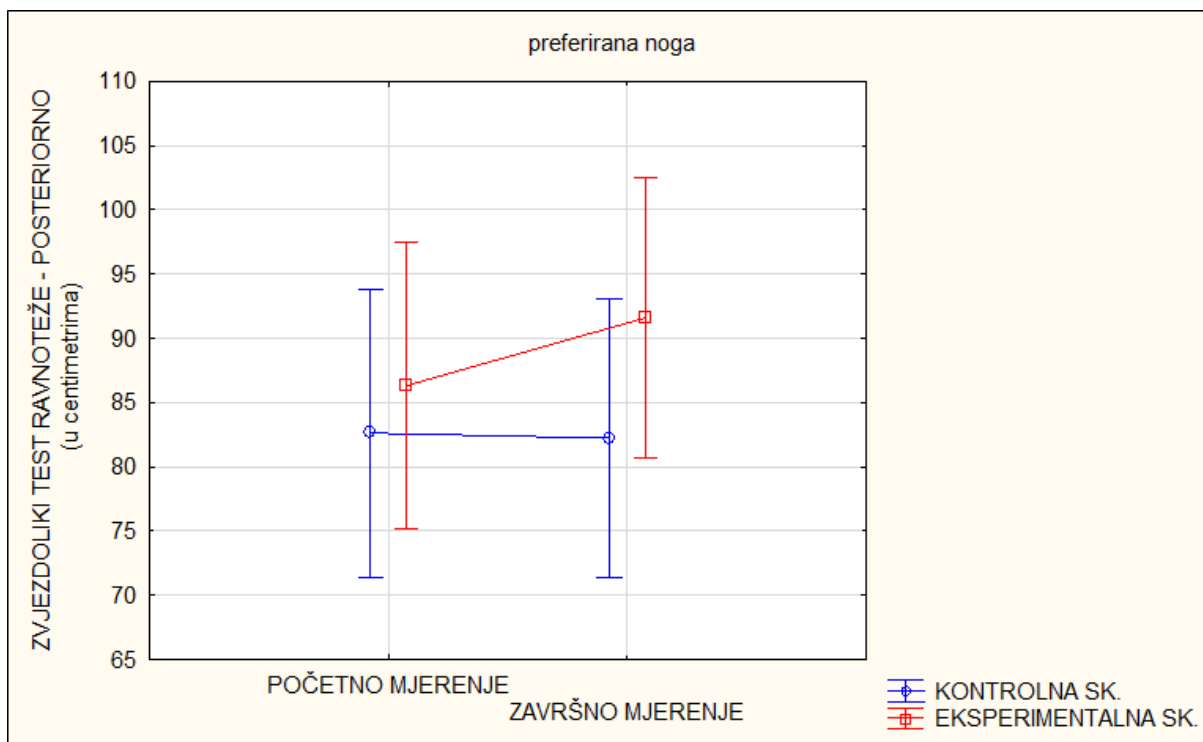
*Legenda:* ANOVA-analiza varijance (dvo-faktorska); F-vrijednosti dobivene analizom varijance; p-razina statističke značajnosti; SK-skupina; AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; ; p-preferirana noga; O-odmor



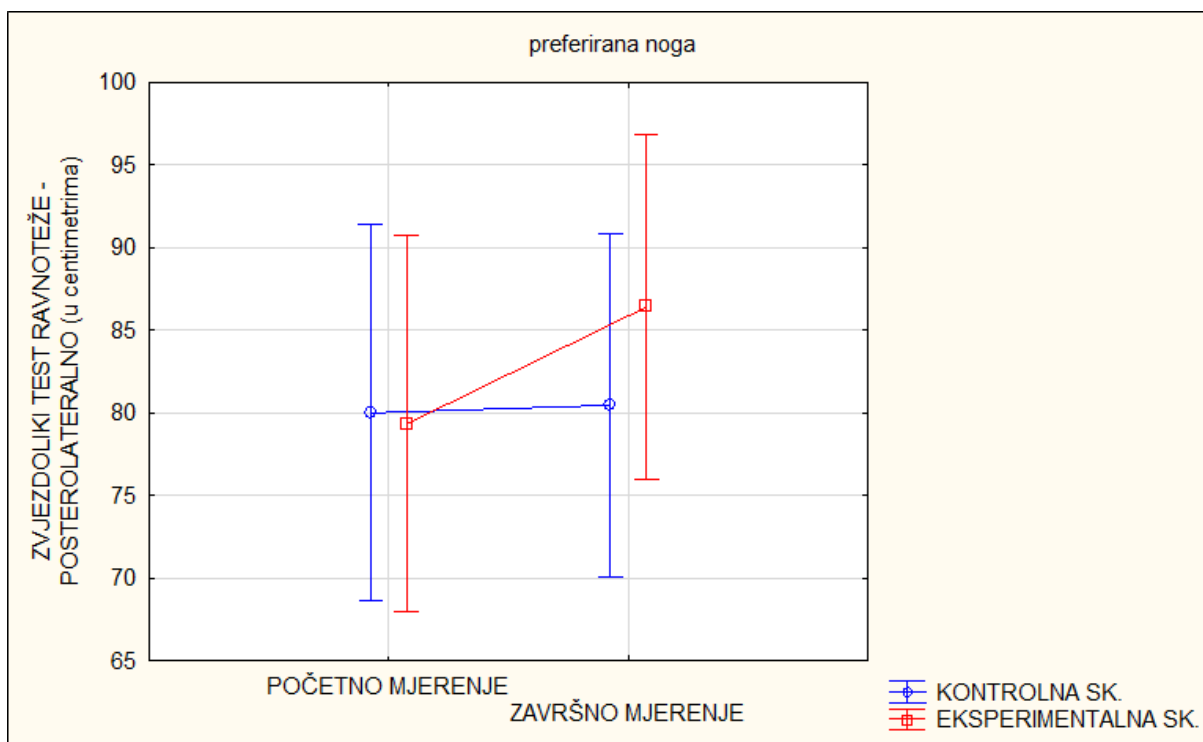
**Graf 3:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anteriorno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.050$ ).



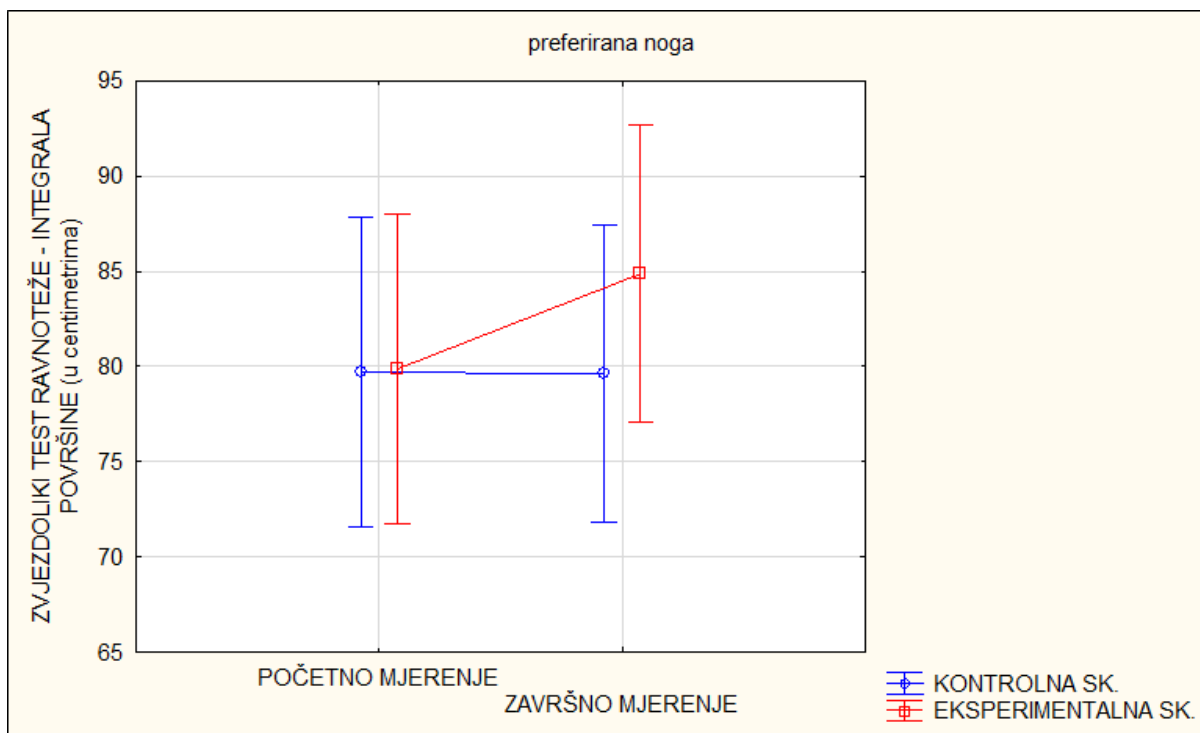
**Graf 4:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posteromedijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.008$ ).



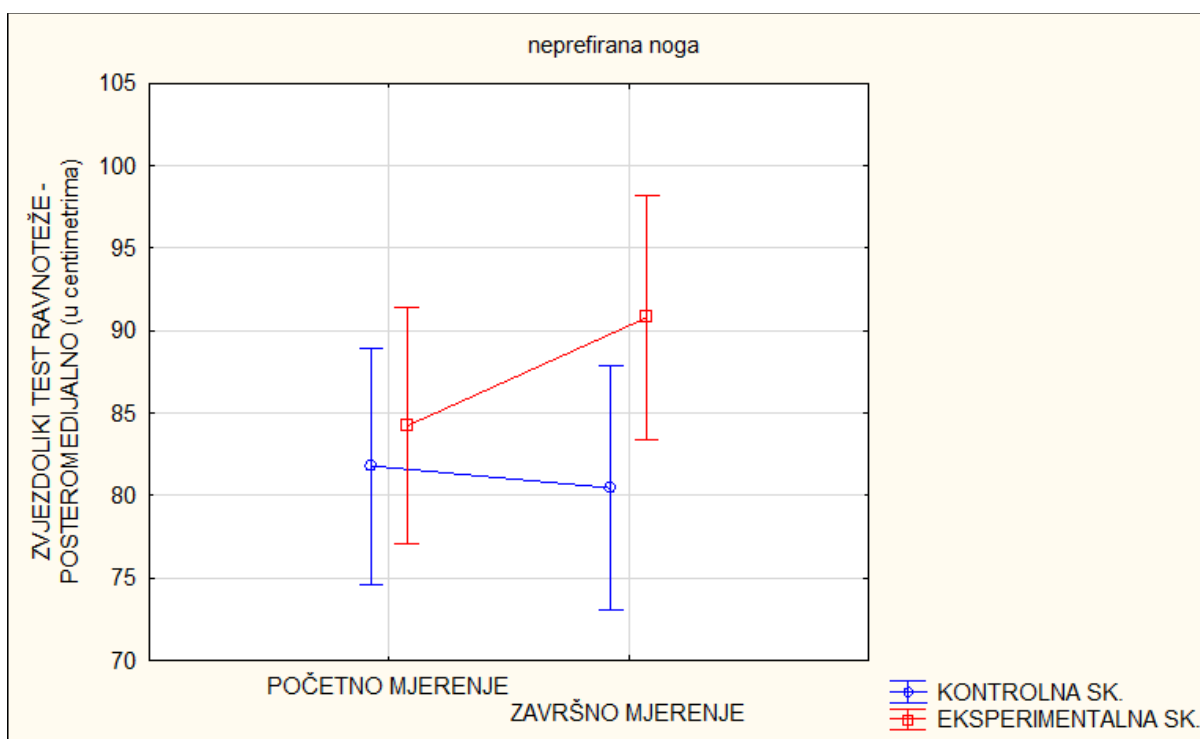
**Graf 5:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posteriorno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.038$ ).



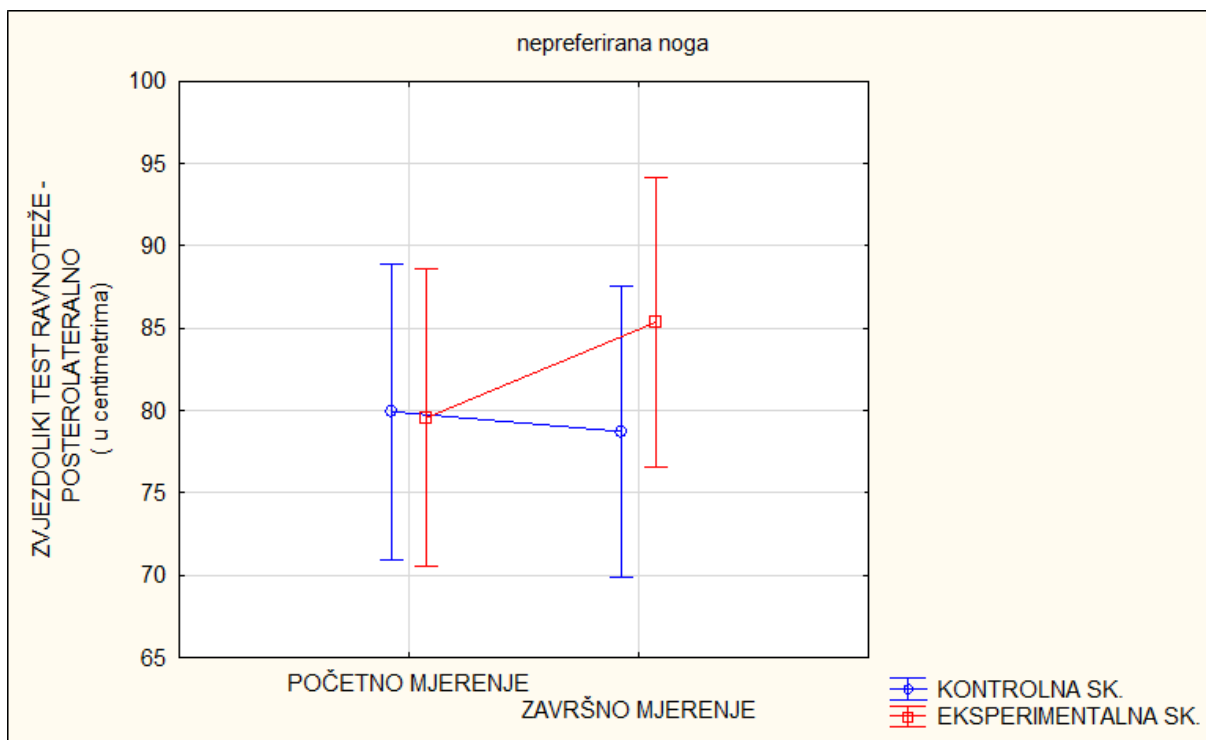
**Graf 6:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posterolateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.042$ ).



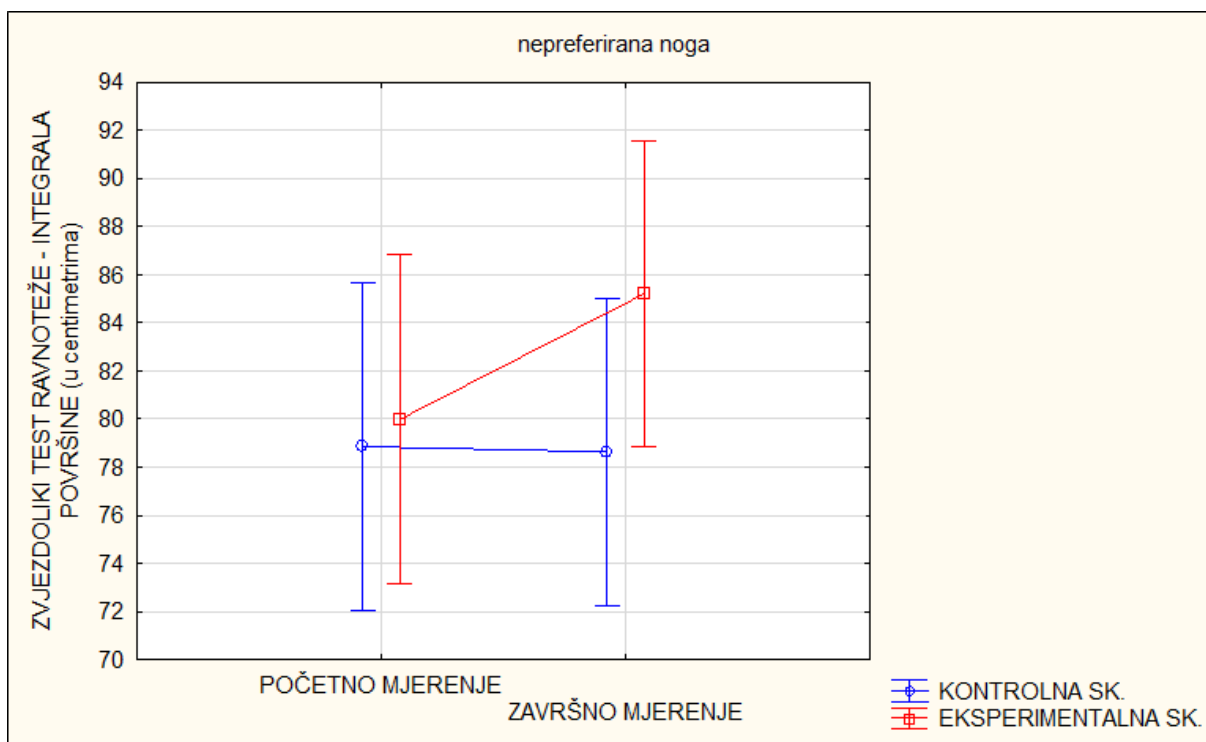
**Graf 7:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – integrala površine (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.015$ ).



**Graf 8:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posteromedijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.014$ ).



**Graf 9:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posterolateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.019$ ).



**Graf 10:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – integrala površine (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.032$ ).

## 4.2. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora

Prije prezentacije razlika između skupina u praćenim varijablama izmjenjenima u uvjetima odmora i umora, u inicijalnom i finalnom mjerenju, tablica broj 9 prikazuje praćene pokazatelje stanja umora ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine, nakon provođenja protokola umaranja u inicijalnom i finalnom mjerenju. Vrijednosti prikazane u tablici broj 9 jasno ukazuju na stanje umora kod svih ispitanika koji su bili podvrgnuti protokolu umaranja.

Tablica 9: Vrijednosti procijenjene maksimalne frekvencije srca ispitanika, frekvencija srca neposredno nakon protokola umaranja, subjektivna procjena umora (Borgovova skala 1-10), te vrijednosti laktata neposredno nakon protokola umaranja, ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine, za inicijalno i finalno mjerenje.

VARIJABLA	INICIJALNO MJERENJE		ZAVRŠNO MJERENJE	
	E SKUPINA	K SKUPINA	E SKUPINA	K SKUPINA
Frekvencija srca_maks	175.70	173.70	175.70	173.70
Frekvencija srca_umor	157.60	159.30	157.60	159.30
Laktati_umor	14.27	14.20	13.86	14,05
Borg_umor	7,5	7,1	7,6	7,8

*Legenda:* E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; maks-maksimalna

### 4.2.1. Utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u početnom mjerenju

Dobiveni rezultati ukazuju na određeni učinak umora na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha, procijenjenu kroz zadatke agilnosti (vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta) i kinestezijske (precizna reprodukcija kuta u koljenom zglobu), izmjereno na inicijalnom testiranju. Statistički značajan učinak umora na praćene varijable utvrđen je i kod ispitanika eksperimentalne i kod ispitanika kontrolne skupine.

U eksperimentalnoj skupini značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama za procjenu agilnosti: *vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta za preferiranu* ( $p = 0.04$ ) *i nepreferiranu* ( $p = 0.05$ ) *nogu*. Također, značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama za procjenu kinestezijske: *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 15°* ( $p = 0.04$ ) *i 60°* ( $p = 0.05$ ) *za preferiranu nogu te prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od*



15° ( $p = 0.04$ ) i 60° ( $p = 0.05$ ) za nepreferiranu nogu. Uz to, vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u varijabli *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 105° za preferiranu i nepreferiranu nogu*.

Vrijednost Cohenovog indeksa za procjenu učinka umora na pokazateljima agilnosti kreće se od 0.28 (za preferiranu nogu) do 0.35 (za ne preferiranu nogu), što ukazuje na mali učinak umora na agilnost rukometaša s oštećenjem sluha eksperimentalne skupine u inicijalnom mjerenju.

Vrijednost Cohenovog indeksa za procjenu učinka umora na pokazateljima kinestezije kreće se od 0.49 do 1.06 (za preferiranu nogu) i od 0.65 do 0.67 (za ne preferiranu nogu), što ukazuje na uglavnom umjereni do veliki učinak umora na kinesteziju rukometaša s oštećenjem sluha eksperimentalne skupine u inicijalnom mjerenju.

U kontrolnoj skupini značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama za procjenu agilnosti: *vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta za preferiranu* ( $p = 0.03$ ) i *nepreferiranu* ( $p = 0.05$ ) *nogu*. Također, značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama za procjenu kinestezije: *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 15°* ( $p = 0.05$ ) i *60°* ( $p = 0.02$ ) *za preferiranu nogu te prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60°* ( $p = 0.04$ ) *za nepreferiranu nogu*. Uz to, vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u varijablama *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 105° za preferiranu te od 15° i 105 samo za nepreferiranu nogu*.

Vrijednost Cohenovog indeksa za procjenu učinka umora na pokazateljima agilnosti kreće se od 0.44 (za preferiranu nogu) do 0.32 (za nepreferiranu nogu), što ukazuje na mali učinak umora na agilnost rukometaša s oštećenjem sluha kontrolne skupine u inicijalnom mjerenju.

Vrijednosti Cohenovog indeksa u varijablama za procjenu kinestezije u kojima je postignuta statistička značajnost razlika iznose 0.49 i 0.56 (za 15° i 60° u preferiranoj nozi) te 0.45 (za 60° u nepreferiranoj nozi). Rečeno ukazuje na mali do umjereni učinak umora na kinesteziju rukometaša s oštećenjem sluha kontrolne skupine u inicijalnom mjerenju.

Detaljan prikaz rezultata nalazi se u tablicama broj 10 i 11.

Dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjem na faktoru vrijeme nije utvrđena statistički značajna međuskupinska razlika u rezultatima postignutima u

početnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, u pokazateljima motoričke kontrole (kinestezija i agilnost) (tablica 12).

Tablica 10: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za eksperimentalnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje motoričke kontrole izmjerene u inicijalnom mjerenju.

MOTORIČKA KONTROLA	EKSPERIMENTALNA SKUPINA-POČETNO MJERENJE				
	VARIJABLA	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
	<b>BRKLNK_p_O</b>	<b>7.54 ± 0.69</b>	<b>7.73 ± 0.83</b>	<b>0.04</b>	<b>0.28</b>
	<b>BRKLNK_n_O</b>	<b>7.60 ± 0.71</b>	<b>7.85 ± 0.88</b>	<b>0.05</b>	<b>0.35</b>
	<b>Ō 15° p O</b>	<b>4.72 ± 2.31</b>	<b>6.77 ± 1.63</b>	<b>0.04</b>	<b>1.06</b>
	<b>Ō 60° p O</b>	<b>7.69 ± 4.61</b>	<b>9.95 ± 2.26</b>	<b>0.05</b>	<b>0.49</b>
	Ō 105° p O	8.66 ± 5.21	8.88 ± 5.02	0.74	0.04
	<b>Ō 15° n O</b>	<b>4.64 ± 2.61</b>	<b>6.33 ± 2.72</b>	<b>0.04</b>	<b>0.65</b>
	<b>Ō 60° n O</b>	<b>6.95 ± 4.07</b>	<b>9.66 ± 1.28</b>	<b>0.05</b>	<b>0.67</b>
	Ō 105° n O	9.76 ± 4.03	10.34 ± 3.88	0.59	0.14

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističkog zaključivanja; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; BRKLNK– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ō–prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 11: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za kontrolnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje motoričke kontrole izmjerene u inicijalnom mjerenju.

MOTORIČKA KONTROLA	KONTROLNA SKUPINA-POČETNO MJERENJE				
	VARIJABLA	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
	<b>BRKLNK_p_O</b>	<b>7.54 ± 0.66</b>	<b>7.83 ± 0.86</b>	<b>0.03</b>	<b>0.44</b>
	<b>BRKLNK_n_O</b>	<b>7.76 ± 0.78</b>	<b>8.01 ± 0.82</b>	<b>0.05</b>	<b>0.32</b>
	<b>Ō 15° p O</b>	<b>5.20 ± 3.38</b>	<b>6.86 ± 2.41</b>	<b>0.05</b>	<b>0.49</b>
	<b>Ō 60° p O</b>	<b>5.54 ± 3.96</b>	<b>7.74 ± 3.21</b>	<b>0.02</b>	<b>0.56</b>
	Ō 105° p O	7.47 ± 3.45	8.61 ± 4.78	0.37	0.33
	Ō 15° n O	5.11 ± 3.01	6.73 ± 3.40	0.06	0.54
	<b>Ō 60° n O</b>	<b>5.38 ± 3.90</b>	<b>7.13 ± 3.07</b>	<b>0.04</b>	<b>0.45</b>
	Ō 105° n O	8.13 ± 4.46	9.45 ± 4.61	0.30	0.30

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističkog zaključivanja; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; BRKLNK– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ō–prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 12: Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima motoričke kontrole izmjerenih u inicijalnom mjerenju u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme.

MOTORIČKA KONTROLA – POČETNO MJERENJE	VARIJABLA	ANOVA	F	<i>p</i>	SK	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	ES	OPIS ES
	BRKLN_p_O	Skupina	.02	.889	E	<b>7.54 ± 0.69</b>	<b>7.73 ± 0.83</b>	<b>0.28</b>	<b>mali učinak</b>
		Vrijeme	11,37	.003	K	<b>7.54 ± 0.66</b>	<b>7.83 ± 0.86</b>	<b>0.44</b>	<b>mali učinak</b>
		Vr*Sk	.50	.490					
	BRKLN_n_O	Skupina	.203	.658	E	<b>7.60 ± 0.71</b>	<b>7.85 ± 0.88</b>	<b>0.35</b>	<b>mali učinak</b>
		Vrijeme	9.902	.006	K	<b>7.76 ± 0.78</b>	<b>8.01 ± 0.82</b>	<b>0.32</b>	<b>mali učinak</b>
		Vr*Sk	.000	.985					
	Ō_15°_p_O	Skupina	.09	.772	E	<b>4.72 ± 2.31</b>	<b>6.77 ± 1.63</b>	<b>0.89</b>	<b>veliki učinak</b>
		Vrijeme	10,77	.004	K	<b>5.20 ± 3.38</b>	<b>6.86 ± 2.41</b>	<b>0.49</b>	<b>mali učinak</b>
		Vr*Sk	.12	.732					
Ō_60°_p_O	Skupina	2,15	.160	E	<b>7.69 ± 4.61</b>	<b>9.95 ± 2.26</b>	<b>0.49</b>	<b>mali učinak</b>	
	Vrijeme	12,22	.003	K	<b>5.54 ± 3.96</b>	<b>7.74 ± 3.21</b>	<b>0.56</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vr*Sk	.00	.966						
Ō_105°_p_O	Skupina	.136	.717	E	8.66 ± 5.21	8.88 ± 5.02	0.04	bez učinka	
	Vrijeme	.974	.337	K	7.47 ± 3.45	8.61 ± 4.78	0.33	mali učinak	
	Vr*Sk	.448	.512						
Ō_15°_n_O	Skupina	.128	.725	E	<b>4.64 ± 2.61</b>	<b>6.33 ± 2.72</b>	<b>0.65</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vrijeme	9.994	.005	K	5.11 ± 3.01	6.73 ± 3.40	0.54	umjereni učinak	
	Vr*Sk	.003	.955						
Ō_60°_n_O	Skupina	2.561	.127	E	<b>6.95 ± 4.07</b>	<b>9.66 ± 1.28</b>	<b>0.67</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vrijeme	9.873	.006	K	<b>5.38 ± 3.90</b>	<b>7.13 ± 3.07</b>	<b>0.45</b>	<b>mali učinak</b>	
	Vr*Sk	.472	.501						
Ō_105°_n_O	Skupina	.527	.477	E	9.76 ± 4.03	10.34 ± 3.88	0.14	bez učinka	
	Vrijeme	1.459	.243	K	8.13 ± 4.46	9.45 ± 4.61	0.30	mali učinak	
	Vr*Sk	.224	.642						

*Legenda:* ANOVA-analiza varijance (dvofaktorska); F-vrijednost dobivena analizom varijance; *p*-razina statističke značajnosti; SK-skupina; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; BRKLN– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ō– prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor; Vr\*Sk-vrijeme\*skupina

#### 4.2.2. Utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u završnom mjerenju

Dobiveni rezultati ne ukazuju na značajan učinak umora na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha eksperimentalne skupine, procijenjenu kroz zadatke agilnosti (vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta) i kinestezije (precizna reprodukcija kuta u koljenom zglobu), na završnom mjerenju. S druge strane, statistički značajan učinak umora utvrđen je kod ispitanika kontrolne skupine i u varijablama za procjenu agilnosti i u varijablama za procjenu kinestezije.

U eksperimentalnoj skupini vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u gotovo svim varijablama, ali te promjene pod utjecajem umora nisu statistički značajne.

U kontrolnoj skupini značajan utjecaj umora utvrđen je u varijabli za procjenu agilnosti: *vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta za nepreferiranu* ( $p = 0.05$ ) *nogu*. Također, značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama za procjenu kinestezije: *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60°* ( $p = 0.02$ ) *i 105°* ( $p = 0.03$ ) *za preferiranu* te *15°* ( $p = 0.04$ ) *i 60°* ( $p = 0.02$ ) *za nepreferiranu nogu*. Uz to, vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u svim ostalim pokazateljima motoričke kontrole.

Cohenov indeks za procjenu učinka umora u varijabli u kojoj je utvrđeno značajno djelovanje umora iznosi 0.40 (varijabla *vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanje kliznim koracima u dva trokuta za nepreferiranu nogu*), što ukazuje na mali učinak umora na agilnost rukometaša s oštećenjem sluha kontrolne skupine u završnom mjerenju.

Vrijednosti Cohenovog indeksa u varijablama za procjenu kinestezije u kojima je postignuta statistička značajnost razlika iznose 0.55 i 0.58 (za 60° i 105° u preferiranoj nozi) te 0.49 i 0.77 (za 15° i 60° u nepreferiranoj nozi). Rečeno ukazuje na uglavnom umjereni učinak umora na kinesteziju rukometaša s oštećenjem sluha kontrolne skupine u završnom mjerenju.

Detaljan prikaz rezultata nalazi se u tablicama broj 13 i 14.

Usporedba između skupina, u rezultatima postignutima u uvjetima odmora i umora u završnom mjerenju, u pokazateljima motoričke kontrole ukazala je na statistički značajne međuskupinske razlike u varijablama za procjenu kinestezije *prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 60° za preferiranu* ( $p = 0.04$ ) i

nepreferiranu ( $p = 0.04$ ) nogu, a što je vidljivo u tablici broj 15 i grafičkim prikazima broj 11 i 12.

Tablica 13: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za eksperimentalnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje motoričke kontrole izmjerene u završnom mjerenju.

MOTORIČKA KONTROLA	EKSPERIMENTALNA SKUPINA-ZAVRŠNO MJERENJE				
	VARIJABLA	ODMOR (AS $\pm$ SD)	UMOR (AS $\pm$ SD)	PRE/POST T-TEST ( $p$ )	ES
	BRKLN_p_O	7.39 $\pm$ 0.61	7.55 $\pm$ 0.54	0.26	0.26
	BRKLN_n_O	7.45 $\pm$ 0.70	7.61 $\pm$ 0.61	0.38	0.23
	$\bar{O}$ 15° p_O	3.92 $\pm$ 2.25	5.70 $\pm$ 3.14	0.06	0.79
	$\bar{O}$ 60° p_O	4.32 $\pm$ 1.29	4.03 $\pm$ 2.14	0.73	(-)0.22
	$\bar{O}$ 105° p_O	7.72 $\pm$ 5.09	9.80 $\pm$ 5.56	0.32	0.41
	$\bar{O}$ 15° n_O	4.42 $\pm$ 2.59	5.34 $\pm$ 2.43	0.21	0.36
	$\bar{O}$ 60° n_O	3.78 $\pm$ 1.95	3.84 $\pm$ 1.62	0.94	0.03
	$\bar{O}$ 105° n_O	9.57 $\pm$ 4.97	10.10 $\pm$ 4.09	0.78	0.11

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija;  $p$ -razina statističkog zaključivanja; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; BRKLN– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta;  $\bar{O}$ –prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 14: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za kontrolnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje motoričke kontrole izmjerene u završnom mjerenju.

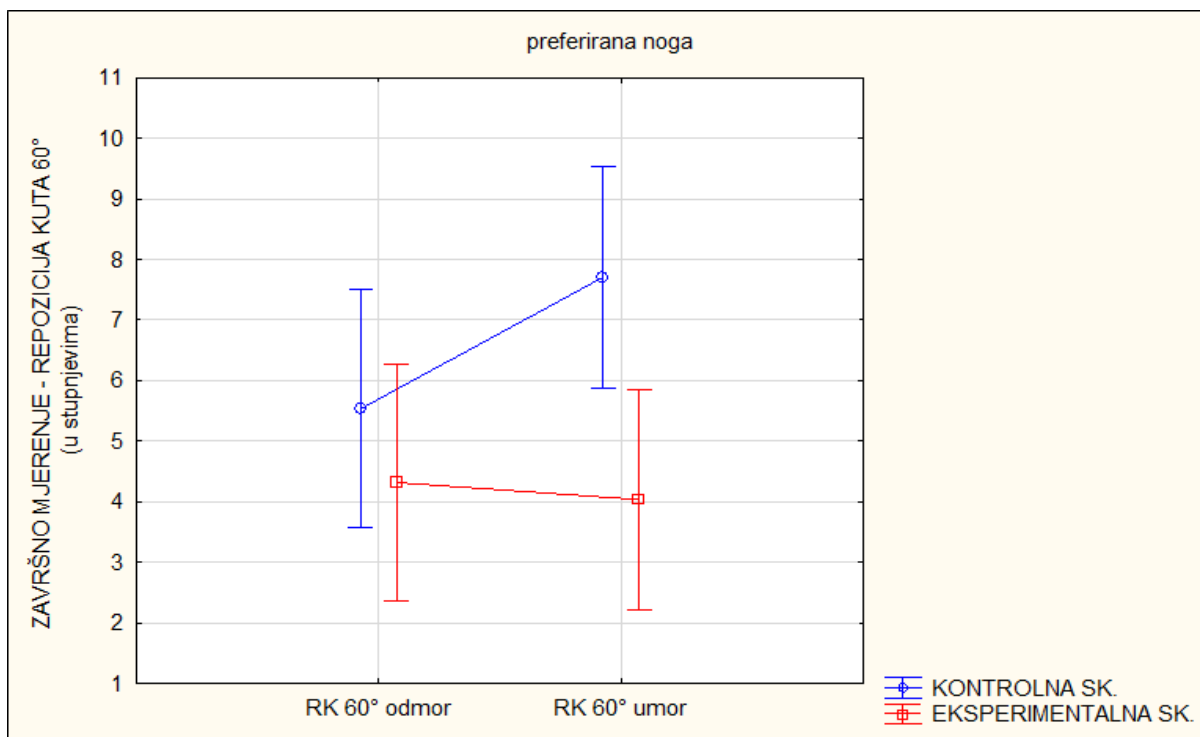
MOTORIČKA KONTROLA	KONTROLNA SKUPINA-ZAVRŠNO MJERENJE				
	VARIJABLA	ODMOR (AS $\pm$ SD)	UMOR (AS $\pm$ SD)	PRE/POST T-TEST ( $p$ )	ES
	BRKLN_p_O	7.68 $\pm$ 0.69	7.83 $\pm$ 0.85	0.18	0.22
	<b>BRKLN_n_O</b>	<b>7.69 <math>\pm</math> 0.80</b>	<b>8.01 <math>\pm</math> 0.82</b>	<b>0.05</b>	<b>0.40</b>
	$\bar{O}$ 15° p_O	5.88 $\pm$ 3.29	6.37 $\pm$ 2.28	0.73	0.15
	$\bar{O}$ 60° p_O	<b>5.53 <math>\pm</math> 3.97</b>	<b>7.71 <math>\pm</math> 3.24</b>	<b>0.02</b>	<b>0.55</b>
	$\bar{O}$ 105° p_O	<b>6.74 <math>\pm</math> 3.62</b>	<b>8.85 <math>\pm</math> 4.76</b>	<b>0.03</b>	<b>0.58</b>
	$\bar{O}$ 15° n_O	<b>4.42 <math>\pm</math> 2.67</b>	<b>5.73 <math>\pm</math> 3.17</b>	<b>0.04</b>	<b>0.49</b>
	$\bar{O}$ 60° n_O	<b>5.76 <math>\pm</math> 3.89</b>	<b>8.77 <math>\pm</math> 0.89</b>	<b>0.02</b>	<b>0.77</b>
	$\bar{O}$ 105° n_O	8.16 $\pm$ 4.42	7.49 $\pm$ 5.34	0.60	(-)0.15

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija;  $p$ -razina statističkog zaključivanja; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; BRKLN– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta;  $\bar{O}$ –prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

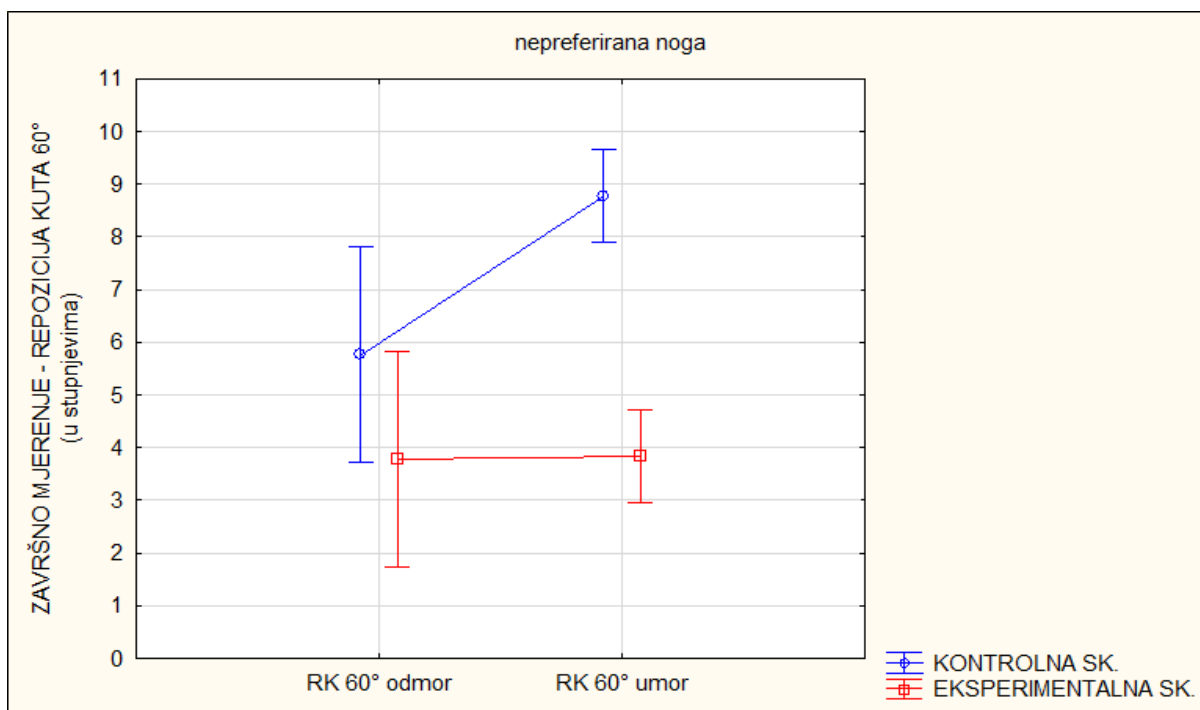
Tablica 15: Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima motoričke kontrole izmjerenih u završnom mjerenju u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme.

MOTORIČKA KONTROLA – ZAVRŠNO MJERENJE	VARIJABLA	ANOVA	F	<i>p</i>	SK	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	ES	OPIS ES
	BRKLIK_p_O	Skupina	.951	.342	E	7.39 ± 0.61	7.55 ± 0.54	0.26	mali učinak
		Vrijeme	3.417	.081	K	7.68 ± 0.69	7.83 ± 0.85	0.22	mali učinak
		Vr*Sk	.012	.915					
	BRKLIK_n_O	Skupina	1.053	.318	E	7.45 ± 0.70	7.61 ± 0.61	0.23	mali učinak
		Vrijeme	4.465	.049	K	<b>7.69 ± 0.80</b>	<b>8.01 ± 0.82</b>	<b>0.40</b>	<b>mali učinak</b>
		Vr*Sk	.484	.496					
	Ō_15°_p_O	Skupina	1.925	.182	E	3.92 ± 2.25	5.70 ± 3.14	0.79	umjereni učinak
		Vrijeme	1.957	.179	K	5.88 ± 3.29	6.37 ± 2.28	0.15	bez učinka
		Vr*Sk	.626	.439					
Ō_60°_p_O	Skupina	4.573	.046	E	4.32 ± 1.29	4.03 ± 2.14	(-)0.22	mali učinak	
	Vrijeme	2.822	.110	K	<b>5.53 ± 3.97</b>	<b>7.71 ± 3.24</b>	<b>0.55</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vr*Sk	<b>4.757</b>	<b>.043</b>						
Ō_105°_p_O	Skupina	.270	.610	E	7.72 ± 5.09	9.80 ± 5.56	0.41	mali učinak	
	Vrijeme	3.863	.065	K	<b>6.74 ± 3.62</b>	<b>8.85 ± 4.76</b>	<b>0.58</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vr*Sk	.000	.989						
Ō_15°_n_O	Skupina	0.028	.868	E	4.42 ± 2.59	5.34 ± 2.43	0.36	mali učinak	
	Vrijeme	6.425	.021	K	<b>4.42 ± 2.67</b>	<b>5.73 ± 3.17</b>	<b>0.49</b>	<b>mali učinak</b>	
	Vr*Sk	.189	.669						
Ō_60°_n_O	Skupina	17,09	.001	E	3.78 ± 1.95	3.84 ± 1.62	0.03	bez učinka	
	Vrijeme	5,61	.029	K	<b>5.76 ± 3.89</b>	<b>8.77 ± 0.89</b>	<b>0.77</b>	<b>umjereni učinak</b>	
	Vr*Sk	<b>5,23</b>	<b>.035</b>						
Ō_105°_n_O	Skupina	1.242	.280	E	9.57 ± 4.97	10.10 ± 4.09	0.11	bez učinka	
	Vrijeme	.004	.950	K	8.16 ± 4.42	7.49 ± 5.34	(-)0.15	bez učinka	
	Vr*Sk	.289	.597						

Legenda: ANOVA-analiza varijance (dvofaktorska); F-vrijednost dobivena analizom varijance; *p*-razina statističke značajnosti; SK-skupina; AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; BRKLIK– brzina kretanja braniča kliznim koracima u dva trokuta; Ō–prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu; 15°-kut u koljenom zglobu od 15 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 60°-kut u koljenom zglobu od 60 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; 105°-kut u koljenom zglobu od 105 stupnjeva fleksije počevši od ispružene noge; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor; Vr\*Sk-vrijeme\*skupina



**Graf 11:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta 60° (RK) (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.043$ ).



**Graf 12:** Razlika u promjenama između skupina nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta 60° (RK) (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.035$ ).

### 4.2.3. Utjecaj umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u početnom mjerenju

Dobiveni rezultati ukazuju na određeni učinak umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha, procijenjenu kroz zadatak zvjezdolikog testa ravnoteže, izmjereno na inicijalnom mjerenju. Statistički značajan učinak umora na praćene varijable utvrđen je i kod ispitanika eksperimentalne i kod ispitanika kontrolne skupine.

U eksperimentalnoj skupini značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama: *postero-medijalni* ( $p = 0.05$ ), *postero-lateralni* ( $p = 0.05$ ) i *lateralni* ( $p = 0.01$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi i integrala ukupno pokriveno površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* ( $p = 0.02$ ), te *antero-medijalni* ( $p = 0.05$ ), *postero-medijalni* ( $p = 0.05$ ), *lateralni* ( $p = 0.04$ ) i *antero-lateralni* ( $p = 0.00$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi i integrala ukupno pokriveno površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* ( $p = 0.05$ ). Uz to, vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u svim ostalim varijablama, kod kojih nije utvrđena statistički značajna razlika.

Vrijednost Cohenovog indeksa za procjenu učinka umora na pokazateljima dinamičke ravnoteže ispitanika eksperimentalne skupine u inicijalnom mjerenju u kojima je utvrđena statistička značajnost razlika, iznosi 0.24 do 0.37 (za preferiranu nogu) te od 0.35 do 0.58 (za nepreferiranu nogu). To ukazuje na mali do umjereni učinak umora na dinamičku ravnotežu ispitanika eksperimentalne skupine na početku istraživanja.

U kontrolnoj skupini značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama: *medijalni* ( $p = 0.02$ ), *posteriorni* ( $p = 0.01$ ), *postero-lateralni* ( $p = 0.00$ ) i *lateralni* ( $p = 0.01$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi i integrala ukupno pokriveno površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* ( $p = 0.00$ ), te *antero-medijalni* ( $p = 0.02$ ), *postero-medijalni* ( $p = 0.00$ ), *posteriorni* ( $p = 0.04$ ) i *antero-lateralni* ( $p = 0.01$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi i integrala ukupno pokriveno površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* ( $p = 0.00$ ). Uz to, također je u ostalim varijablama vidljiv trend pogoršanja rezultata ali bez statističke značajnosti.

Vrijednost Cohenovog indeksa za procjenu učinka umora na pokazateljima dinamičke ravnoteže ispitanika kontrolne skupine u inicijalnom mjerenju u kojima je utvrđena statistička značajnost razlika, iznosi 0.11 do 0.20 (za preferiranu nogu) te 0.16 do 0.30 (za nepreferiranu



noću). To ukazuje na uglavnom mali učinak umora na dinamičku ravnotežu ispitanika kontrolne skupine u početnoj fazi provođenja istraživanja.

Detaljan prikaz rezultata nalazi se u tablicama broj 16 i 17.

Dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjem na faktoru vrijeme nije utvrđena statistički značajna međuskupinska razlika u rezultatima postignutima u početnom mjerenju, u uvjetima odmora i umora, u pokazateljima dinamičke ravnoteže (tablica 18).

Tablica 16: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za eksperimentalnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje dinamičke ravnoteže izmjerene u inicijalnom mjerenju.

EKSPERIMENTALNA SKUPINA - POČETNO MJERENJE				
VARIJABLA	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
STAR_A_p_O	80.30 ± 14.59	77.23 ± 8.78	0.24	(-)0.21
STAR_AM_p_O	82.47 ± 9.79	81.63 ± 10.47	0.62	(-)0.08
STAR_M_p_O	84.17 ± 11.35	80.47 ± 12.55	0.18	(-)0.33
<b>STAR_PM_p_O</b>	<b>83.33 ± 10.90</b>	<b>80.70 ± 8.13</b>	<b>0.05</b>	<b>(-)0.24</b>
STAR_P_p_O	86.33 ± 17.73	82.13 ± 11.74	0.11	(-)0.24
<b>STAR_PL_p_O</b>	<b>79.33 ± 16.62</b>	<b>73.13 ± 12.18</b>	<b>0.05</b>	<b>(-)0.37</b>
<b>STAR_L_p_O</b>	<b>68.27 ± 16.04</b>	<b>62.90 ± 13.20</b>	<b>0.01</b>	<b>(-)0.33</b>
STAR_AL_p_O	74.80 ± 11.47	72.13 ± 10.08	0.10	(-)0.23
<b>STAR_Int_p_O</b>	<b>79.88 ± 12.34</b>	<b>76.25 ± 9.04</b>	<b>0.02</b>	<b>(-)0.29</b>
STAR_A_n_O	80.37 ± 10.18	76.67 ± 7.87	0.21	(-)0.36
<b>STAR_AM_n_O</b>	<b>84.70 ± 7.99</b>	<b>81.07 ± 8.78</b>	<b>0.05</b>	<b>(-)0.45</b>
STAR_M_n_O	84.70 ± 9.30	82.83 ± 8.63	0.44	(-)0.20
<b>STAR_PM_n_O</b>	<b>84.23 ± 11.45</b>	<b>79.97 ± 7.76</b>	<b>0.05</b>	<b>(-)0.37</b>
STAR_P_n_O	80.80 ± 18.08	78.47 ± 12.13	0.51	(-)0.13
STAR_PL_n_O	79.57 ± 13.76	77.87 ± 9.93	0.39	(-)0.12
<b>STAR_L_n_O</b>	<b>69.73 ± 12.70</b>	<b>64.63 ± 8.97</b>	<b>0.04</b>	<b>(-)0.40</b>
<b>STAR_AL_n_O</b>	<b>75.77 ± 11.06</b>	<b>69.30 ± 8.52</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.58</b>
<b>STAR_Int_n_O</b>	<b>79.98 ± 10.81</b>	<b>76.23 ± 6.87</b>	<b>0.05</b>	<b>(-)0.35</b>

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; p-preferirana noga; n-ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 17: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za kontrolnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje dinamičke ravnoteže izmjerene u inicijalnom mjerenju.

	KONTROLNA SKUPINA - POČETNO MJERENJE				
	VARIJABLA	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )	ES
DINAMIČKA RAVNOTEŽA	STAR_A_p_O	82.23 ± 13.68	80.77 ± 11.33	0.26	(-)0.11
	STAR_AM_p_O	81.67 ± 9.71	80.60 ± 8.11	0.34	(-)0.11
	<b>STAR_M_p_O</b>	<b>83.67 ± 11.05</b>	<b>82.00 ± 11.28</b>	<b>0.02</b>	<b>(-)0.15</b>
	STAR_PM_p_O	83.57 ± 12.85	83.20 ± 13.20	0.34	(-)0.03
	<b>STAR_P_p_O</b>	<b>82.63 ± 15.95</b>	<b>79.37 ± 14.94</b>	<b>0.01</b>	<b>(-)0.2</b>
	<b>STAR_PL_p_O</b>	<b>80.00 ± 17.67</b>	<b>77.97 ± 18.10</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.11</b>
	<b>STAR_L_p_O</b>	<b>68.57 ± 15.44</b>	<b>66.50 ± 14.29</b>	<b>0.01</b>	<b>(-)0.13</b>
	STAR_AL_p_O	75.17 ± 11.26	74.43 ± 10.90	0.07	(-)0.07
	<b>STAR_Int_p_O</b>	<b>79.65 ± 12.13</b>	<b>78.10 ± 11.52</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.13</b>
	STAR_A_n_O	79.53 ± 9.09	78.43 ± 8.37	0.09	(-)0.12
	<b>STAR_AM_n_O</b>	<b>83.60 ± 8.46</b>	<b>81.97 ± 8.13</b>	<b>0.02</b>	<b>(-)0.19</b>
	STAR_M_n_O	82.87 ± 9.99	81.73 ± 9.26	0.10	(-)0.11
	<b>STAR_PM_n_O</b>	<b>82.13 ± 10.69</b>	<b>79.93 ± 10.44</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.21</b>
	<b>STAR_P_n_O</b>	<b>76.23 ± 12.60</b>	<b>74.07 ± 12.61</b>	<b>0.04</b>	<b>(-)0.17</b>
	STAR_PL_n_O	79.93 ± 13.32	78.47 ± 12.35	0.12	(-)0.11
	STAR_L_n_O	70.70 ± 12.55	69.53 ± 12.21	0.17	(-)0.09
	<b>STAR_AL_n_O</b>	<b>76.17 ± 11.15</b>	<b>72.80 ± 10.82</b>	<b>0.01</b>	<b>(-)0.30</b>
	<b>STAR_Int_n_O</b>	<b>78.90 ± 9.80</b>	<b>77.33 ± 9.20</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.16</b>

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; p-preferirana noga; n-ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 18: Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima dinamičke ravnoteže izmjerenih u inicijalnom mjerenju u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme.

DINAMIČKA RAVNOTEŽA – INICIJALNO MJERENJE	VARIJABLA	ANOVA	F	p	SK	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	ES	OPIS ES
	STAR_A_p_O	Skupina	.263	.614	E	80.30 ± 14.59	77.23 ± 8.78	(-)0.21	mali učinak
		Vrijeme	2.759	.114	K	82.23 ± 13.68	80.77 ± 11.33	(-)0.11	bez učinka
		Vr*Sk	.343	.566					
	STAR_AM_p_O	Skupina	.048	.828	E	82.47 ± 9.79	81.63 ± 10.47	(-)0.08	bez učinka
		Vrijeme	.948	.343	K	81.67 ± 9.71	80.60 ± 8.11	(-)0.11	bez učinka
		Vr*Sk	.014	.906					
	STAR_M_p_O	Skupina	.011	.919	E	84.17 ± 11.35	80.47 ± 12.55	(-)0.33	mali učinak
		Vrijeme	4.266	.054	K	<b>83.67 ±</b> <b>11.05</b>	<b>82.00 ±</b> <b>11.28</b>	<b>(-)0.15</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>
		Vr*Sk	.611	.445					
STAR_PM_p_O	Skupina	.072	.791	E	<b>83.33 ±</b> <b>10.90</b>	<b>80.70 ±</b> <b>8.13</b>	<b>(-)0.24</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>	
	Vrijeme	5.845	.026	K	83.57 ± 12.85	83.20 ± 13.20	(-)0.03	bez učinka	
	Vr*Sk	3.324	.085						
STAR_P_p_O	Skupina	.233	.635	E	86.33 ± 17.73	82.13 ± 11.74	(-)0.24	mali učinak	
	Vrijeme	8.611	.009	K	<b>82.63 ±</b> <b>15.95</b>	<b>79.37 ±</b> <b>14.94</b>	<b>(-)0.2</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>	
	Vr*Sk	.134	.718						
STAR_PL_p_O	Skupina	.147	.706	E	<b>79.33 ±</b> <b>16.62</b>	<b>73.13 ±</b> <b>12.18</b>	<b>(-)0.37</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>	
	Vrijeme	8.729	.008	K	<b>80.00 ±</b> <b>17.67</b>	<b>77.97 ±</b> <b>18.10</b>	<b>(-)0.11</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>	
	Vr*Sk	2.240	.152						
STAR_L_p_O	Skupina	.09	.770	E	<b>68.27 ±</b> <b>16.04</b>	<b>62.90 ±</b> <b>13.20</b>	<b>(-)0.33</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>	
	Vrijeme	21.75	.000	K	<b>68.57 ±</b> <b>15.44</b>	<b>66.50 ±</b> <b>14.29</b>	<b>(-)0.13</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>	
	Vr*Sk	4,29	.053						
STAR_AL_p_O	Skupina	.076	.786	E	74.80 ± 11.47	72.13 ± 10.08	(-)0.23	mali učinak	
	Vrijeme	5.293	.034	K	75.17 ± 11.26	74.43 ± 10.90	(-)0.07	bez učinka	
	Vr*Sk	1.708	.208						
STAR_Int_p_O	Skupina	.03	.873	E	<b>79.88 ±</b> <b>12.34</b>	<b>76.25 ±</b> <b>9.04</b>	<b>(-)0.29</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>	
	Vrijeme	15.62	.001	K	<b>79.65 ±</b> <b>12.13</b>	<b>78.10 ±</b> <b>11.52</b>	<b>(-)0.13</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>	
	Vr*Sk	2,55	.128						

STAR_A_n_O	Skupina	.016	.902	E	80.37 ± 10.18	76.67 ± 7.87	(-)0.36	mali učinak
	Vrijeme	2.979	.101	K	79.53 ± 9.09	78.43 ± 8.37	(-)0.12	bez učinka
	Vr*Sk	.874	.362					
STAR_AM_n_O	Skupina	.001	.978	E	<b>84.70 ±</b> <b>7.99</b>	<b>81.07 ±</b> <b>8.78</b>	<b>(-)0.45</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>
	Vrijeme	9.925	.006	K	<b>83.60 ±</b> <b>8.46</b>	<b>81.97 ±</b> <b>8.13</b>	<b>(-)0.19</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>
	Vr*Sk	1.430	.247					
STAR_M_n_O	Skupina	.135	.717	E	84.70 ± 9.30	82.83 ± 8.63	(-)0.20	mali učinak
	Vrijeme	1.554	.228	K	82.87 ± 9.99	81.73 ± 9.26	(-)0.11	bez učinka
	Vr*Sk	.093	.764					
STAR_PM_n_O	Skupina	.06	.813	E	<b>84.23 ±</b> <b>11.45</b>	<b>79.97 ±</b> <b>7.76</b>	<b>(-)0.37</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>
	Vrijeme	11,32	.003	K	<b>82.13 ±</b> <b>10.69</b>	<b>79.93 ±</b> <b>10.44</b>	<b>(-)0.21</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>
	Vr*Sk	1,15	.297					
STAR_P_n_O	Skupina	.551	.468	E	80.80 ± 18.08	78.47 ± 12.13	(-)0.13	bez učinka
	Vrijeme	1.623	.219	K	<b>76.23 ±</b> <b>12.60</b>	<b>74.07 ±</b> <b>12.61</b>	<b>(-)0.17</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>
	Vr*Sk	.002	.963					
STAR_PL_n_O	Skupina	.008	.931	E	79.57 ± 13.76	77.87 ± 9.93	(-)0.12	bez učinka
	Vrijeme	2.345	.143	K	79.93 ± 13.32	78.47 ± 12.35	(-)0.11	bez učinka
	Vr*Sk	.013	.911					
STAR_L_n_O	Skupina	.329	.573	E	<b>69.73 ±</b> <b>12.70</b>	<b>64.63 ±</b> <b>8.97</b>	<b>(-)0.40</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>
	Vrijeme	7.674	.013	K	70.70 ± 12.55	69.53 ± 12.21	(-)0.09	bez učinka
	Vr*Sk	3.021	.099					
STAR_AL_n_O	Skupina	.18	.676	E	<b>75.77 ±</b> <b>11.06</b>	<b>69.30 ±</b> <b>8.52</b>	<b>(-)0.58</b>	<b>umjereni</b> <b>učinak</b>
	Vrijeme	33.67	.000	K	<b>76.17 ±</b> <b>11.15</b>	<b>72.80 ±</b> <b>10.82</b>	<b>(-)0.30</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>
	Vr*Sk	3,34	.084					
STAR_Int_n_O	Skupina	.000	.999	E	<b>79.98 ±</b> <b>10.81</b>	<b>76.23 ±</b> <b>6.87</b>	<b>(-)0.35</b>	<b>mali</b> <b>učinak</b>
	Vrijeme	9.788	.006	K	<b>78.90 ±</b> <b>9.80</b>	<b>77.33 ±</b> <b>9.20</b>	<b>(-)0.16</b>	<b>bez</b> <b>učinka</b>
	Vr*Sk	1.644	.216					

*Legenda:* ANOVA-analiza varijance (dvofaktorska); F-vrijednosti dobivene analizom varijance; *p*-razina statističke značajnosti; SK-skupina; AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; ; p-preferirana noga; O-odmor

#### 4.2.4. Utjecaj umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u završnom mjerenju

Dobiveni rezultati ne ukazuju na značajan učinak umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha eksperimentalne skupine, procijenjenu kroz zadatak zvjezdoliki test ravnoteže na završnom mjerenju. S druge strane, kod ispitanika kontrolne skupine, utvrđen je statistički značajan učinak umora u većini pokazatelja dinamičke ravnoteže.

U eksperimentalnoj skupini vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u gotovo svim varijablama, ali te promjene pod utjecajem umora nisu statistički značajne.

U kontrolnoj skupini značajan utjecaj umora utvrđen je u varijablama *anteriorni* ( $p = 0.02$ ), *antero-medijalni* ( $p = 0.00$ ), *posteriorni* ( $p = 0.01$ ), *postero-lateralni* ( $p = 0.02$ ) i *lateralni* ( $p = 0.05$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* i *integrala ukupno pokrivene površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* ( $p = 0.00$ ), te *antero-medijalni* ( $p = 0.01$ ), *medijalni* ( $p = 0.00$ ) i *posteriorni* ( $p = 0.00$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* i *integrala ukupno pokrivene površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* ( $p = 0.00$ ). Uz to, vidljiv je jasan trend pogoršanja rezultata u svim ostalim pokazateljima dinamičke ravnoteže.

Vrijednost Cohenovog indeksa za procjenu učinka umora na pokazateljima dinamičke ravnoteže ispitanika kontrolne skupine u završnom mjerenju u kojima je utvrđena statistička značajnost razlika, iznosi 0.17 do 0.51 (za preferiranu nogu) te 0.44 do 0.73 (za nepreferiranu nogu). To ukazuje na uglavnom mali do umjereni učinak umora na dinamičku ravnotežu ispitanika kontrolne skupine u završnoj fazi provođenja istraživanja.

Detaljan prikaz rezultata nalazi se u tablicama broj 19 i 20.

Usporedba između skupina, u rezultatima postignutima u uvjetima odmora i umora u završnom mjerenju, u pokazateljima dinamičke ravnoteže ukazala je na statistički značajne međuskupinske razlike u varijablama: *antero-medijalni* ( $p = 0.01$ ) i *lateralni* ( $p = 0.04$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* i *integrala ukupno pokrivene površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na preferiranoj nozi* ( $p = 0.05$ ), te *antero-medijalni* ( $p = 0.04$ ), i *posteriorni* ( $p = 0.00$ ) *pravac prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi* i *integrala ukupno pokrivene površine*

prilikom izvođenja zvjezdolikog testa iz stajanja na nepreferiranoj nozi ( $p = 0.02$ ), a što je vidljivo u tablici broj 21 i grafičkim prikazima broj 13, 14, 15, 16, 17 i 18.

Tablica 19: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za eksperimentalnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje dinamičke ravnoteže izmjerene u završnom mjerenju.

		EKSPERIMENTALNA SKUPINA – ZAVRŠNO MJERENJE			
		VARIJABLA	ODMOR (AS $\pm$ SD)	UMOR (AS $\pm$ SD)	PRE/POST T-TEST ( $p$ )
DINAMIČKA RAVNOTEŽA	STAR_A_p_O	84.60 $\pm$ 10.41	82.30 $\pm$ 11.69	0.10	(-)0.22
	STAR_AM_p_O	83.83 $\pm$ 10.21	83.33 $\pm$ 9.31	0.62	(-)0.05
	STAR_M_p_O	90.20 $\pm$ 15.57	89.30 $\pm$ 11.66	0.72	(-)0.06
	STAR_PM_p_O	92.20 $\pm$ 14.82	91.40 $\pm$ 0.71	0.71	(-)0.05
	STAR_P_p_O	91.60 $\pm$ 16.21	90.17 $\pm$ 16.01	0.40	(-)0.09
	STAR_PL_p_O	86.40 $\pm$ 12.96	85.17 $\pm$ 14.31	0.45	(-)0.09
	STAR_L_p_O	73.30 $\pm$ 13.39	77.10 $\pm$ 16.18	0.19	0.28
	STAR_AL_p_O	76.83 $\pm$ 10.29	75.37 $\pm$ 10.44	0.18	(-)0.14
	STAR_Int_p_O	84.87 $\pm$ 11.76	84.27 $\pm$ 11.99	0.58	(-)0.05
	STAR_A_n_O	84.63 $\pm$ 8.91	83.37 $\pm$ 11.73	0.56	(-)0.14
	STAR_AM_n_O	87.93 $\pm$ 8.71	87.37 $\pm$ 8.48	0.71	(-)0.06
	STAR_M_n_O	88.97 $\pm$ 9.48	88.67 $\pm$ 9.81	0.89	(-)0.03
	STAR_PM_n_O	90.80 $\pm$ 11.23	90.43 $\pm$ 10.32	0.68	(-)0.03
	STAR_P_n_O	88.30 $\pm$ 14.83	87.53 $\pm$ 12.09	0.54	(-)0.05
	STAR_PL_n_O	85.37 $\pm$ 13.25	84.87 $\pm$ 13.44	0.79	(-)0.04
	STAR_L_n_O	75.87 $\pm$ 12.42	74.97 $\pm$ 10.61	0.66	(-)0.07
	STAR_AL_n_O	79.80 $\pm$ 11.10	78.50 $\pm$ 9.99	0.43	(-)0.12
STAR_Int_n_O	85.21 $\pm$ 10.00	84.46 $\pm$ 9.24	0.45	(-)0.08	

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija;  $p$ -razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvjezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; p-preferirana noga; n-ne preferirana noga; O-odmor

Tablica 20: Deskriptivni pokazatelji mjerenja u uvjetima odmora i umora, promjene između uvjeta za kontrolnu skupinu (t-test za zavisne uzorke), kao i procjena veličine učinka (ES) za pokazatelje dinamičke ravnoteže izmjerene u završnom mjerenju.

		KONTROLNA SKUPINA – ZAVRŠNO MJERENJE			
		VARIJABLA	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	PRE/POST T-TEST ( <i>p</i> )
DINAMIČKA RAVNOTEŽA	<b>STAR_A_p_O</b>	<b>82.33 ± 13.02</b>	<b>79.60 ± 11.22</b>	<b>0.02</b>	<b>(-)0.21</b>
	<b>STAR_AM_p_O</b>	<b>81.63 ± 8.50</b>	<b>77.27 ± 10.64</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.51</b>
	STAR_M_p_O	83.43 ± 10.94	79.87 ± 11.63	0.06	(-)0.33
	STAR_PM_p_O	83.07 ± 12.88	81.50 ± 12.42	0.08	(-)0.12
	<b>STAR_P_p_O</b>	<b>82.23 ± 16.44</b>	<b>79.47 ± 14.90</b>	<b>0.01</b>	<b>(-)0.17</b>
	<b>STAR_PL_p_O</b>	<b>80.47 ± 17.95</b>	<b>75.60 ± 15.44</b>	<b>0.02</b>	<b>(-)0.27</b>
	<b>STAR_L_p_O</b>	<b>68.60 ± 14.46</b>	<b>65.93 ± 11.72</b>	<b>0.05</b>	<b>(-)0.18</b>
	STAR_AL_p_O	75.43 ± 10.79	73.27 ± 11.79	0.10	(-)0.20
	<b>STAR_Int_p_O</b>	<b>79.65 ± 11.74</b>	<b>76.56 ± 10.67</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.26</b>
	STAR_A_n_O	79.73 ± 8.47	75.87 ± 6.19	0.06	(-)0.46
	<b>STAR_AM_n_O</b>	<b>83.83 ± 8.02</b>	<b>78.37 ± 6.08</b>	<b>0.01</b>	<b>(-)0.68</b>
	<b>STAR_M_n_O</b>	<b>82.50 ± 9.90</b>	<b>77.80 ± 9.88</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.47</b>
	STAR_PM_n_O	80.47 ± 10.98	77.30 ± 9.01	0.06	(-)0.29
	<b>STAR_P_n_O</b>	<b>76.40 ± 11.76</b>	<b>67.87 ± 9.82</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.73</b>
	STAR_PL_n_O	78.73 ± 13.31	75.90 ± 12.45	0.07	(-)0.21
	STAR_L_n_O	71.30 ± 11.63	68.80 ± 11.18	0.06	(-)0.21
	STAR_AL_n_O	76.10 ± 10.18	74.73 ± 9.94	0.20	(-)0.13
	<b>STAR_Int_n_O</b>	<b>78.63 ± 9.20</b>	<b>74.58 ± 7.46</b>	<b>0.00</b>	<b>(-)0.44</b>

*Legenda:* AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; *p*-razina statističke značajnosti; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; p–preferirana noga; n–ne preferirana noga; O-odmor

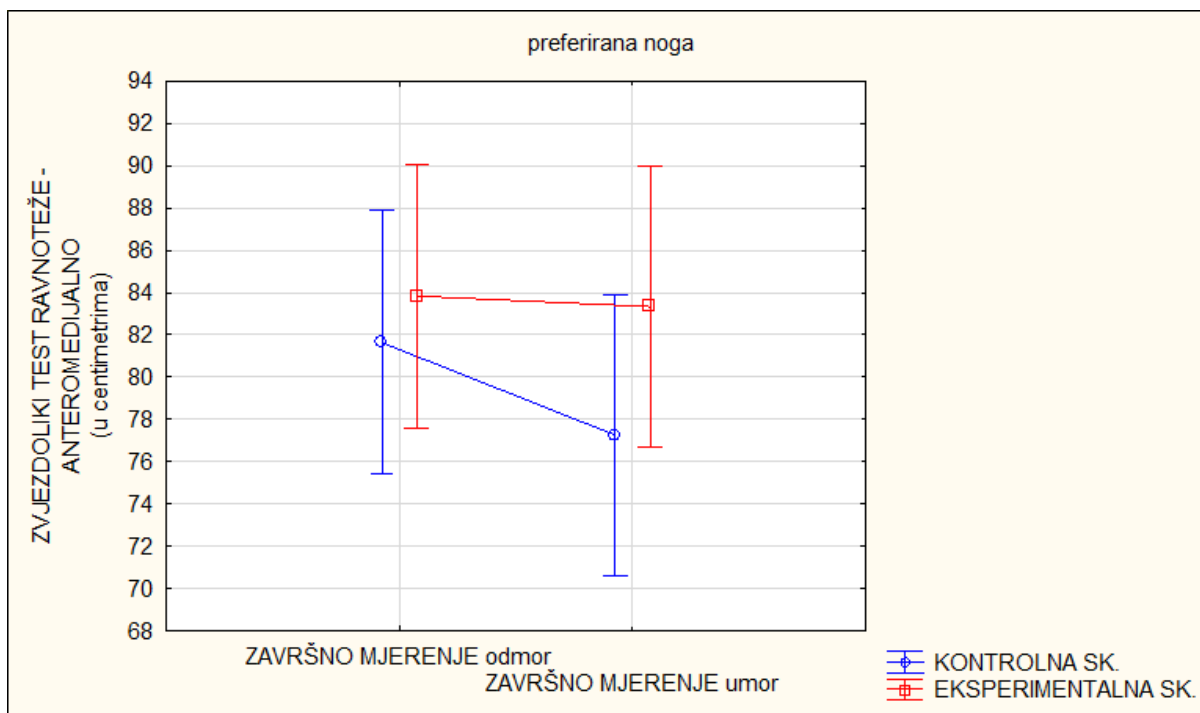
Tablica 21: Razlike između skupina ispitanika u pokazateljima dinamičke ravnoteže izmjerenih u završnom mjerenju u uvjetima odmora i umora, analizirane dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme), s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme.

DINAMIČKA RAVNOTEŽA – ZAVRŠNO MJERENJE	VARIJABLA	ANOVA	F	p	SK	ODMOR (AS ± SD)	UMOR (AS ± SD)	ES	OPIS ES
	STAR_A_p_O	Skupina	.23	.635	E	84.60 ± 10.41	82.30 ± 11.69	(-)0.22	mali učinak
		Vrijeme	10,04	.005	K	<b>82.33 ± 13.02</b>	<b>79.60 ± 11.22</b>	<b>(-)0.21</b>	<b>mali učinak</b>
		Vr*Sk	.07	.788					
	STAR_AM_p_O	Skupina	.93	.347	E	83.83. ± 10.21	83.33 ± 9.31	(-)0.05	bez učinka
		Vrijeme	12,58	.002	K	<b>81.63 ± 8.50</b>	<b>77.27 ± 10.64</b>	<b>(-)0.51</b>	<b>umjereni učinak</b>
		Vr*Sk	<b>7,95</b>	<b>.011</b>					
	STAR_M_p_O	Skupina	2.226	.153	E	90.20 ± 15.57	89.30 ± 11.66	(-)0.06	bez učinka
		Vrijeme	2.278	.149	K	83.43 ± 10.94	79.87 ± 11.63	(-)0.33	mali učinak
		Vr*Sk	.809	.380					
STAR_PM_p_O	Skupina	2.371	.141	E	92.20 ± 14.82	91.40 ± 0.71	(-)0.05	bez učinka	
	Vrijeme	1.096	.309	K	83.07 ± 12.88	81.50 ± 12.42	(-)0.12	bez učinka	
	Vr*Sk	.115	.739						
STAR_P_p_O	Skupina	2.024	.172	E	91.60 ± 16.21	90.17 ± 16.01	(-)0.09	bez učinka	
	Vrijeme	5.364	.033	K	<b>82.23 ± 16.44</b>	<b>79.47 ± 14.90</b>	<b>(-)0.17</b>	<b>bez učinka</b>	
	Vr*Sk	.540	.472						
STAR_PL_p_O	Skupina	1.326	.265	E	86.40 ± 12.96	85.17 ± 14.31	(-)0.09	bez učinka	
	Vrijeme	6.947	.017	K	<b>80.47 ± 17.95</b>	<b>75.60 ± 15.44</b>	<b>(-)0.27</b>	<b>mali učinak</b>	
	Vr*Sk	2.467	.134						
STAR_L_p_O	Skupina	1.691	.210	E	73.30 ± 13.39	77.10 ± 16.18	0.28	mali učinak	
	Vrijeme	.150	.703	K	<b>68.60 ± 14.46</b>	<b>65.93 ± 11.72</b>	<b>0.18</b>	<b>bez učinka</b>	
	Vr*Sk	<b>4.906</b>	<b>.040</b>						
STAR_AL_p_O	Skupina	.134	.719	E	76.83 ± 10.29	75.37 ± 10.44	(-)0.14	bez učinka	
	Vrijeme	5.379	.032	K	75.43 ± 10.79	73.27 ± 11.79	(-)0.20	mali učinak	
	Vr*Sk	.200	.660						
STAR_Int_p_O	Skupina	1.585	.224	E	84.87 ± 11.76	84.27 ± 11.99	(-)0.05	bez učinka	
	Vrijeme	9.937	.006	K	<b>79.65 ± 11.74</b>	<b>76.56 ± 10.67</b>	<b>(-)0.26</b>	<b>mali učinak</b>	
	Vr*Sk	<b>4.505</b>	<b>.048</b>						

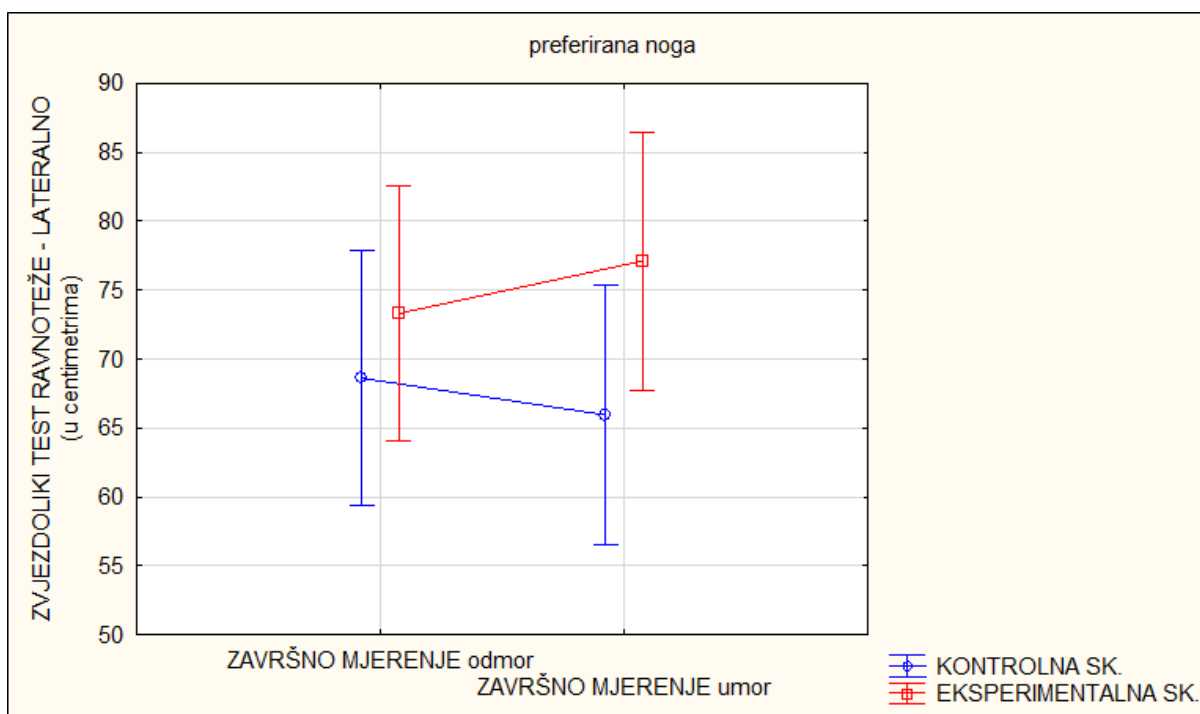


STAR_A_n_O	Skupina	2.657	.120	E	84.63 ± 8.91	83.37 ± 11.73	(-)0.14	bez učinka
	Vrijeme	3.501	.078	K	79.73 ± 8.47	75.87 ± 6.19	(-)0.46	mali učinak
	Vr*Sk	.897	.356					
STAR_AM_n_O	Skupina	3.798	.067	E	87.93 ± 8.71	87.37 ± 8.48	(-)0.06	bez učinka
	Vrijeme	7.853	.012	K	<b>83.83 ± 8.02</b>	<b>78.37 ± 6.08</b>	<b>(-)0.68</b>	<b>umjereni učinak</b>
	Vr*Sk	<b>5.179</b>	<b>.035</b>					
STAR_M_n_O	Skupina	4.220	.055	E	88.97 ± 9.48	88.67 ± 9.81	(-)0.03	bez učinka
	Vrijeme	4.831	.041	K	<b>82.50 ± 9.90</b>	<b>77.80 ± 9.88</b>	<b>(-)0.47</b>	<b>mali učinak</b>
	Vr*Sk	3.742	.069					
STAR_PM_n_O	Skupina	6.874	.017	E	90.80 ± 11.23	90.43 ± 10.32	(-)0.03	bez učinka
	Vrijeme	4.051	.059	K	80.47 ± 10.98	77.30 ± 9.01	(-)0.29	mali učinak
	Vr*Sk	2.439	.136					
STAR_P_n_O	Skupina	8,58	.009	E	88.30 ± 14.83	87.53 ± 12.09	(-)0.05	bez učinka
	Vrijeme	21.36	.000	K	<b>76.40 ± 11.76</b>	<b>67.87 ± 9.82</b>	<b>(-)0.73</b>	<b>umjereni učinak</b>
	Vr*Sk	<b>14.91</b>	<b>.001</b>					
STAR_PL_n_O	Skupina	1.837	.192	E	85.37 ± 13.25	84.87 ± 13.44	(-)0.04	bez učinka
	Vrijeme	2.148	.160	K	78.73 ± 13.31	75.90 ± 12.45	(-)0.21	mali učinak
	Vr*Sk	1.056	.318					
STAR_L_n_O	Skupina	1.151	.298	E	75.87 ± 12.42	74.97 ± 10.61	(-)0.07	bez učinka
	Vrijeme	2.175	.158	K	71.30 ± 11.63	68.80 ± 11.18	(-)0.21	mali učinak
	Vr*Sk	.481	.497					
STAR_AL_n_O	Skupina	.684	.419	E	79.80 ± 11.10	78.50 ± 9.99	(-)0.12	bez učinka
	Vrijeme	2.033	.171	K	76.10 ± 10.18	74.73 ± 9.94	(-)0.13	bez učinka
	Vr*Sk	.001	.972					
STAR_Int_n_O	Skupina	4,29	.053	E	85.21 ± 10.00	84.46 ± 9.24	(-)0.08	bez učinka
	Vrijeme	14.33	.001	K	<b>78.63 ± 9.20</b>	<b>74.58 ± 7.46</b>	<b>(-)0.44</b>	<b>mali učinak</b>
	Vr*Sk	<b>6,77</b>	<b>.018</b>					

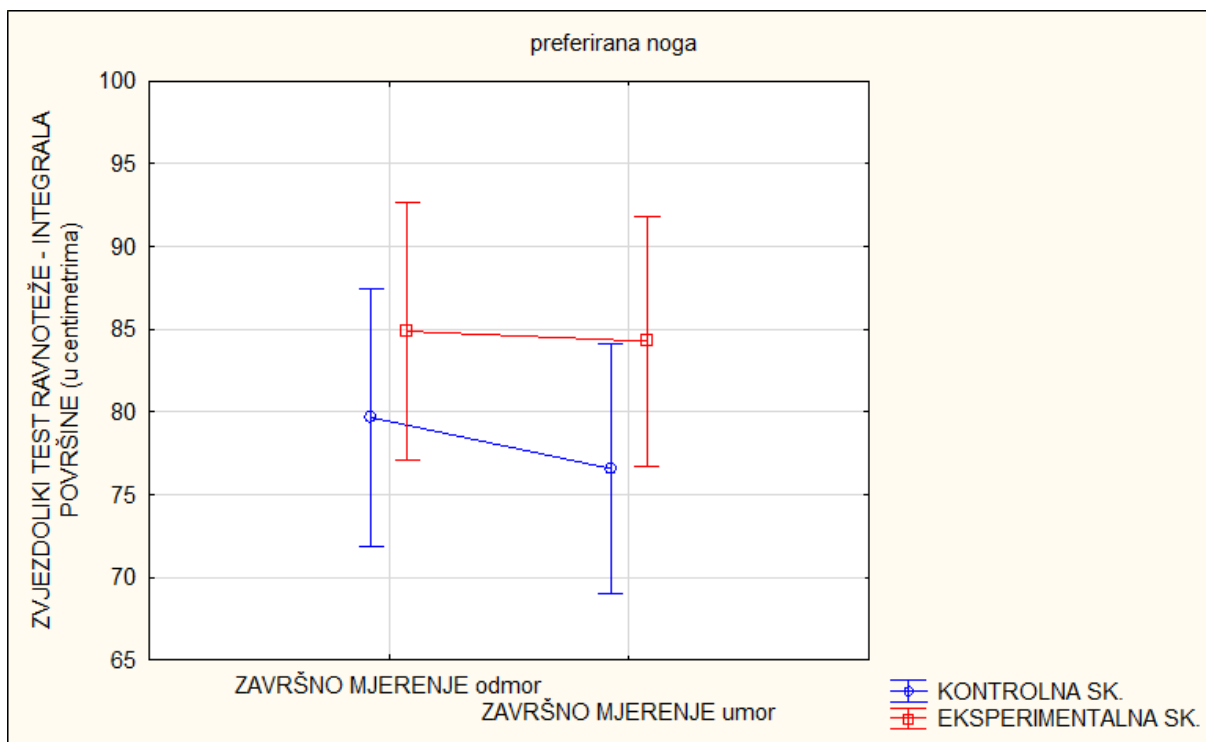
Legenda: ANOVA-analiza varijance (dvofaktorska); F-vrijednosti dobivene analizom varijance; p-razina statističke značajnosti; SK-skupina; AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; ES-Cohenov indeks procjene veličine učinka; STAR-zvjezdoliki test ravnoteže; A-anteriorni pravac; AM-anteromedijalni pravac; M-medijalni pravac; PM-posteromedijalni pravac; P-posteriorni pravac; PL-posterolateralni pravac; L-lateralni pravac; AL-anterolateralni pravac; INT-integrala površine; E-eksperimentalna skupina; K-kontrolna skupina; ; p-preferirana noga; O-odmor



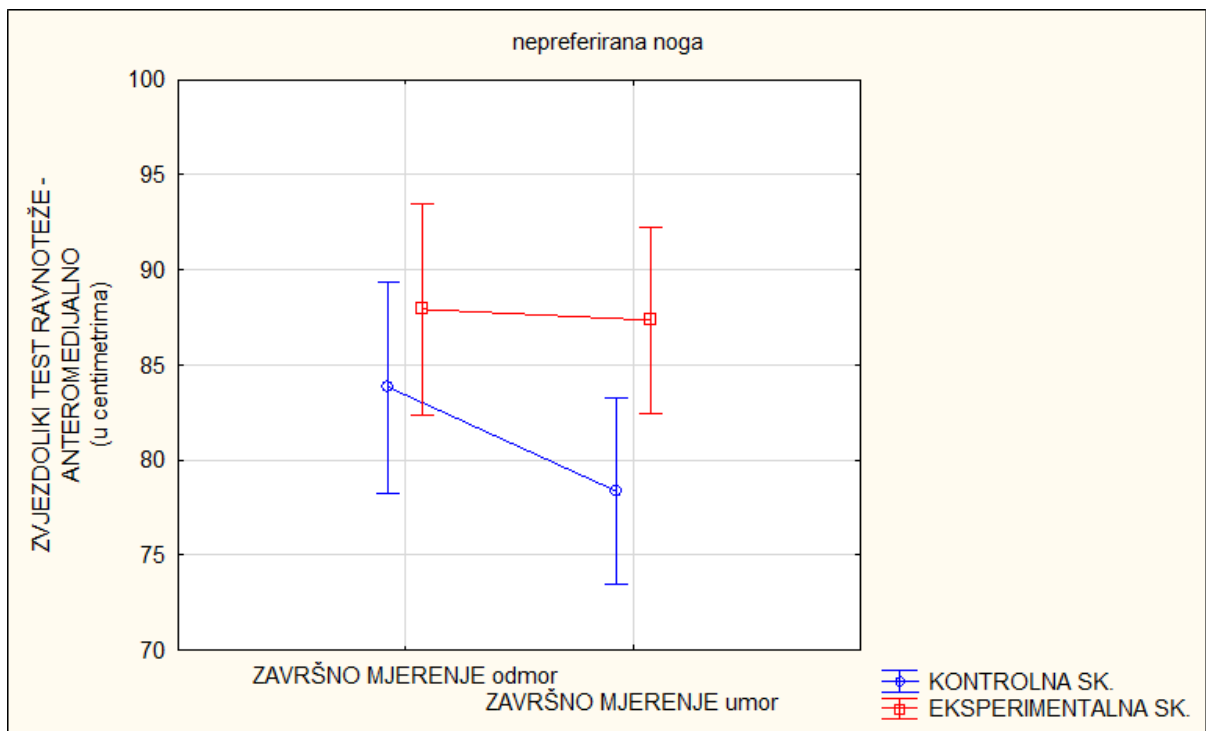
**Graf 13:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anteromedijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.011$ ).



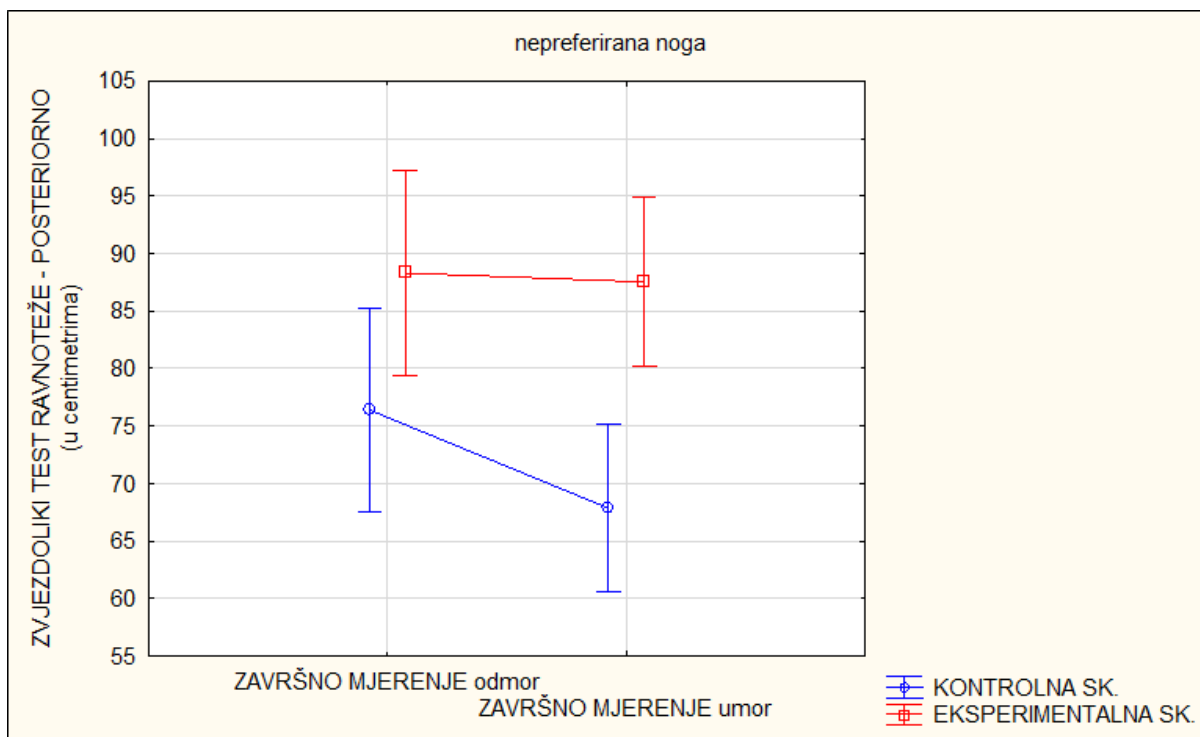
**Graf 14:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - lateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.040$ ).



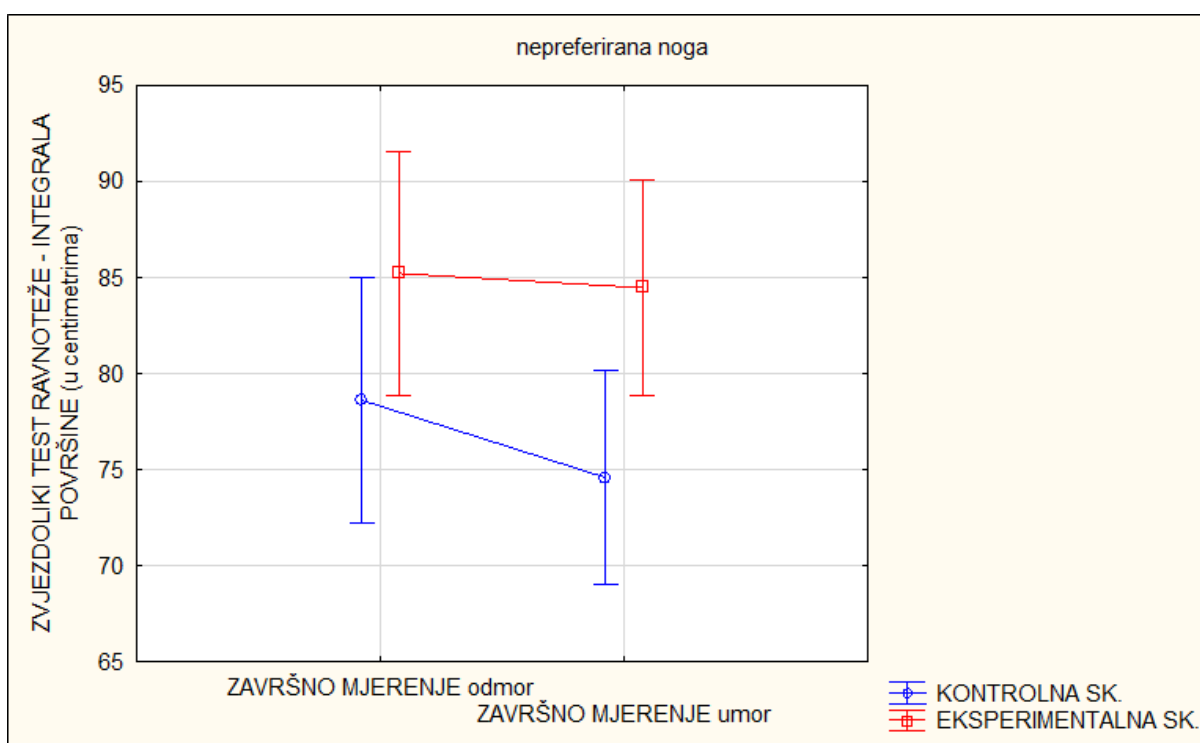
**Graf 15:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerjenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – integrala površine (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.048$ ).



**Graf 16:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerjenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – anteromedijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.035$ ).



**Graf 17:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posteriorno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.001$ ).



**Graf 18:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – integrala površine (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.018$ ).

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Glavni rezultati disertacije

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi učinke senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha. Sekundarni je cilj istraživanja bio utvrditi utjecaj senzomotornoga treninga na iste sposobnosti samo u uvjetima umora.

U okviru ovog istraživanja, motorička kontrola procijenjena je različitim zadacima iz domene kinestezije i agilnosti. Kinestezija je procijenjena zadatkom precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu, pri čemu su izlazne varijable bile prosječno odstupanje proizvedenog od referentnog kuta za kut fleksije u koljenom zglobu od 15°, 60°, i 105° za preferiranu i nepreferiranu nogu. S druge strane, agilnost je bila procijenjena zadatkom kretanja braniča kliznim koracima pri čemu su izlazne varijable, odnosno pokazatelji agilnosti bili vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja kliznim koracima u dva trokuta za preferiranu i nepreferiranu nogu (kretanje s preferiranom ili s nepreferiranom nogom). S druge strane, dinamička je ravnoteža u ovom istraživanju procijenjena zadatkom zvjezdolikog testa ravnoteže, a izlazne varijable, odnosno pokazatelji dinamičke ravnoteže bili su prosječna dužina za osam pravaca te ukupno pokrivena površina prilikom izvedbe zvjezdolikog testa s osloncem na preferiranu i nepreferiranu nogu.

Ukupno govoreći o glavnom cilju istraživanja, ustanovljen je pozitivan utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima odmora.

Konkretno, kada je riječ o utjecaju provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima odmora, glavni rezultati ovog istraživanja ukazuju da je provedeni senzomotorni trening u trajanju od pet tjedana, s četiri treninga tjedno i ukupno dvadeset trenažnih jedinica statistički značajno razvio određene pokazatelje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha. Utvrđeno je statistički značajno poboljšanje kinestezije u koljenom zglobu, mjereno sposobnošću precizne reprodukcije kuta od 60° fleksije preferirane i nepreferirane noge. Što se tiče ostalih pokazatelja motoričke kontrole ispitanika, vidljiv je jasan trend poboljšanja sposobnosti precizne reprodukcije kuta fleksije od 15° i 105° u koljenom zglobu kao i poboljšanje agilnosti, ali bez postizanja statističke značajnosti. Obzirom da provedeni senzomotorni trening nije doveo do statistički značajnog poboljšanja

svih pokazatelja motoričke kontrole, već samo određenih, **prvu postavljenu hipotezu** koja glasi: *H1 - Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha*, je moguće samo **djelomično prihvatiti**.

Kada je riječ o dinamičkoj ravnoteži u uvjetima odmora, dobiveni rezultati ukazuju na statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u anteriornom, postero-medijalnom i postero-lateralnom pravcu te u veličini ukupno pokrivene površine prilikom izvođenja zadatka ravnoteže za obje noge. Također, vidljiv je jasan trend poboljšanja rezultata u ostalim pokazateljima dinamičke ravnoteže, ali bez postizanja statističke značajnosti. Iako je provedeni senzomotorni trening doveo do statistički značajnog poboljšanja u velikom broju pokazatelja dinamičke ravnoteže (8 od 18), ipak, ona nije postignuta za sve varijable. Stoga je i **drugu postavljenu hipotezu** koja glasi: *H2 - Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha*, moguće samo **djelomično prihvatiti**.

Sekundarni je cilj istraživanja bio utvrditi utjecaj senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora. Sveukupno gledajući, dobiveni rezultati ukazuju na smanjeni utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha, nakon provedbe petotjednog senzomotornoga treninga.

Konkretno, u inicijalnom mjerenju ustanovljeno je statistički značajno pogoršanje agilnosti te kinestezije preferirane i nepreferirane noge u uvjetima umora, a čija statistička značajnost nije zabilježena u finalnom mjerenju. Na početku istraživanja, umor je statistički značajno smanjio brzinu kretanja kliznim koracima preferiranom i nepreferiranom nogom te preciznost reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu od 15° i 60°. Iako je u završnom mjerenju prisutan blagi trend narušavanja motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha, ono nije postiglo statističku značajnost, kao u inicijalnom mjerenju. Temeljem dobivenih rezultata moguće je **u potpunosti prihvatiti treću hipotezu** istraživanja koja glasi: *H3 - Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora*.

U inicijalnom mjerenju umor je statistički značajno narušio sposobnost održavanja ravnoteže u dinamičkim uvjetima i to u postero-medijalnom, postero-lateralnom i lateralnom pravcu preferirane noge te u antero-medijalnom, postero-medijalnom, lateralnom i antero-lateralnom

pravcu nepreferirane noge. Isto tako, u inicijalnom mjerenju utvrđena je statistički znatno manja ukupna površina pokrivena prilikom izvođenja testa za procjenu dinamičke ravnoteže s obje noge u uvjetima umora rukometaša s oštećenjem sluha. Važno je naglasiti da, iako je u završnom mjerenju ustanovljen trend pogoršanja dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora, ipak, nakon provedbe petotjednog senzomotornoga treninga umor nije statistički značajno narušio dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha. Stoga je moguće **u potpunosti prihvatiti četvrtu hipotezu** istraživanja koja glasi: *H4 - Provedeni senzomotorni trening proizvesti će statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora.*

S ciljem bolje preglednosti, u daljnjem će se tekstu detaljna rasprava o dobivenim rezultatima prikazati redom, kao što su podaci prikazani u poglavlju 4. *Rezultati.*, odnosno prema redoslijedu postavljenih hipoteza istraživanja.

## **5.2. Detaljna rasprava o dobivenim rezultatima**

### **5.2.1. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha**

Dobiveni rezultati ukazuju na djelomičan učinak provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha. Naime, u okviru ovog istraživanja motorička je kontrola procijenjena zadacima iz domene kinestezije (precizna reprodukcija kuta u koljenom zglobu) i agilnosti (kretanje braniča kliznim koracima). Promatraju li se rezultati u eksperimentalnoj skupini, provedeni senzomotorni trening znatno je poboljšao kinestetski osjećaj u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha prilikom reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu od 60°. Zanimljivo je naglasiti da je takav rezultat ustanovljen i u preferiranoj i u nepreferiranoj nozi. Također, u obje noge nije došlo do statistički značajnog razvoja rezultata postignutih u drugim pokazateljima motoričke kontrole (da li da je riječ o drugim kutevima fleksije u kinesteziji ili o zadatku agilnosti), iako deskriptivni pokazatelji ukazuju na jasan trend njihovog poboljšanja. Rezultati dobiveni usporedbom kontrolne i eksperimentalne skupine također naglašavaju međuskupinsku razliku samo u smislu znatno boljeg razvoja kinestezije u kutu od 60° fleksije koljena u eksperimentalnoj, u odnosu na kontrolnu skupinu, i to u preferiranoj i nepreferiranoj nozi.

Provedeni senzomotorni trening sastojao se od zadataka pliometrije, promjene smjera kretanja, zadržavanja ravnotežnih položaja, te specifičnih elemenata iz obrane i napada rukometne igre. Prilikom izvedbe spomenutih zadataka nerijetko je koljeno u fleksiji bližoj  $60^\circ$ , u odnosu na  $15^\circ$  i  $105^\circ$ . Moguće je da su dobiveni rezultati poboljšanja kinestezije kod  $60^\circ$  fleksije u koljenom zglobu dijelom nastali radi specifične adaptacije na trenažne zadatke. Ova tvrdnja nalazi uporište u prethodnim istraživanjima o adaptaciji na različite vrste treninga. Naime princip specifične adaptacije na trening dobro je opisan u literaturi (Moran i sur., 2021; Beardsley, 2018; Myer i sur., 2006). Dokazano je da senzomotorni trening koji uključuje dinamičke vježbe stabilizacije/ravnoteže ili pliometrijske vježbe mijenja biomehaniku pokreta donjih ekstremiteta putem različitih mehanizama, obzirom da su učinci pliometrijskih vježbi i vježbi ravnoteže na fleksiju u koljenom zglobu ovisni o specifičnostima treniranog i testnog zadatka (Myer i sur., 2006). Tako je na primjer sedmotjedni senzomotorni trening u kojemu dominiraju vježbe pliometrije poboljšao biomehaniku fleksije u koljenom zglobu u bilateralnim zadacima, dok je senzomotorni trening istog trajanja, ali u kojemu dominiraju vježbe ravnoteže, poboljšao biomehaniku fleksije u koljenom zglobu u unilateralnim zadacima (Myer i sur., 2006). U ovom je istraživanju došlo do poboljšanja kinestezije prilikom izvedbe unilateralnog zadatka s preferiranom i nepreferiranom nogom, što naglašava dosljednost adaptacije rukometaša s oštećenjem sluha na provedeni senzomotorni trening. Takav je rezultat u skladu s recentnim spoznajama koje govore da dominantnost donjeg ekstremiteta ne utječe na sposobnost precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu (Azevedo, Rodrigues i Seixas, 2021).

Sposobnost u kojoj je potrebna visoka razina motoričke kontrole kao što je eksplozivna jakost također se razvija sukladno principu trenažne specifičnosti. Adaptacija na vertikalno ili horizontalno orijentirani pliometrijski trening direktno se prenosi na poboljšanje eksplozivne jakosti mjerenoj zadacima vertikalne ili horizontalne skočnosti (Moran i sur., 2021). Dakle trening u kojemu prevladavaju vertikalni skokovi u većoj će mjeri razviti vertikalnu od horizontalne skočnosti, bez obzira što je u pozadini poboljšanja rezultata razvoj jednake sposobnosti (eksplozivne jakosti). Nadalje, iako je riječ o drugoj sposobnosti, vrijedi istaknuti nedavne spoznaje o prirodi adaptacije na trening jakosti koja se dešava specifično s obzirom na vrstu kontrakcije (izometrijska, koncentrična ili ekscentrična), vrstu vanjskog opterećenja (utezi, elastična traka i sl.) i trenirane jakosti (maksimalna, eksplozivna jakost i jakosna izdržljivost) te na smjer sile, brzinu, vrstu treniranih mišića, opseg pokreta i razinu stabilnosti tijekom treniranog zadatka (Beardsley, 2018). Iako senzomotorni trening nije istraživao koliko trening jakosti, gore navedena pojedinačna dosadašnja istraživanja upućuju na mogućnost da



su i efekti te vrste treninga ovisni o provedenim trenažnim zadacima (Moran i sur., 2021; Myer i sur., 2006). Iz svega navedenoga moguće je pretpostaviti da je i kod rukometaša s oštećenjem sluha u okviru ovog istraživanja, došlo do specifične adaptacije na trenažne zadatke a koja je rezultirala poboljšanjem kinestezije u koljenom zglobu pri fleksiji od 60°. Razlog tome jest prevladavanje slične amplitude fleksije u zadacima provedenog senzomotornoga treninga.

Dodatno objašnjenje o specifičnostima poboljšanja kinestezije prilikom izvođenja fleksije koljena od 60° dobiveno u ovom istraživanju moguće je potražiti u biomehaničkim i neurofiziološkim osnovama kontrole pokreta u zglobu. Promatra li se ukupna amplituda pokreta u koljenom zglobu prilikom izvođenja dubokog čučnja, aktivacija mišića stabilizatora koljena najveća je u sredini amplitude izvedenog pokreta (od uspravnog položaja do dubokog čučnja). U položaju dubokog čučnja, mišići prednje strane natkoljenice nalaze se u ekstremno izduženom stanju, a oni stražnje strane u ekstremno skraćenom stanju. Istovremeno, težina tijela te djelovanje gravitacije dodatno otežavaju aktivaciju mišića stabilizatora koljenog zgloba (Schoenfeld, 2010; Isear i sur., 1997). S druge strane, u uspravnom položaju dolazi do obratne situacije, prilikom koje se mišići prednje strane natkoljenice nalaze blizu ekstremno skraćenog, a oni stražnje strane, bliže ekstremno izduženom stanju, što također ograničava mogućnost njihove aktivacije (Schoenfeld, 2010; Isear i sur., 1997). Povučemo li se paralela s amplitudama fleksije testnog zadatka kinestezije, odnosno precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu od 15°, 60° i 105° korištenog u okviru ovog istraživanja, tada bi položaj od 15° fleksije bio blizu uspravnom položaju s opruženim nogama, položaj od 60° fleksije bliže sredini, dok bi 105° fleksije najviše odgovarao položaju niskog čučnja. U okviru ovog istraživanja trenažni su se zadaci pliometrije, promjene smjera kretanja, zadržavanja ravnotežnih položaja, te specifičnih elemenata iz obrane i napada rukometne igre izvodili s kutem fleksije u koljenom zglobu najbližem sredini amplitude pregibanja potkoljenice, što je tražilo veću aktivaciju mišića stabilizatora koljenog zgloba, a što je moglo djelovati na trenažnu adaptaciju, odnosno dobivene rezultate.

Dodatno, potrebno je naglasiti da kontrola pokreta u zglobu ovisi o radu niza mehanoreceptora kao što su mišićni, zglobni, ligamentarni i kožni (Fortier i Basset, 2012; Riemann i Lephart, 2002a; Riemann i Lephart 2002b). Iako se prije vjerovalo da su zglobni receptori (pacinijeva tjelešca, ruffinijevi završeci i golgijev tetivni aparat) jednako aktivni tijekom cijelog opsega pokreta, novije spoznaje iz neurofiziologije kontrole pokreta naglašavaju da se zglobni mehanoreceptori dominantno aktiviraju pri ekstremima amplitude pokreta (fleksije ili

ekstenzije), najvjerojatnije radi veće potrebe za njihovim informacijama zbog ranije spomenute smanjene mišićne aktivnosti u tim okolnostima (Proske, 2019; Fuentes i Bastian 2010).

Opisana specifična uključenost zglobnih mehanoreceptora u koljenu može biti posljedica smanjene mogućnosti aktivacije mišića stabilizatora koljena pri ekstremnim amplitudama pri čemu je u takvim uvjetima neuralnom sustavu kontrole pokreta u zglobu nužno dobivanje informacija iz preostalih izvora perifernog živčanog sustava kao što su zglobni mehanoreceptori. Iako je tu tvrdnju potrebno dodatno istražiti, već niz istraživanja potvrđuje da su za stabilnost koljena odgovorni i zglobni i mišićni mehanoreceptori (Hiemstra, Lo i Fowler, 2001).

S druge strane, za pretpostaviti je da su mišićni mehanoreceptori (mišićno vreteno) u većoj mjeri uključeni prilikom aktivnijeg mišićnog rada (Miura i sur., 2004; Hiemstra, Lo i Fowler, 2001). Rečeno naglašava mogućnost da je rezultat u testnim zadacima precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenu od  $15^\circ$  i  $105^\circ$  u velikoj mjeri ovisan o aktivaciji zglobnih, a onaj prilikom fleksije u koljenu od  $60^\circ$ , o mišićnim mehanoreceptorima. Iznesene znanstvene spoznaje iz područja neurofiziologije kontrole pokreta moguće je povezati s dobivenim rezultatima iz razloga što se u ovom istraživanju dominantno treniralo u sredini amplitude pokreta u koljenom zglobu, a ne pri njezinim ekstremima (dakle ne pri ekstremnoj fleksiji ili ekstenziji). Za pretpostaviti je da su tada u većoj mjeri bili uključeni (a samim time i trenirani) mišićni mehanoreceptori, a ne zglobni (koji se dominantno uključuju pri ekstremima amplitude) (Proske, Wise i Gregory, 2000). Poboljšanje načina korištenja mišićnih mehanoreceptora uslijed senzomotornoga treninga podupiru i istraživanja provedena na rukometašima koja ukazuju na pozitivno djelovanje propioceptivnog treninga na mišićnu koaktivaciju tijekom pokreta u zglobu (Antohe, Rata, M i Rata G, 2020). Također, istraživanja govore u prilog činjenici da aktivna mišićna kontrakcija potrebna prilikom izvođenja testova aktivne reprodukcije kuta (kao u slučaju ovog istraživanja, a pogotovo u slučaju fleksije od  $60^\circ$ ) nudi relativno dobru svjesnost o položaju ekstremiteta, te bi kao takva trebala reflektirati aktivaciju mišićnih vretena lociranih u umornim mišićima fleksorima i ekstenzorima koljena (Miura i sur., 2004). Postoji dakle mogućnost da su ispitanici eksperimentalne skupine u završnom mjeranju postigli najbolje rezultate u zadatku precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu od  $60^\circ$  jer se radi o uvjetima koji zahtijevaju veću aktivaciju utreniranih mišića, a samim time i mišićnih mehanoreceptora.

Temeljem iznesenoga moguće je zaključiti da je provedeni senzomotorni trening doveo do poboljšanja aktivacije mišićnih mehanoreceptora u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha, što je poboljšalo kontrolu pokreta u specifičnim uvjetima te potencijalno smanjilo mogućnost ozljeđivanja koljena u uvjetima fleksije od ili blizu 60°.

Dobiveni rezultati u skladu su s dosadašnjim spoznajama o pozitivnom učinku senzomotornoga treninga na razvoj sposobnosti precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu (Azevedo, Rodrigues i Seixas, 2021; Relph i Herrington, 2016; Muaidi, Nicholson i Refshauge, 2009). Specifičan trening također može poboljšati kontrolu pokreta u zglobu. Marmelerira je sa suradnicima, 2009. godine dokazao da 12-tjedni trening kreativnog plesa može znatno poboljšati sposobnost precizne reprodukcije kuta fleksije, te sposobnost aktivnog prepoznavanja smjera kretanja (fleksije ili ekstenzije) u koljenom zglobu zdravih odraslih osoba. U okviru ovog istraživanja, dokazano je da se promjene u sposobnosti precizne reprodukcije kuta mogu ostvariti i putem treninga kraćeg trajanja, ali ipak na mlađim tjelesno aktivnim osobama. Također, važno je napomenuti da su ispitanici ovog istraživanja sportaši s oštećenjem sluha. Postoji mogućnost da je populacija rukometaša s oštećenjem sluha osjetljivija na promjene u perifernom sustavu kontrole pokreta (na razini mišićnih, ligamentarnih, tetivnih i zglobnih mehanoreceptora), a temeljem strategije reponderiranja informacija dostupnih iz perifernog živčanog sustava. Strategija senzornog reponderiranja (neki ju autori nazivaju i sposobnost rekalkibracije – Lyu i sur., 2021) pripada osjetilnim posturalnim adaptacijama i označava sposobnost promjene omjera „oslanjanja“ na informacije iz različitih izvora u postizanju što bolje posturalne kontrole. Naime, u održavanju posture, u uvjetima optimalne oslonačne površine, zdrava se osoba oslanja na informacije iz vestibularnog (20%) i vidnog (10%) sustava, te na ostale somatosenzorne izvore kao što su mehanoreceptori koji se nalaze rasprostranjeni po čitavom tijelu (70%) (Horak, 2006), a najbrojniji su u mišićima (Proske, 2019). Novije spoznaje opisuju mogući utjecaj auditornih (slušnih) podražaja na posturalnu kontrolu, a samim time najvjerojatnije i na motoričku kontrolu općenito (Anton, Ernst i Basta, 2019; Seiwert i sur., 2018). U pozadini ovakve tvrdnje stoji činjenica da ljudi koriste prostorno-vremenske informacije kako bi lokalizirali izvore zvuka, kao i dokazana specifična poboljšanja zadataka kontrole pokreta prilikom hoda uz pomoć ritmičnih zvukova (Anton, Ernst i Basta, 2019). U slučaju obolijevanja ili otkazivanja određenog izvora informacija, osoba koristi strategiju senzornog reponderiranja te mijenja omjer oslanjanja na postojeće izvore, iz kojih aferentnim putevima podatci u vidu koordinata položaja tijela putuju prema gornjim segmentima živčanog sustava te bivaju obrađeni u algoritmu posturalne kontrole (Kapoula i

sur., 2011; Horak, 2006; Riemann i Lephart, 2002a; Riemann i Lephart, 2002b). Važnost aktivacije vestibularnih, vidnih, taktilnih i slušnih eksteroreceptora u osjetu položaja jednog segmenta tijela ili čitavog tijela u prostoru naglašavaju realnu potrebu za reponderiranjem omjera oslanjanja na različite izvore informacija iz periferije tijela kod osoba s oštećenjem sluha (Proske, 2015; Kapoula i sur., 2011). Rečeno predstavlja temelj pretpostavke da su u okviru provedenog istraživanja, rukometaši s oštećenjem sluha spremniji registrirati promjene na razini mehanoreceptora koji se nalaze oko koljenog zgloba, kako bi kompenzirali ograničenja eksteroreceptora auditornog sustava (de Sousa, de França Barros i de Sousa Neto, 2012; Kapoula i sur., 2011).

Dobiveni rezultati u skladu su sa ranijim istraživanjima koji su dokazali mogućnost razvoja kinestezije u koljenom zglobu sportaša primjenom senzomotornoga treninga (Silva-Moya i sur., 2021; Pánics i sur., 2008). Dodatak senzomotornoga treninga redovnom treningu u trajanju od jedne natjecateljske sezone znatno je poboljšao sposobnost precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu zdravih profesionalnih rukometašica iz Mađarske (Pánics i sur., 2008). Autori su tada postavili tezu da poboljšanje sposobnosti precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu može objasniti višestruko zabilježen utjecaj senzomotornoga treninga u smanjenju broja ozljeda rukometašica (Pánics i sur., 2008). Slični su rezultati dobiveni i kao posljedica samo 12 trenažnih jedinica senzomotornoga treninga raspoređenih u trenažnom razdoblju od 6 tjedana, ali provedenom na djeci prosječne dobi od 8 do 10 godina (Silva-Moya i sur., 2021). Zanimljivo je reći da su na istom uzorku ispitanika autori zabilježili i poboljšanje kinestezije u zglobu gležnja i kuka (Silva-Moya i sur., 2021).

Nedavna metaanaliza o učinku senzomotornoga treninga na razvoj kinestezije nakon rekonstrukcije prednje ukrižene sveze potvrđuje brojne mogućnosti djelovanja na kontrolu pokreta u koljenom zglobu putem senzomotornoga treninga kod različitih stanja zdravlja interesnog zgloba (Arumugam i sur., 2021). Mogućnosti dinamike razvoja sposobnosti precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu različite su (Busch i sur., 2021), obzirom da se u dosadašnjim istraživanjima opisuje njezino poboljšanje nakon senzomotornoga treninga u trajanju od 4 (Shen i sur., 2019) tjedana do 6 mjeseci (Fu i sur., 2013). Iako većina dosadašnjih istraživanja proučava učinak treninga na kontrolu pokreta ozlijeđenih sportaša, studije koje prate učinak treninga na razvoj kinestezije zdravih sportaša upućuju na mogući mehanizam adaptacije kinestetskog sustava na trening. Uz sve do sada rečeno, prema dosadašnjim spoznajama senzomotorni bi trening mogao poboljšati i selektivnu pažnju na ciljani položaj

zgloba kroz adaptaciju senzomotorne moždane kore na provedeni trening (Ashton-Miller i sur., 2001).

Sve zajedno navodi da je zabilježeno poboljšanje sposobnosti precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha moguća posljedica različitih mehanizama adaptacije na trening kao što su: specifična adaptacija na trenažni zadatak (Moran i sur., 2021; Beardsley, 2018; Myer i sur., 2006), utreniranost mišićnih menahoreceptora (Antohe, Rata, M i Rata G, 2020), reponderiranje aferentnih neuralnih izvora (de Sousa, de França Barros i de Sousa Neto, 2012) te adaptacija senzomotorne kore (Ashton-Miller i sur., 2001).

Za razliku od kinestezije, provedeni petotjedni senzomotorni trening, s ukupno 20 trenažnih jedinica nije u značajnoj mjeri doprinio poboljšanju agilnosti rukometaša s oštećenjem sluha. Ipak, zabilježen je pozitivan trend promjena, odnosno razvoja agilnosti. Razlog ne dostizanja statistički značajnog razvoja agilnosti petotjednim treningom najvjerojatnije ima uzrok u zajedničkom utjecaju specifične kondicijske pripremljenosti rukometaša i trajanju trenažnog razdoblja.

Brza promjena smjera kretanja, odnosno agilnost, jedna je od značajnijih prediktora za uspjeh u velikom broju sportova (Sekulić i sur., 2013). U sportovima kao što je rukomet, gdje su te promjene dominantno prisutne, ona ima posebno važan značaj (Spasic i sur., 2015; Vuleta, Milanović i Gruić, 2003). Zbog velikog broja natjecanja, posebno onih na vrhunskoj razini, sve se viši zahtjevi postavljaju pred rukometaše u polju kondicijske pripreme (Wagner i sur., 2017; Šibila, Vuleta i Pori, 2004), tako i agilnosti. Posljedično, povećava se opterećenje u radu, čiji interval se izmjenjuje s intervalom odmora, i nastoje se uspostaviti najbolji mogući sustavi u svim fazama i poljima pripreme koji će producirati optimalne efekte uz minimalan utrošak energije i rizik od ozljeda. Kao takvi, usmjereni su poboljšanju izvedbe u samom natjecanju, pozitivnom utjecaju na regeneraciju i oporavak organizma između natjecanja i treninga te utjecaju na pozitivne trendove u prevenciji i smanjenju ozljeda (Wagner i sur., 2017). S obzirom na razinu natjecanja i zahtjeve koje se pred njih postavljaju, postoje značajne razlike između rukometaša koji pripadaju profesionalnim ekipama i onima koji se natječu u amaterskom sustavu. Te razlike se pokazuju i u agilnosti. Istraživanja su pokazala da rukometaši elitne kategorije imaju pojačano razvijenu specifičnu agilnost u odnosu na rukometaše koji su bliže polu-profesionalnom ili amaterskom statusu (Wagner i sur., 2018). Visoko razvijena sposobnost promjene smjera kretanja, brzina i koordinacija, a posljedično tome i agilnost, jedna je od determinanti za uspjeh u rukometu (Sporiš i sur., 2010). Kao što je konstatirano već ranije,

od ukupno 24 ispitanika, 12 ih je pripadnika Hrvatske reprezentacije rukometaša s oštećenjem sluha. Prezentirajući svoju zemlju na najvažnijim rukometnim natjecanjima, kao što su europska i svjetska prvenstva te Olimpijske igre gluhih, osvojili su veliki broj medalja i postigli vrlo značajne uspjehe. S obzirom na navedeno, moguće je pretpostaviti da su ispitanici u ovom istraživanju već imali zavidnu razinu razvijene agilnosti, iz razloga što pripadaju skupini utreniranih rukometaša. To nas navodi na zaključak, uvažavajući pozitivan trend razvoja rezultata u agilnosti u ovom istraživanju, da je za postizanje značajnijih promjena kod ovakve populacije bilo potrebno provoditi senzomotorni trening duljeg trajanja. To potvrđuju i istraživanja koja naglašavaju značajne promjene u razvoju ove sposobnosti primjenom specifičnog treninga u trajanju od minimalno šest do osam tjedana, odnosno moguće je znatno unaprijediti izvedbu rukometaša u natjecanju u elementima koji su dominantno pod utjecajem agilnosti ako se njen specifičan trening provodi dva do tri puta tjedno u trajanju od 40 minuta tijekom cijele natjecateljske sezone (otprilike 10 mjeseci) (Wagner i sur., 2017).

Zaključno, provedeni senzomotorni trening doveo je do početnih poboljšanja u razvoju agilnosti, što se očituje u trendu postizanja boljih rezultata ispitanika eksperimentalne skupine u završnom mjerenju. Ipak, moguće je da je trebao trajati dulje kako bi doveo do statistički značajnog poboljšanja navedene sposobnosti u utreniranoj populaciji rukometaša s oštećenjem sluha. U okviru ovog istraživanja, petotjedni trenažni program planiran je temeljem ranijih studija o poboljšanju agilnosti u populaciji tjelesno aktivnih osoba primjenom ukupno 16-20 trenažnih jedinica raspoređenih u trenažnom razdoblju od 4 do 6 tjedana (de Sousa, de França Barros, de Sousa Neto, 2012; Milanović, 2011; Hübscher i sur., 2010). Rezultati dobiveni ovim istraživanjem ukazuju na nužnost duljeg trajanja senzomotornoga treninga ukoliko je cilj statistički značajan razvoj agilnosti u specifično utreniranoj populaciji kakvi su rukometaši uključeni u ovoj studiji.

### **5.2.2. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha**

Provedeni petotjedni senzomotorni trening, s ukupno 20 trenažnih jedinica doveo je do trenda poboljšanja u svim smjerovima održavanja dinamičke ravnoteže prilikom izvođenja zvjezdolikog testa. Ipak, važno je naglasiti da je statistička značajnost poboljšanja zabilježena u tri od osam pravaca (anteriorni, postero-medijalni i postero-lateralni) za obje noge. Postignuto poboljšanje u ta tri pravca, kao i trend poboljšanja u ostalima (ali bez statističke značajnosti),

bilo je dovoljno veliko da statistički značajno utječe na veličinu ukupno pokrivena površine prilikom izvođenja zvjezdolikog testa dinamičke ravnoteže. Stoga je u ukupno 8 pokazatelja dinamičke ravnoteže ustanovljeno statistički značajno poboljšanje nakon provedbe senzomotornoga treninga. Dobiveni rezultati jasno govore o razvoju dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha putem provedenog senzomotornoga treninga. Zanimljiva je činjenica da je i u razvoju ravnoteže (kao i u razvoju kinestezije prikazanom u poglavlju 4.2.1. i 5.2.1.) ustanovljena svojevrsna pravilnost adaptacije preferirane i nepreferirane noge na provedeni trening. Naime, statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže utvrđeno je u jednakim pokazateljima u obje noge. Istovremenim poboljšanjem ravnoteže u oba donja ekstremiteta spriječen je potencijalni nastanak asimetrija u ravnoteži, a koje predstavljaju prediktor za rizik ozljede donjih ekstremiteta sportaša (Stiffer i sur., 2017). To je pogotovo važno uzeti u obzir činjenica da su ranija istraživanja zabilježila povećanje asimetrije u ravnoteži kod vrhunskih rukometaša seniorske dobi, pred kraj natjecateljske sezone (Marchetti i sur., 2014). Rečeno naglašava preventivno djelovanje provedenog senzomotornoga treninga. Statistički značajne međuskupinske razlike također su potvrđene u tim pokazateljima (osim u anteriornom pravcu nepreferirane noge), uz dodatnu značajnost razlike u posteriornom pravcu preferirane noge, uvijek u korist eksperimentalne skupine.

Statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže ispitanika eksperimentalne skupine u anteriornom, postero-medijalnom i postero-lateralnom smjeru prati rezultate nedavnog pregleda istraživanja o valjanosti i praktičnoj primjenjivosti zvjezdolikog i Y-testa ravnoteže (Jagger i sur., 2020; Powden, Dodds i Gabriel, 2019). Poboljšanja postignuta u ovom istraživanju desila su se u pravcima Y-testa ravnoteže te je raspravu rezultata moguće proširiti i u području istraživanja primjene Y-testa dinamičke ravnoteže, odnosno specifično ih vezati za poboljšane smjerove stabilnosti (Powden, Dodds i Gabriel, 2019). Statistički značajno poboljšanje ukupno pokrivena površine u zvjezdolikom testu zabilježeno ovim istraživanjem dodatno naglašava težinu poboljšanja dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha primjenom petotjednog senzomotornoga treninga.

Kao i kod razvoja kontrole pokreta, u objašnjenju razloga dobivenih rezultata može poslužiti princip specifičnosti treninga. Zadaci održavanja ravnoteže provedenog senzomotornoga treninga predviđali su fleksiju u koljenom zglobu u rasponu od 50° do 70° fleksije potkoljenice. Nedavna istraživanja iz područja biomehanike opisuju prosječan kut fleksije u koljenom zglobu prilikom izvođenja Y-testa ravnoteže od 61.9° - 70.9° (Bulow i sur., 2021). Rečeno naglašava činjenicu da su ispitanici eksperimentalne skupine u 20 trenažnih jedinica, uz ostale

sposobnosti, uvježbavali i sposobnost održavanja ravnoteže prilikom specifičnog kuta u koljenom zglobu bliskom kutu od 60° fleksije potkoljenice. Gore navedeni kinematički parametri (Bulow i sur., 2021) opisuju kako se upravo u toj razini fleksije kuta u koljenom zglobu provode specifična tri smjera zvjezdolikog testa ravnoteže u kojima je i postignuto statistički znatno poboljšanje izvedbe ispitanika eksperimentalne skupine. Iz tog je razloga moguće da je poboljšanje dinamičke ravnoteže zabilježeno u ovom istraživanju rezultat specifične adaptacije na provedeni senzomotorni trening rukometaša s oštećenjem sluha.

Moguće objašnjenje poboljšanja dinamičke ravnoteže nudi i višestruko potvrđena korelacija između ravnoteže i kontrole pokreta u zglobu (Ghai, S, Driller i Ghai, 2017; Wang i sur., 2016; Lee i sur., 2009; Jerosch i Prymka, 1996), pogotovo kada je riječ o donjim ekstremitetima. Povezanost između ravnoteže i kontrole pokreta u zglobu istražena je na uzorku zdravih (Wang i sur., 2016) i prethodno ozlijeđenih (Lee i sur., 2009) sportaša. O mogućoj povezanosti između spomenutih sposobnosti počelo se istraživati još 1996. godine, kada su Jerosch i Prymka, u preglednom članku objasnili moguće mehanizme u pozadini povezanosti kontrole pokreta i stabilnosti u koljenom, gležanjskom, ramenom, lakatnom i radiokarpalnom zglobu. Značajna povezanost između kontrole pokreta u koljenom zglobu te statičke i dinamičke ravnoteže utvrđena je na uzorku od 30 sportašica (Wang i sur., 2016). Nadalje, istraživanje provedeno na uzorku od 102 pripadnika muškoga spola podijeljena u tri dobne skupine (mlađi muškarci: 19-37 godina; muškarci srednje životne dobi: 40-64 godine; muškarci starije životne dobi: 65-94 godine) utvrdilo je da smanjenje kontrole pokreta uslijed starenja posljedično prati i pogoršanje dinamičke ravnoteže (Wingert, Welder i Foo, 2014). U nedavnoj meta analizi, u koju je bilo uključeno 50 istraživanja, s ukupno 1443 ispitanika dokazana je uzročno posljedična veza u smislu poboljšanja kontrole pokreta u zglobu usporedno s većom stabilizacijom istog (Ghai, S, Driller i Ghai, 2017). U spomenutoj meta analizi proučavan je utjecaj pasivnih stabilizatora zgloba kao što su ortoze i steznici na kontrolu pokreta u zglobu. Njihovi rezultati dijelom mogu objasniti korelaciju između kontrole pokreta i stabilnosti u zglobu, a drugim dijelom opisuju povećani kinestetski podražaj putem primijenjenih ortoza (Ghai, S, Driller i Ghai, 2017). Iznosena istraživanja naglašavaju mogućnost da je boljitak u motoričkoj kontroli zabilježen kod ispitanika eksperimentalne skupine doveo do poboljšanja i u polju dinamičke ravnoteže. Rečeno potvrđuje i sličnost prosječnog kuta fleksije pri izvođenju testa ravnoteže (61.9° - 70.9°) i položaja korištenog u testu precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu od 60°. Dobiveni rezultati upućuju na mogućnost da se u pozadini zabilježenog znatnog poboljšanja dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha nalazi poboljšanje kinestezije u koljenom



zglobu. To je pogotovo važno iz razloga što su rukometaši s oštećenjem sluha potencijalno podložniji razvoju kontrole pokreta radi strategije reponderiranja načina korištenja izvora aferentnih (uzlaznih) informacija, odnosno mogućeg većeg oslanjanja na periferne (a ponajviše na mišićne) mehanoreceptore, a što je objašnjeno u prethodnom poglavlju.

Kontrola ravnoteže temelji se na multisenzornoj integraciji vizualnih, vestibularnih, somatosenzornih i okulomotornih, a već je ranije naglašena moguća uloga slušnih informacija kroz centralni živčani mehanizam prostorno-vremenskog kodiranja zvukova (Anton, Ernst i Basta, 2019; Seiwerth i sur., 2018). Pri tome, utjecaj slušnih informacija ovisi u velikoj mjeri o strukturi i prirodi auditornog podražaja, ravnotežnog zadatka i akustične okoline. Dok nasumični slušni podražaji mogu ometati mirno stajanje, ritmični zvuk će ga poboljšati (Anton, Ernst i Basta, 2019). Istraživanja provedena na zdravim odraslim osobama ukazuju na povoljan učinak slušnih inputa na vestibulospinalnu koordinaciju, a posebno u zadacima iskoraka, i varijablama udaljenosti pomaka i kuta rotacije donjeg ekstremiteta (Seiwerth i sur., 2018). Također, ranija istraživanja zabilježila su slabiju posturalnu stabilnost osoba s oštećenjem sluha, u usporedbi sa zdravim pojedincima (Azadian, Majlesi, Jafarnezhadgero i Granacher, 2020; Akinoğlu i Kocahan, 2018). Takve spoznaje upućuju na važnost razvoja ravnoteže kod osoba s oštećenjem sluha, a što je postignuto ovim istraživanjem. Moguće je pretpostaviti da osobe s oštećenjem sluha, zbog deficita u slušnim informacijama, na svojstveni način integriraju i koriste informacije s periferije potrebne za što bolju motoričku kontrolu, a posljedično i posturalnu stabilnost, odnosno ravnotežu. Prema spoznajama dobivenim ovim istraživanjem, u radu sa sportašima s oštećenjem sluha, provedbom specifičnih vježbi za ciljano poboljšanje kontrole pokreta u zglobu (uz korištenje mehanizma reponderiranja), moglo bi se indirektno djelovati i na poboljšanje stabilnosti tog zgloba, a samim time i na prevenciju njegovih ozljeda. Ipak, važno je napomenuti da je opisan uzročno-posljedični slijed potrebno dodatno istražiti na ispitanicima s oštećenjem sluha.

Dobiveni rezultati u skladu su s ranijim istraživanjima koji su dokazali mogućnost razvoja ravnoteže sportaša primjenom senzomotornoga treninga (Mohamad Puzi i Choo, 2021; Akinoğlu i Kocahan, 2019a; Holm i sur., 2004). U istraživanju provedenom na 35 vrhunskih rukometašica, prosječne dobi od  $23 \pm 2.5$  godina, senzomotorni trening u trajanju od 5-7 tjedana, s po 3 treninga tjedno, znatno je poboljšao dinamičku ravnotežu. Važno je naglasiti da su dobivena poboljšanja dinamičke ravnoteže bila prisutna i godinu dana nakon provedbe istraživanja (Holm i sur., 2004). Veliki je broj istraživanja u okviru kojih je dokazano pozitivno djelovanje senzomotornoga treninga različitog trajanja na razvoj ravnoteže i kontrole pokreta

te na smanjenje broja ozljeda rukometašica (Steib i sur., 2016; Myer i sur., 2008; Zebis i sur., 2008; Petersen i sur., 2005; Holm i sur., 2004). U istraživanju provedenom na rukometašima pripadnicima muškoga spola, šestotjedni senzomotorni trening, od ukupno 18 trenažnih jedinica koje su se sastojale od vježbi dinamičke ravnoteže, agilnosti i koordinacije rezultirao je statistički značajnim poboljšanjem dinamičke ravnoteže. To poboljšanje utvrđeno je analizom rezultata u zvjezdolikom testu ravnoteže, na uzorku od 30 muških rukometaša adolescenata (Mohamad Puzi i Choo, 2021). U jednom od rijetkih istraživanja provedenih na sportašima s oštećenjem sluha, Akinoğlu i Kocahan (2019a) ustanovili su poboljšanje ravnoteže i jakosti karatista s oštećenjem sluha prosječne dobi od  $24.53 \pm 3.62$  godine, uslijed provedbe šestotjednog trenažnog razdoblja s 30 treninga ravnoteže.

Važno je dodati da pregled dosadašnjih spoznaja opisuje mogućnost preventivnog djelovanja senzomotornoga treninga u smislu smanjenja rizika nastanka ozljeda koljena, a specifično i ozljede prednje ukrižene sveze kod sportaša, naglašavajući upravo zajedničko djelovanje velikog broja zadataka agilnosti, ravnoteže i pliometrije, bez nužnog odvajanja jednog kao najboljeg (Dargo, Robinson i Games, 2017). Rečeno vrijedi i na razini gležnja (Kynsburg, Pánics, i Halasi, 2010). Ranija su istraživanja pokazala da dugotrajno provođenje senzomotornoga treninga koji se sastoji od specifičnih zadataka dinamičke ravnoteže, agilnosti i pliometrije može poboljšati sposobnost precizne reprodukcije kuta u gležnju te ravnotežu zdravih rukometašica, prosječne dobi od  $23.7 \pm 4.4$  godina. U istom je istraživanju dokazano da ukoliko senzomotorni trening traje dovoljno dugo (20 mjeseci) tada može prevenirati ozljede donjih ekstremiteta (Kynsburg, Pánics, i Halasi, 2010).

Zaključno, dobiveni rezultati u okviru ovog istraživanja, kao i dosadašnje spoznaje otvaraju mogućnost da je zabilježeno značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha primjenom petotjednog senzomotornoga treninga rezultat međusobnog djelovanja barem dva mehanizma: specifične adaptacije na trening (Moran i sur., 2021; Beardsley, 2018; Myer i sur., 2006), te pozadinskog poboljšanja kontrole pokreta u zglobu putem strategije senzornog reponderiranja (de Sousa, de França Barros i de Sousa Neto, 2012). Zabilježeno poboljšanje dinamičke ravnoteže i pozadinski mehanizmi imaju potencijalno preventijsko djelovanje radi poboljšanja rukometaševe izvedbe (Dargo, Robinson i Games, 2017; Aman i sur., 2015) (jer se upravo dešava u tom kutu fleksije koljena), bolje aktivacije mišića natkoljenice u tom položaju (Antohe, Rata, M i Rata G, 2020), smanjene mogućnosti pojave asimetrije prilikom održavanja ravnoteže na jednoj nozi (Marchetti i sur., 2014) i

smanjenja rizika nastanka ozljeda (Kynsburg, Pánics, i Halasi, 2010), iako je zadnju tvrdnju potrebno dodatno istražiti.

### **5.2.3. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu i dinamičku ravnotežu u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora**

U interesu ovog istraživanja bilo je i utvrditi da li je, i u kojoj mjeri, moguće smanjiti akutni odgovor na umor primjenom senzomotornog treninga. Specifično, provjereno je da li provedeni senzomotorni trening može smanjiti negativan učinak umora na motoričku kontrolu (procijenjenu zadacima agilnosti i kinestezije) i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha. Kako bi to bilo moguće korišten je specifičan protokol umaranja (opisan u poglavlju 3.4.) te su motorička kontrola i dinamička ravnoteža izmjerene prije i neposredno nakon provedbe protokola umaranja. Takva je organizacija mjerenja izvedena na početnom (prije provedbe senzomotornog treninga) i na završnom (nakon petotjednog trenažnog razdoblja) mjerenju. Prije same rasprave dobivenih rezultata važno je naglasiti da je stanje umora sportaša provjereno vrijednostima maksimalne frekvencije srca (Djaoui i sur., 2017) tijekom protokola umaranja te koncentracijom laktata u krvi (Djaoui i sur., 2017) i subjektivnom procjenom napora putem Borgove skale (Baghbani, Woodhouse i Gaeini, 2016). Sve vrijednosti praćenih pokazatelja ukazivale su na prisutnost umora kod svih ispitanika.

#### **5.2.3.1. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora**

Rezultati dobiveni na početnom mjerenju ukazuju na narušavanje rezultata u većini pokazatelja motoričke kontrole ispitanika eksperimentalne skupine. Pri tome je statistički značajno pogoršanje motoričke kontrole zabilježeno u zadacima agilnosti (kretanje braniča kliznim koracima) te u dva zadatka za procjenu kinestezije (precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu od 15° i 60°) i to u preferiranoj i nepreferiranoj nozi. Slični su rezultati zabilježeni i u kontrolnoj skupini, a statistički značajnih međuskupinskih razlika nije bilo. Sve zajedno, rezultati ukazuju na jasan negativan učinak umora na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha na početnom mjerenju.

Zabilježeno akutno narušavanje motoričke kontrole rukometaša s oštećenjem sluha pod utjecajem umora, u okviru ovog istraživanja, u skladu je s dosadašnjim spoznajama o narušenosti sportaševe izvedbe u uvjetima umora (Roth i sur., 2019), kao i o povećanoj mogućnosti ozljede u uvjetima umora uslijed oslabjele mišićne aktivnosti (Hassanlouei i sur., 2012). U nedavnom je istraživanju provjereno akutno djelovanje različitih protokola umora na široku paletu motoričkih sposobnosti. Istraživanje su proveli Roth i sur. (2019), a provjerili su utjecaj protokola umaranja mišića trupa i koljena na jakost, brzinu, agilnost i ravnotežu dvadeset i četvero mladih, tjelesno aktivnih osoba, prosječne dobi od  $22.9 \pm 2.6$  (žene) i  $22.7 \pm 3.0$  (muškarci) godine, koje su trenirale minimalno 3 puta tjedno u trajanju od 90 minuta. U okviru istraživanja provjeren je i utjecaj protokola umaranja mišića nogu u trajanju od 20 minuta na agilnost izmjerenu testom trčanja u križ. Dobiveni rezultati ukazali su na znatno narušavanje agilnosti provedenim protokolom umaranja mišića nogu (Roth i sur., 2019). U okviru ovog istraživanja zabilježeno znatno narušavanje agilnosti rukometaša s oštećenjem sluha izmjerene specifičnim testom kretanje braniča kliznim koracima u dva trokuta u uvjetima umora, u skladu je s rezultatima koje su dobili Roth i sur. (2019). Narušavanje biomehanike koljena prilikom izvođenja zadataka agilnosti kao što su promjena smjera kretanja (Lucci i sur., 2011), križno izvođenje koraka (Cortes i sur., 2014) ili nagla zaustavljanja (Quammen i sur., 2014) kod zdravih tjelesno aktivnih osoba, zabilježeno je u većem broju istraživanja, i to kao posljedica provedbe dugotrajnog ili kratkotrajnog intenzivnog protokola umaranja (Cortes i sur., 2014; Quammen i sur., 2014; Lucci i sur., 2011)

Osim narušavanja agilnosti, u okviru provedenog istraživanja, zabilježeno je i akutno narušavanje kinestezije u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha. U relativno malom broju ranijih istraživanja u okviru kojih se proučavao učinak umora na sposobnost precizne reprodukcije kuta u zglobovima donjih ekstremiteta dobiveni su slični rezultati (Rawcliffe i sur., 2020; Póvoas i sur., 2014; Ribeiro i sur., 2008;). U nedavno provedenom istraživanju zabilježeno je znatno pogoršanje sposobnosti precizne reprodukcije kuta u gležnju pripadnika oružanih snaga ženskog spola, nakon provedbe specifične intenzivne vojne vježbe (Rawcliffe i sur., 2020). U istom istraživanju autori zaključuju da zabilježeno narušavanje kinestezije povećava rizik ozljeda donjih ekstremiteta vježbača. Salgado, Ribeiro i Oliveira (2015) istražili su učinak umora na kinesteziju koljena profesionalnih nogometaša, primjenom zanimljive metodologije. Autori su provjerili utjecaj protokola zagrijavanja i 90-minutne nogometne utakmice na sposobnost precizne reprodukcije kuta u koljenu. Utvrdili su znatno poboljšanje praćene sposobnosti nakon zagrijavanja, ali i značajno pogoršanje nakon odigrane 90-minutne

nogometne utakmice. Zabilježene vrijednosti za sposobnost precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu profesionalnih nogometaša nakon nogometne utakmice, bile su znatno lošije od onih zabilježenih prije i nakon protokola zagrijavanja (Salgado, Ribeiro i Oliveira, 2015). S druge strane, Romero-Franco i Jiménez-Reyes (2017) su koristeći sličnu metodologiju na uzorku od 33 atletičara sprintera dobili nešto drugačije rezultate. U njihovom su istraživanju provjeravali utjecaj protokola zagrijavanja i protokola umaranja koji se sastojao od vježbi pliometrije visokog intenziteta, na sposobnost precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu. Zabilježili su znatno poboljšanje sposobnosti precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu nakon provedenog zagrijavanja. Ipak, nakon provedenog pliometrijskog protokola umaranja došlo je do smanjenja dvaju pokazatelja sposobnosti precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenu (relativna i varijabilna kutna pogreška), dok je apsolutna pogreška u reprodukciji kuta ostala neizmijenjena. Iz tog razloga autori zaključuju kako je utjecaj intenzivnih pliometrijskih vježbi na kinesteziju u koljenom zglobu potrebno dodatno istražiti (Romero-Franco i Jiménez-Reyes, 2017). Kontradiktorni su i učinci specifičnih protokola umaranja zabilježeni od strane Bottoni i sur., (2015). Cilj njihovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj 30-minutnog protokola hodanja uz i niz brdo na sposobnost precizne reprodukcije kuta fleksije u koljenom zglobu rekreativaca alpinista. Statistički značajno pogoršanje ustanovljeno je samo nakon protokola hodanja nizbrdo, dok je 30-minutno hodanje uzbrdo pokazalo trend pogoršanja, ali bez statističke značajnosti (Bottoni i sur., 2015). Njihovi rezultati upućuju na veće narušavanje kinestezije koljenog zgloba nakon ekscentričnih kontrakcija *m. quadriceps femoris*, u odnosu na protokol umaranja koji se sastojao dominantno od koncentričnih kontrakcija *m. quadriceps femoris*. Ipak, postoje istraživanja koja ne potvrđuju tu tezu (Givoni i sur., 2007). Iz navedenog proizlazi da utjecaj umora na kinesteziju u koljenom zglobu potencijalno ovisi i o načinu umaranja sportaša, odnosno o primijenjenom protokolu umaranja. Miura i sur. (2004) usporedili su učinak lokalnog i globalnog protokola umaranja na sposobnost precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu dvadeset i sedmero zdravih muškaraca prosječne dobi od 22.2 godine. Lokalni protokol umaranja sastojao se od provođenja 60 uzastopnih koncentričnih kontrakcija mišića fleksora i ekstenzora potkoljenice, pri brzini od 120°/sekundi na izokinetičkom uređaju. Globalni protokol umaranja je predviđao 5-minutno trčanje pri brzini od 10 km/sat na pokretnom sagu s inklinacijom od 10%. Lokalni protokol umaranja doveo je do smanjenja jakosti mišića fleksora i ekstenzora koljena, bez znatnog narušavanja sposobnosti precizne reprodukcije kuta u zglobu. S druge strane, globalni protokol umaranja rezultirao je statistički značajnim pogoršanjem sposobnosti precizne reprodukcije kuta u zglobu, bez znatnog narušavanja maksimalne jakosti mišića fleksora i ekstenzora

potkoljenice (Miura i sur., 2004). Autori zaključuju da lokalno opterećenje dominantno umara lokalne strukture koljena te uzrokuje disfunkciju mišićnih mehanoreceptora, dok globalno opterećenje stvara opći umor i utječe na druge mehanizme kinestetskog puta. Iz toga proizlazi da narušena sposobnost precizne reprodukcije kuta nakon provedbe globalnog protokola umaranja nije posljedica gubitka perifernih aferentnih signala već drugih čimbenika, osobito nedostatka ili pogoršanja kvalitete centralne obrade kinestetskih signala (Miura i sur., 2004).

U okviru ovog istraživanja proveden je protokol umaranja koji je ciljao na stvaranje globalnog i lokalnog umora. To se postiglo višestrukom primjenom zadataka intenzivnog trčanja (globalno) s naglaskom na brzu i snažnu aktivaciju mišića nogu, uz eksplozivne promjene smjera kretanja i skokove (lokalno). Protokol je ukupno trajao 12 minuta, a detaljno je opisan u poglavlju broj 3.4. Do danas, nije provedeno slično istraživanje na sportašima s oštećenjem sluha. Narušenost motoričke kontrole (agilnosti i kinestezijske) rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora, utvrđena u ovom istraživanju, moguće je djelomično objasniti neuralnim mehanizmima periferne i centralne prirode (Proske 2019; Proske 2005). Dva su najčešće spomenuta periferna mehanizma narušavanja motoričke kontrole umorom: opadanje mišićne jakosti i narušena međumišićna koordinacija. Opadanje mišićne jakosti iz razloga što su dosadašnja istraživanja više puta potvrdila uzročno-posljedičnu vezu između količine smanjenja jakosti i narušenosti motoričke kontrole (Proske, 2019; Proske, 2005), iako postoje i rijetki kontradiktorni rezultati (Miura i sur., 2004). Narušena međumišićna koordinacija radi zabilježenih kašnjenja u aktivaciji mišića prilikom različitih zadataka agilnosti u uvjetima umora (Hassanlouei i sur., 2012). Trenutno važeća pretpostavka centralnih neuralnih mehanizama narušavanja motoričke kontrole umorom naglašava mogućnost da se radi o slabijoj sposobnosti centralne obrade informacija pristiglih iz mišićnih vretena tijekom umora (Proske, 2019). Također, pretpostavlja se da stanje umora ima svoj upliv čak u doživljaj modela vlastitog tijela (Longo i Haggard, 2010). Ipak, kao što i sami začetnici ovih hipoteza naglašavaju, njihovu je procjenu nužno još višestruko provjeriti. Drugi autori također predlažu moguće centralne mehanizme adaptacije na umor, ali iz perspektive proučavanja mišića tijekom (a ne nakon) umaranja. Gandevia (2001), pretpostavlja da tijekom zamornih maksimalnih mišićnih kontrakcija dolazi do promjena u voljnoj aktivaciji i paljenju mišićnih jedinica te popratnih lokaliziranih „ekscitirajućih“ i „inhibirajućih“ promjena u radu motoričkog korteksa. Kennedy i sur. (2016), pretpostavljaju mogućnost da se tijekom maksimalnih izometričkih kontrakcija mišića fleksora i ekstenzora koljenog zgloba javljaju aktivnošću-izazvane promjene u učinkovitosti kortikospinalnog trakta, odnosno kortikospinalne aktivnosti na motoneurone.

Ipak, sve navedene centralne promjene ne dovode do opadanja mišićne jakosti. Stoga su potrebna dodatna istraživanja kako bi se izdvojili oni supraspinalni mehanizmi koji uzrokuju promjene u voljnoj aktivaciji dovodeći do modifikacije u ekscitaciji motoričke kore, te kako bi se te centralne modifikacije povezale s indeksima motoričke izvedbe u različitim skupinama ispitanika te tijekom brojnih motoričkih zadataka (Gandevia, 2001). Uz sve navedeno, na uzorku sportaša s oštećenjem sluha, postoji i mogućnost postavljanja pretpostavke narušene sposobnosti senzornog reponderiranja, odnosno promjene omjera oslanjanja na pojedine aferentne izvode informacije tijekom umora, a što je potrebno dodatno istražiti budućim istraživanjima na istaknutom uzorku. Široka rasprostranjenost sporta osoba s oštećenjem sluha, kao i sve veći broj sportaša koji se natječu na najvišim razinama natjecanja sve do Olimpijskih igara gluhih dodatno naglašavaju važnost provedbe budućih istraživanja na navedenom uzorku sportaša.

Dosadašnja istraživanja, kao i rezultati provedene studije, ukazuju na činjenicu da umor narušava agilnost (Roth i sur., 2019; Lucci i sur., 2011; Cortes i sur., 2014), vrijeme aktivacije mišića (Hassanlouei i sur., 2012), jakost mišića (Proske, 2019; Winter, Allen i Proske, 2005), kinesteziju u koljenom zglobu (Rawcliffe i sur., 2020; Bottoni i sur., 2015) te sportsku izvedbu općenito (Roth i sur., 2019; Cortes i sur., 2014; Quammen i sur., 2014; Lucci i sur., 2011). Također sve je jasnija povezanost narušene motoričke kontrole s povećanim rizikom ozljede donjih ekstremiteta (Proske, 2019; Melnyk i Gollhofer, 2007). Obzirom da je umor sastavni dio trenažnih i natjecateljskih situacija, javlja se jasna potreba za pronalaženjem efikasnih mjera smanjenja ustanovljenog djelovanja umora, s ciljem potencijalnog smanjenja rizika ozljede sportaša, barem u dijelu koji pokriva odgovornost umora za njihov nastanak. Rezultati recentnijih istraživanja svjedoče o poboljšanju kontrole pokreta u koljenom i gležanjnom zglobu primjenom senzomotornoga treninga (Moran i sur., 2021; Myer i sur., 2006). Senzomotorni trening također dovodi do bolje recipročne inhibicije mišića agonista i antagonista (Elias, Watanabe i Kohn, 2014). Temeljem navedenih spoznaja, nastala je pretpostavka o mogućnosti smanjenja akutnog djelovanja umora na kontrolu pokreta u koljenom zglobu primjenom senzomotornoga treninga, a što je u okviru ovog istraživanja provjereno ponovnim mjerenjem kontrole pokreta u uvjetima umora, nakon provedbe petotjednog senzomotornoga treninga.

U završnom je mjerenju zabilježen trend negativnog utjecaja umora na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha eksperimentalne skupine, iako (za razliku od početnog mjerenja) niti u jednom pokazatelju agilnosti (vrijeme potrebno za izvođenje zadatka kretanja

braniča kliznim koracima u dva trokuta) i kinestezije (precizna reprodukcija kuta u koljenom zglobu), promjene pod utjecajem umora nisu bile statistički značajne. Usporedbom eksperimentalne i kontrolne skupine utvrđeno je statistički značajno manje akutno djelovanje umora na kinesteziju prilikom fleksije u koljenu od  $60^\circ$  preferirane i nepreferirane noge u ispitanika eksperimentalne skupine. Sve zajedno jasno ukazuje na manje djelovanje umora na motoričku kontrolu rukometaša s oštećenjem sluha u završnom mjerenju u usporedbi s početnim mjerenjem, što upućuje na mogućnost smanjenja akutnog negativnog odgovora na umor primjenom ciljanog petotjednog senzomotornoga treninga. Isti protokol umaranja korišten je na početnom i završnom mjerenju. Riječ je o protokolu koji zahtjeva visoku razinu aktivacije mišića nogu. Protokol je na inicijalnom i završnom mjerenju narušio motoričku kontrolu ispitanika eksperimentalne skupine, ali uz činjenicu da je u inicijalnom mjerenju zabilježeno statistički značajno narušavanje 6 pokazatelja motoričke kontrole, dok u završnom mjerenju nema niti jedne statističke značajnosti u ispitanika eksperimentalne skupine. To govori o mogućem manjem djelovanju provedenog protokola umaranja na agilnost i kinesteziju u koljenom zglobu u završnom mjerenju, odnosno nakon provedbe 20 trenažnih jedinica senzomotornoga treninga.

Trend pogoršanja motoričke kontrole u uvjetima umora bez postizanja statističke značajnosti, zabilježen u završnom mjerenju, moguće je dijelom objasniti boljim uvidom u zadatke provedenog senzomotornoga treninga. Provedeni protokol senzomotornoga treninga sastojao se od 20 trenažnih jedinica raspoređenih u trenažnom razdoblju od 5 tjedana. Svaka trenažna jedinica sastojala se od početnog desetominutnog trčanja sa zadacima (nagla zaustavljanja, skokovi, naskoci, promjene smjera kretanja, dubinska kretanja dijagonalno, šprintevi, cik-cak trčanja), od glavne cjeline u okviru koje su se provodile vježbe jakosti, pliometrije, posturalne kontrole, agilnosti, dinamičke ravnoteže te cjeline vježbe za razvoj kontrole pokreta koljena u specifičnim uvjetima (bočna i dijagonalna kretanja u obrambenom rukometnom stavu, skokovi u bloku s prizemljenjem uz okrete, ubadanja uz kontakt obrambenog igrača u skok-šutu, vođenje i hvatanje lopte u šprintu i dr.). Kako bi se osigurala konstantna adaptacija (bez stagnacije) osigurana je progresija opterećenja, koja je opisana u poglavlju 3.5.1. Opisani zadaci ciljano su isplanirani kako bi izazvali aktivaciju struktura odgovornih za stabilnost i kontrolu pokreta u koljenom zglobu. Vježbala se dakle pravodobna aktivacija mišića natkoljenice i potkoljenice, a samim time i aferentni putevi temeljem kojih se planira eferentna motorička komanda potrebna za izvođenje tih zadataka. Obzirom na prirodu opisanih zadataka, te visoku razinu uključenosti koljenog zgloba u njihovoj provedbi, a temeljem činjenice da se većina



mehanoreceptora u našem tijelu nalazi u mišićima (Proske, 2019), nema sumnje da su se na svakom treningu aktivirala mišićna vretena koja se nalaze u mišićima i odgovorna su za kontrolu pokreta i stabilnost koljenog zgloba. Provedeni senzomotorni trening najvjerojatnije je doveo do specifične adaptacije svih mehanoreceptora (mišićnih, kožnih i zglobnih) lociranih u području koljenog zgloba rukometaša s oštećenjem sluha, jer se zadaci agilnosti i precizne reprodukcije kuta u koljenom zglobu nisu statistički značajno narušili u uvjetima umora nakon provedbe petotjednog senzomotornoga treninga. Cilj treninga je i bio optimalizacija aferentno-eferentne komunikacije radi poboljšanja motoričke izvedbe na razini koljenog zgloba i u uvjetima umora. S druge strane, upotrijebljeni protokol umaranja koristio je slične zadatke (šprint, nagle promjene smjera kretanja, skokovi). Obzirom na sličnost dvaju protokola (treninga i umaranja), moguće je da je specifična adaptacija mehanoreceptora situiranih oko koljenog zgloba izazvana provedenim senzomotornim treningom utjecala i na smanjeno djelovanje umora (izazvanog sličnim zadatcima) na agilnost i kinesteziju rukometaša s oštećenjem sluha. Konačno, iako u okviru provedene studije nije praćen broj ozljeda ispitanika, ipak, obzirom da je visoka razina motoričke kontrole temelj za optimalnu sportsku izvedbu, uz reduciranje mogućnosti pogreške, za pretpostaviti je da je dobiveno smanjenje utjecaja umora na motoričku kontrolu koljenog zgloba rukometaša s oštećenjem sluha, do neke mjere smanjilo i rizik njihovog ozljeđivanja.

#### **5.2.3.2. Utjecaj provedenog senzomotornoga treninga na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora**

Na početnom mjerenju, nakon provedbe protokola umaranja, kod ispitanika eksperimentalne skupine zabilježeno je pogoršanje dinamičke ravnoteže. U svim pokazateljima navedene sposobnosti ustanovljen je trend pogoršanja rezultata, a statistička značajnost u njih devet. Konkretno, statistički značajno pogoršanje dinamičke ravnoteže zabilježeno je u posteromedijalnom i lateralnom pravcu te u ukupno pokrivenoj površini tijekom izvođenja zadatka zvjezdolikog testa u obje noge. Dodatno, dinamička je ravnoteža statistički značajno narušena u posterolateralnom pravcu za preferiranu nogu i u antero-medijalnom i antero-lateralnom pravcu za nepreferiranu nogu. U kontrolnoj skupini također je došlo do narušavanja dinamičke ravnoteže, sa statističkom značajnošću zabilježenom u 10 pokazatelja. Međuskupinske razlike u djelovanju umora na dinamičku ravnotežu u početnom mjerenju nisu

utvrđene. Sve zajedno, rezultati ukazuju na jasan negativan učinak umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha u početnom mjerenju.

Zabilježeno akutno narušavanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha pod utjecajem umora, u okviru ovog istraživanja, u skladu je sa dosadašnjim spoznajama o narušenosti statičke i dinamičke ravnoteže tjelesno aktivnih odraslih osoba uslijed provedbe protokola umaranja donjih ekstremiteta (Soangra i sur., 2017; Springer i Pincivero, 2009; Johnston i sur., 1998), kao i o povećanoj mogućnosti ozljede uslijed lošije dinamičke ravnoteže u uvjetima umora (Hassanlouei i sur., 2012; Boden i sur., 2000).

Rezultati dosadašnjih istraživanja govore u prilog različitog djelovanja lokalnog i globalnog umora na ravnotežu zdravih muškaraca i žena, pri čemu je uvijek prisutno narušavanje ravnoteže, ali u različitim omjerima. Springer i Pincivero (2009) su, istražujući utjecaj protokola umaranja lokalnih mišića stabilizatora koljenog zgloba i protokola globalnog umaranja cijelog tijela, na uzorku od 10 ispitanika (5 muškaraca i 5 žena) dobi od  $22.4 \pm 3.3$  godina, ustanovili narušavanje dinamičke ravnoteže u medio-lateralnom smjeru te ukupne ravnoteže (u svim smjerovima) uslijed oba protokola umaranja. U okviru istog istraživanja ustanovljeno je da je lokalni protokol umaranja mišića stabilizatora koljenog zgloba kod muških ispitanika doveo do većeg narušavanja stabilnosti u antero-posteriornom smjeru, dok je kod žena više narušena ukupna stabilnost (u svim smjerovima) (Springer i Pincivero, 2009). Roth i suradnici su 2019. godine ustanovili znatno narušavanje statičke i dinamičke ravnoteže tjelesno aktivnih zdravih pojedinaca prosječne dobi od  $22 \pm 3.0$  godine, nakon provedbe dvadeset minutnog protokola umaranja mišića nogu. Narušavanje dinamičke ravnoteže u različitim smjerovima uslijed umora mišića stabilizatora koljenog zgloba dokazano je na zdravim osobama, ali i na osobama sa sindromom prenaprezanja u području koljena, pri čemu je narušavanje ravnoteže znatno veće kod osoba s patelofemoralnim bolnim sindromom (Negahban i sur., 2013).

Važno je napomenuti da postoje i istraživanja u okviru kojih nije ustanovljeno značajno narušavanje ravnoteže uslijed provedbe protokola umaranja. Cooper i sur. (2020) proveli su istraživanje na uzorku od 24 utrenirana muškarca dobi od 21. do 28. godine, koji su godinu dana prije istraživanja redovito trenirali 3 puta tjedno. Istražen je utjecaj ciljanog protokola umaranja noge prema Boscu (60 sekundi izvođenja sunožnih skokova uz otpor) na statičku i dinamičku ravnotežu te na vertikalnu skočnost. Njihovi rezultati ukazuju na znatno narušenu vertikalnu skočnost, ali ne i statičku i dinamičku ravnotežu, nakon provedbe 1-minutnog

protokola umaranja mišića nogu. Čini se dakle da je za utjecaj umora na dinamičku ravnotežu potreban protokol umaranja relativno dužeg trajanja. Zanimljivo je spomenuti i istraživanje koje su proveli Zech i sur. (2012), u okviru kojeg je nakon protokola umaranja zabilježeno pogoršanje statičke, ali ne i dinamičke ravnoteže. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj globalnog i lokalnog protokola umaranja na statičku i dinamičku ravnotežu zdravih rukometaša. Studija je provedena na uzorku od 19 muških rukometaša prosječne dobi od  $16.8 \pm 0.6$  godina iz Njemačke. Statička i dinamička ravnoteža izmjerene su nakon provedbe globalnog (trčanje na pokretnom sagu s progresivnim povećanjem brzine do otkaza) i lokalnog (*Step-up* na klupicu sa olimpijskom šipkom na leđima do otkaza) protokola umaranja. Ustanovljeno je značajno narušavanje statičke, ali ne i dinamičke ravnoteže, bez razlika između protokola. Sami autori zaključuju da dobiveni rezultati vrijede za populaciju zdravih sportaša te da je potrebno slične studije provesti i na već ozlijeđenim sportašima ili sportašima narušena zdravlja. Istraživanje provedeno u okviru ove doktorske disertacije ustanovilo je narušavanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha uslijed provedbe globalnog protokola umaranja. Riječ je o populaciji sportaša s narušenom funkcijom auditornog sustava, a čiji eksteroreceptori mogu igrati važnu ulogu u održavanju ravnoteže. U duhu već spomenute strategije senzornog reponderiranja (promjene omjera oslanjanja na različite izvore informacija potrebne za održavanje ravnoteže), moguće je pretpostaviti da sportaši s oštećenjem sluha uspijevaju dobro kompenzirati manjak eksteroreceptivnih slušnih informacija u određenim uvjetima, dok je efikasnost strategije reponderiranja nešto slabija u fizički zahtjevnijim uvjetima, a pogotovo u uvjetima umora, a što je zabilježeno i ovim istraživanjem. Iako je tu tezu potrebno dodatno istražiti u budućim istraživanjima, recentno istraživanje nudi egzaktne pokazatelje koji dijelom podupiru ovu tezu. Lyu i sur. (2021) su na uzorku od 7 zdravih ispitanika prosječne dobi od  $22.3 \pm 1.0$  godina provjerili utjecaj globalnog i lokalnog protokola umaranja na statičku i dinamičku ravnotežu, pri čemu varijable korištene u studiji dozvoljavaju donošenje zaključaka i o mogućim pozadinskim mehanizmima. Lokalni protokol umaranja predviđao je kombinaciju zadataka fleksije i ekstenzije potkoljenice na izokinetičkom uređaju, dok se globalni sastojao od 20-minutnog veslanja na veslačkom ergometru pri prosječnoj brzini od  $200 \pm 5$  m/min. Praćene varijable bile su putanje centra pritiska u mediolateralnom i anteroposteriornom smjeru. Podaci su obrađeni korištenjem Butterworth niskopropusnog filtera s graničnom frekvencijom od 20 Hz. Brzina pomaka i ukupni pomak centra pritiska prilikom izvođenja zadataka statičke i dinamičke ravnoteže izračunati su kao varijable vremenske domene. Provedena je brza Fourierova transformacija za izračunavanje raspodjele tri frekvencijska područja u spektru snaga. Zatim su prema ranijim spoznajama (Kanekar i sur., 2014, u: Lyu i

sur., 2021) izdvojeni: niskofrekventni pojas (0–0,3 Hz) kao pokazatelj vizualne regulacije, srednjefrekventni pojas (0,3–1 Hz) kao pokazatelj vestibularno/somatosenzorne regulacije, te visokofrekventni pojas (1–3 Hz) kao pokazatelj proprioceptivne regulacije u održavanju posturalne kontrole, odnosno ravnoteže. Dobiveni rezultati utvrdili su da su oba protokola umaranja dovela do promjena u ravnoteži, ali je sposobnost središnjeg živčanog sustava za održavanjem posturalne stabilnosti i dalje bila učinkovita, iako različita.

Konkretnije, rezultati spektralne analize centra pritiska koje su proveli Lyu i sur. (2021) sugeriraju situaciju senzornog reponderiranja (rekalibracije) nakon provedbe oba protokola umaranja (globalnog i lokalnog) na način da se magnituda signala niskofrekventnog pojasa smanjila, a ona srednjefrekventnog povećala. Takvi rezultati ukazuju na činjenicu da je neposredno nakon provedbe protokola umaranja došlo do adaptacije u senzornom sustavu koja opisuje veće oslanjanje na vestibularni sustav uslijed smanjenja informacija iz vizualnog sustava. Smanjeno korištenje informacija eksteroreceptora vizualnog sustava uz istovremeno povećanje omjera oslanjanja na informacije iz vestibularnog/somatosenzornog sustava opisuju nastalu strategiju senzornog reponderiranja u uvjetima umora, a koja je doprinijela održavanju učinkovitosti posturalne stabilnosti, odnosno održavanja ravnotežnog položaja. Slični su rezultati dobiveni i u ranijem istraživanju u okviru kojeg je ustanovljeno da trčanje na pokretnom sagu negativno utječe na vizualnu komponentu održavanja statičke ravnoteže (Derave i sur., 2002). Istraživanja koja su provela Lyu i sur. (2021) i Derave i sur. (2002) pripadaju mladoj istraživačkoj niši, i njihove je rezultate potrebno dodatno istražiti na većem broju ispitanika i u različitim uvjetima. Ipak, uvažavajući se njihove pretpostavke, to bi moglo značiti da se zdrav pojedinac za održavanje ravnoteže u uvjetima umora, u većoj mjeri oslanja na informacije koje dolaze iz vestibularnog, na uštrb onih iz vizualnog sustava. Ukoliko je to zaista tako, to bi teoretski značilo da za osobe s oštećenjem sluha održavanje ravnoteže u uvjetima umora predstavlja dodatni izazov radi narušenosti funkcije auditornog sustava. Sve navedeno naglašava mogućnost da se u pozadini akutnog negativnog utjecaja umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha nalazi otežano ili različito provođenje strategije senzornog reponderiranja u uvjetima umora. Ipak, tu je tezu potrebno dodatno istražiti u budućim istraživanjima.

Uz spomenutu oslabjelu mogućnost senzornog reponderiranja, čini se da je u pozadini akutnog narušavanja dinamičke ravnoteže uslijed provedbe protokola umaranja donjih ekstremiteta narušena međumišićna koordinacija opterećenih mišića. Hassanlouei i suradnici (2012), istražili su učinak protokola umaranja koji je uključivao vožnju bicikl ergometra do otkaza pri

intenzitetu od 80-90% maksimalne frekvencije srca, na vrijeme aktivacije mišića ekstenzora (*m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* i *m. vastus lateralis*) i fleksora (*m. biceps femoris* i *m. semitendinosus*) potkoljenice, u situaciji naglog narušavanja ravnoteže pomičnom oslonačnom površinom (platformom). Autori su zabilježili znatno smanjenu električnu aktivnost praćenih mišića nakon protokola umaranja, uz posljedično smanjenje maksimalne jakosti mišića ekstenzora (za 63%) i fleksora (za 66%) koljena u odnosu na vrijednosti u stanju odmora. Također, elektromiografskim pokazateljima zabilježena je statistički značajno sporija aktivacija praćenih mišića u uvjetima umora. Uz to, između postotnog smanjenja jakosti i brzine aktivacije mišića ekstenzora koljena nakon provedbe protokola umaranja, zabilježena je statistički značajna korelacija (Hassanlouei i sur., su 2012). Navedeno istraživanje svjedoči o znatnom narušavanju jakosti i vremena aktivacije mišića stabilizatora koljenog zgloba uslijed protokola umaranja, u situaciji naglog narušavanja ravnoteže. Takve spoznaje upućuju na potencijalno veći rizik destabilizacije, a samim time i ozljeđivanja koljena u uvjetima umora.

Dodatno, obzirom na ranije ustanovljeno akutno negativno djelovanje provedenog protokola umaranja na motoričku kontrolu ispitanika eksperimentalne skupine, konkretno u slučaju provedenog istraživanja, moguće je da u pozadini oslabjele dinamičke ravnoteže u uvjetima umora rukometaša s oštećenjem sluha stoji i narušena motorička kontrola. Takvu tezu dodatno podupiru istraživanja o korelaciji između kontrole pokreta u koljenom zglobu i dinamičke ravnoteže (Ghai, S, Driller i Ghai, 2017; Wang i sur., 2016; Lee i sur., 2009; Jerosch i Prymka, 1996).

Sve zajedno, akutno narušavanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha provedenim protokolom umaranja, zabilježeno na inicijalnom testiranju moguće je dijelom objasniti neuralnim mehanizmima adaptacije na umor centralnog (Lyu i sur., 2021) i lokalnog (Hassanlouei i sur., 2012) karaktera. Mehanizam centralnog karaktera opisuje potencijalno različitu strategiju senzornog reponderiranja u održavanju dinamičke ravnoteže kod osoba s oštećenjem sluha, a temeljem nemogućnosti optimalnog korištenja eksteroreceptivnih informacija iz auditornog sustava (Kapoula i sur., 2011; Lyu i sur., 2001). Temeljem dosadašnjih spoznaja, potencijalne lokalne mehanizme u pozadini negativnog utjecaja umora na ispitanike eksperimentalne skupine opisuju narušena međumišićna koordinacija mišića natkoljenice (Hassanlouei i sur., 2012), te narušena kinestezija (Hiemstra, Lo i Fowler, 2001). Dodatno, prema Hiemstra, Lo i Fowler (2001), ukoliko živčano-mišićni umor dovodi do narušavanja kinestezije, te bi promjene trebale biti rezultat procesa na razini zglobnih i mišićnih mehanoreceptora. Stoga je moguće da se upravo to desilo u okviru ovog istraživanja. Ipak, da

li je došlo do promjene u mogućnosti detekcije informacija iz okoline (na lokalnoj razini mehanoreceptora) ili se radi o otežanoj mogućnosti obrade aferentnih informacija na supraspinalnoj neuralnoj razini (centralno) tek ostaje za istražiti.

U timskim sportovima, narušavanje senzomotorne funkcije u najširem smislu, a samim time i narušavanje ravnoteže ili radi prethodnih ozljeda ili radi mišićnog zamora smatraju se faktori povećanja rizika ozljeđivanja sportaša (Zech i sur., 2012). Takva je činjenica navela istraživače da prouče mogućnosti smanjenja rizika ozljeđivanja sportaša općenito, pa i u uvjetima umora. Senzomotorni trening već se niz godina uspješno koristi u smanjenju broja ozljeda donjih ekstremiteta sportaša (Emery i sur., 2015; Hübscher i sur., 2010), ali njegova mogućnost smanjenja utjecaja umora na dinamičku ravnotežu gotovo da nije istražena. U okviru ovog istraživanja, mogućnost smanjenja djelovanja umora na dinamičku ravnotežu primjenom senzomotornoga treninga provjerena je ponovnim mjerenjem dinamičke ravnoteže u uvjetima umora, nakon provedbe petotjednog senzomotornoga treninga.

U završnom je mjerenju zabilježen trend negativnog utjecaja umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha eksperimentalne skupine, premda (za razliku od početnog mjerenja) niti u jednom pokazatelju, promjene pod utjecajem umora nisu bile statistički značajne. Usporedbom rezultata eksperimentalne i kontrolne skupine, nakon provođenja protokola umaranja u završnom mjerenju, utvrđeno je statistički značajno manje akutno djelovanje umora na dinamičku ravnotežu u antero-medijalnom pravcu i ukupnoj pokrivenosti površine obje noge, u lateralnom pravcu preferirane noge te u posteriornom pravcu nepreferirane noge ispitanika eksperimentalne skupine. Sve zajedno jasno ukazuje na smanjeno djelovanje umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha putem primjene senzomotornoga treninga. Prema saznanju autora, ovo je prva studija koja je istražila utjecaj senzomotornoga treninga na akutno djelovanje umora na dinamičku ravnotežu. Kao takva ona donosi prve spoznaje u tom području te je dobivene rezultate u ovom dijelu istraživanja gotovo nemoguće usporediti sa prethodnima. Ipak, smanjeno djelovanje umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha zabilježeno u okviru ovog istraživanja podupire dosadašnje spoznaje o poboljšanju sportske izvedbe i smanjenju rizika ozljeđivanja uslijed provedbe ciljanog senzomotornoga treninga (Jagger i sur., 2020; Powden, Dodds i Gabriel, 2019; Hübscher i sur., 2010).

Kao i za područje agilnosti i kinestezije, trend pogoršanja dinamičke ravnoteže, u uvjetima umora bez postizanja statističke značajnosti, zabilježen u završnom mjerenju, moguće je

dijelom objasniti principom specifične adaptacije na trening. Vježbe provedene tijekom petotjednog senzomotornoga treninga isplanirane su kako bi izazvale aktivaciju struktura odgovornih za stabilnost i kontrolu pokreta u koljenom zglobu. Vježbala se dakle pravodobna aktivacija mišića natkoljenice i potkoljenice, a samim time i aferentni putevi temeljem kojih se planira eferentna motorička komanda potrebna za izvođenje tih zadataka. Kao što je i ranije naglašeno, obzirom na prirodu provedenih zadataka, te visoku razinu uključenosti koljenog zgloba u njihovoj izvedbi, nema sumnje da su se na svakom treningu aktivirala mišićna vretena koja se nalaze u mišićima i odgovorna su za stabilnost koljenog zgloba. Provedeni senzomotorni trening najvjerojatnije je doveo do specifične adaptacije svih mehanoreceptora (a ponajprije mišićnih i zglobnih) lociranih u području koljenog zgloba rukometaša s oštećenjem sluha. Cilj treninga je i bio optimalizacija aferentno-eferentne komunikacije radi poboljšanja motoričke izvedbe na razini koljenog zgloba, stoga je moguće da je specifična adaptacija mehanoreceptora situiranih oko koljenog zgloba izazvana provedenim senzomotornim treningom utjecala i na smanjeno djelovanje umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha.

### **5.3. Prednosti i metodološka ograničenja istraživanja**

Nekoliko je prednosti provedenog istraživanja. Studija je provedena na uzorku rukometaša s oštećenjem sluha. Istraživanja u području sportaša s invaliditetom znatno su rjeđa u odnosu na ona provedena na zdravim sportašima. Obzirom na široku rasprostranjenost sporta osoba s oštećenjem sluha, pa i sve većeg broja sportaša koji se natječu na najvažnijim sportskim natjecanjima sve do Olimpijskih igara gluhih važno je istražiti mogućnosti utjecaja na ravnotežu i posturalnu kontrolu sportaša s oštećenjem sluha. Rečeno naglašava relevantnost dobivenih rezultata.

Provedeno istraživanje prvo je u okviru kojeg je provjerena mogućnost smanjenja utjecaja umora na motoričku kontrolu i dinamičku ravnotežu sportaša primjenom senzomotornoga treninga. Stoga dobiveni rezultati o smanjenju utjecaja umora na praćene sposobnosti rukometaša s oštećenjem sluha predstavljaju važan početak proučavanja novih mogućnosti prevencije ozljeda sportaša primjenom senzomotornoga treninga.

Na kraju, ovo istraživanje, za razliku od prethodnih, nudi detaljniji uvid u utjecaj senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu sportaša iz razloga što uz utjecaj na motoričke

sposobnosti, prati se i kinestezija, temeljem koje je moguće postaviti nešto detaljniji zaključak o adaptaciji na razini mišićnih i zglobnih mehanoreceptora.

Također, postoje metodološka ograničenja provedenog istraživanja. Istraživanje je provedeno na manjem uzorku ispitanika. Veći broj ispitanika, na primjer sportaša iz različitih sportova, nudio bi bolju mogućnost generalizacije dobivenih rezultata na sportaše s oštećenjem sluha koji se bave i drugim sportovima. Ipak, uzorak se sastoji od utreniranih rukometaša, od kojih je jedan dio nastupao za Hrvatsku reprezentaciju rukometaša s oštećenjem sluha. Također, izabrani uzorak ispitanika pokriva 68% ukupno registriranih rukometaša s oštećenjem sluha u Republici Hrvatskoj, te kao takvi čine reprezentativan uzorak.

Također, u okviru istraživanja nisu praćeni pokazatelji kao što su frekvencija pomaka centra pritiska ili H-refleks, a što bi nudilo mogućnost egzaktnijeg donošenja zaključaka o mehanizmima u pozadini zabilježenih rezultata.

Na kraju, planiranje kontrolne skupine rukometaša bez oštećenja sluha ponudilo bi mogućnost usporedbe dobivenih rezultata s rukometašima bez oštećenja auditornog sustava.

Potrebna su dodatna istraživanja u području utjecaja senzomotornoga treninga na motoričke sposobnosti i kontrolu pokreta rukometaša u uvjetima umora. Buduća bi istraživanja trebala provoditi i na skupini rukometaša bez oštećenja sluha, s i bez povijesti ozljede. Također, trebalo bi uključiti praćenje egzaktnijih pokazatelja substraktnih lokalnih i centralnih neuralnih mehanizama adaptacije na senzomotorni trening.

#### **5.4. Znanstveni i praktični doprinos istraživanja**

U timskim sportovima, narušavanje senzomotorne funkcije umorom smatra se faktorom povećanja rizika ozljeđivanja sportaša. Umor može pridonijeti promjeni motoričke kontrole donjih ekstremiteta i naknadnom narušavanju sposobnosti dinamičke stabilizacije koljena. Ipak, točan mehanizam djelovanja umora na kinesteziju koljena nije u potpunosti poznat, a mogućnost smanjenja utjecaja umora treningom, na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu do danas nije istražena. Rezultati provedenog istraživanja po prvi puta pokazuju smanjenje akutnog utjecaja umora na kinesteziju u koljenom zglobu te na agilnost i dinamičku ravnotežu utreniranih sportaša primjenom senzomotornoga treninga. Rečeno predstavlja značajan znanstveni doprinos istraživačkom području prevencije ozljeda sportaša. Rezultati o utjecaju senzomotornoga treninga na kinesteziju koljena i dinamičku ravnotežu



sportaša doprinose dosadašnjim spoznajama u tome što svjedoče o ciljanoj adaptaciji mišićnih mehanoreceptora (mišićnog vretena i Golgijevog tetivnog aparata) na kombinaciju specifičnih vježbi agilnosti, pliometrije, i ravnoteže. Činjenica da je istraživanje provedeno na rukometašima s oštećenjem sluha omogućilo je uvjet testiranja lokalne živčane adaptacije na ispitanicima kod kojih je adaptacija na razini auditornog sustava ometena bolešću. Kao takvi daju novi znanstveni doprinos u vidu otkrivanja mehanizama lokalne adaptacije na trening kao i otkrivanja uloge umora u promjenama u aferentnom izlazu iz mišićnih i zglobnih receptora. Dodatan znanstveni doprinos očituje se u rezultatima koji objašnjavaju implikacije koje promjene u kinesteziji imaju na dinamičku stabilizaciju zgloba koljena, a samim time potencijalno na rizik njegovog ozljeđivanja.

Značajnost znanstvenog doprinosa ovog istraživanja u smislu utvrđivanja specifične adaptacije na trening te mogućnosti smanjenja narušavanja motoričke kontrole u koljenu i dinamičke ravnoteže rukometaša u uvjetima umora primjenom petotjednog senzomotornoga treninga veća je iz razloga što do danas, slično istraživanje nije provedeno na sportašima s oštećenjem sluha.

Praktični doprinos ovog istraživanja izrazito je značajan kineziolozima (rukometnim trenerima, kondicijskim trenerima, kineziterapeutima) kao i ostalim sudionicima trenažnog procesa čiji je interes maksimalizirati sportaševu izvedbu uz smanjenje rizika njihovog ozljeđivanja.

Dobiveni rezultati ukazuju na činjenicu da kako bi se primjenom senzomotornoga treninga smanjilo narušavanje motoričke kontrole na razini koljenog zgloba utreniranih rukometaša on mora trajati barem pet tjedana, s ukupno 20 trenažnih jedinica, te sastojati se od kombinacije specifičnih vježbi agilnosti, ravnoteže i pliometrije.

Dobivena ciljana adaptacija u kutu od 60° fleksije u koljenom zglobu doprinosi jasnoj uputi stručnjacima da je za stabilizaciju koljena potrebno provođenje specifičnih zadataka koji će koljeno postaviti u željeni položaj. Također, ukoliko je cilj treninga stabilizirati koljeno u različitim amplitudama pokreta, tada u okviru treninga valja planirati vježbe agilnosti, pliometrije i ravnoteže sa različitim položajima fleksije u koljenom zglobu.

Zaključno, istraživanjem otkriveni lokalni mehanizmi utjecaja umora na motoričku kontrolu koljena te mogućnost odgode umora i njegovog narušavanja stabilnosti koljena sportaša s oštećenjem sluha predstavljaju značajan doprinos znanstvenom području koji proučava preventivne strategije, kao i praktičan doprinos koji unaprjeđuje planiranje i programiranje preventivnih strategija rukometaša.

## 6. ZAKLJUČAK

Temeljni cilj provedenog istraživanja bio je utvrditi učinke senzomotornoga treninga na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha. Sekundarni je cilj istraživanja bio utvrditi utjecaj senzomotornoga treninga na iste sposobnosti samo u uvjetima umora, odnosno proučiti da li je uz primjenu senzomotornoga treninga moguće smanjiti akutni učinak umora na praćene sposobnosti kod rukometaša s oštećenjem sluha.

- *Glavni rezultati istraživanja* ukazuju da je provedeni senzomotorni trening u trajanju od pet tjedana, s četiri treninga tjedno i ukupno dvadeset trenažnih jedinica statistički značajno razvio određene pokazatelje motoričke kontrole u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha. Konkretno, utvrđeno je statistički značajno poboljšanje kinestezije u koljenom zglobu, mjereno sposobnošću precizne reprodukcije kuta od 60° fleksije preferirane i nepreferirane noge. Što se tiče ostalih pokazatelja motoričke kontrole ispitanika, vidljiv je jasan trend poboljšanja sposobnosti precizne reprodukcije kuta fleksije od 15° i 105° u koljenom zglobu kao i poboljšanje agilnosti, ali bez postizanja statističke značajnosti. Kada je riječ o dinamičkoj ravnoteži u uvjetima odmora, dobiveni rezultati ukazuju na statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u anteriornom, postero-medijalnom i postero-lateralnom pravcu te u veličini ukupno pokriveno površine prilikom izvođenja zadatka ravnoteže za obje noge. Također, vidljiv je jasan trend poboljšanja rezultata u ostalim pokazateljima dinamičke ravnoteže, ali bez postizanja statističke značajnosti.

*Moguće je zaključiti da je provedeni petotjedni senzomotorni trening doveo do statistički značajnog poboljšanja određenih pokazatelja kinestezije u koljenom zglobu te dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha, dok zabilježeno poboljšanje agilnosti nije postiglo statističku značajnost.*

- *Rezultati o akutnom utjecaju umora na praćene sposobnosti* ukazuju na smanjeni utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha, nakon provedbe petotjednog senzomotornoga treninga. Konkretno, u inicijalnom mjerenju ustanovljeno je statistički značajno pogoršanje većine pokazatelja motoričke kontrole i dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha u uvjetima umora. Ipak, u završnom mjerenju, iako je bio prisutan blagi trend narušavanja motoričke kontrole u koljenom zglobu i dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha, za razliku od rezultata postignutih u kontrolnoj skupini, kod ispitanika

eksperimentalne skupine ono nije postiglo statističku značajnost. *Moguće je dakle zaključiti da je provedbom petotjednog senzomotornog treninga s ukupno 20 trenažnih jedinica moguće smanjiti negativan utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha.*

Zabilježeno poboljšanje kinestezije u koljenom zglobu rukometaša s oštećenjem sluha primjenom senzomotornoga treninga moguća je posljedica različitih mehanizama adaptacije na trening kao što su: specifična adaptacija na trenažni zadatak, utreniranost mišićnih menahoreceptora, reponderiranje informacija iz aferentnih neuralnih izvora te adaptacija senzomotorne kore. S druge strane, samo trend razvoja agilnosti, bez statističke značajnosti ukazuje na nužnost duljeg trajanja senzomotornoga treninga ukoliko je cilj razvoj agilnosti u specifično utreniranoj populaciji kakvi su rukometaši uključeni u ovo istraživanje.

Zabilježeno statistički značajno poboljšanje dinamičke ravnoteže rukometaša s oštećenjem sluha primjenom petotjednog senzomotornoga treninga rezultat je međusobnog djelovanja barem dva mehanizma: specifične adaptacije na trening, te pozadinskog poboljšanja kontrole pokreta u zglobu putem strategije senzornog reponderiranja. Zabilježeno poboljšanje dinamičke ravnoteže i pozadinski mehanizmi imaju potencijalno preventivsko djelovanje radi poboljšanja rukometaševe izvedbe, bolje aktivacije mišića natkoljenice te smanjenje mogućnosti pojave asimetrije prilikom održavanja ravnoteže na jednoj nozi. Dodatno, prema spoznajama dobivenim ovim istraživanjem, u radu sa sportašima s oštećenjem sluha, provedbom specifičnih vježbi za ciljano poboljšanje kontrole pokreta u zglobu (uz korištenje mehanizma reponderiranja), moglo bi se indirektno djelovati i na poboljšanje stabilnosti tog zgloba, a samim time i na prevenciju njegovih ozljeda. Ipak, važno je napomenuti da je opisan uzročno-posljedični slijed potrebno dodatno istražiti.

Zabilježen smanjeni utjecaj umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu, nakon provedbe senzomotornoga treninga moguće je dijelom objasniti principom specifične adaptacije na trening. Vježbe provedene tijekom petotjednog senzomotornoga treninga isplanirane su kako bi izazvale aktivaciju struktura odgovornih za stabilnost i kontrolu pokreta u koljenom zglobu. Vježbala se dakle pravodobna aktivacija mišića natkoljenice i potkoljenice, a samim time i aferentni putevi temeljem kojih se planira eferentna motorička komanda potrebna za izvođenje tih zadataka. Obzirom na prirodu provedenih zadataka (skokovi, promjene smjera kretanja, ravnotežni položaji, specifični obrasci kretanja za rukometnu igru), te visoku razinu uključenosti koljenog zgloba u njihovoj izvedbi, nema

sumnje da su se na svakom treningu aktivirala mišićna vretena koja se nalaze u mišićima i odgovorna su za stabilnost koljenog zgloba. Provedeni senzomotorni trening najvjerojatnije je doveo do specifične adaptacije svih mehanoreceptora (a ponajprije mišićnih i zglobnih) lociranih u području koljenog zgloba rukometaša s oštećenjem sluha, Cilj treninga je i bio optimalizacija aferentno-eferentne komunikacije radi poboljšanja motoričke izvedbe na razini koljenog zgloba, stoga je moguće da je specifična adaptacija mehanoreceptora situiranih oko koljenog zgloba izazvana provedenim senzomotornim treningom uzrokovala smanjeno djelovanje umora na dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha.

Konačno, iako u okviru provedene studije nije praćen broj ozljeda ispitanika, ipak, obzirom da je visoka razina motoričke kontrole temelj za optimalnu sportsku izvedbu, uz reduciranje mogućnosti pogreške, za pretpostaviti je da je dobiven razvoj kinestezije i dinamičke ravnoteže, te smanjen učinak umora na motoričku kontrolu u koljenom zglobu i dinamičku ravnotežu rukometaša s oštećenjem sluha, do neke mjere smanjio i rizik njihovog ozljeđivanja, a pogotovo rizik nastanka ozljede koljenog zgloba. Rečeno je pogotovo važno uzme li se u obzir činjenica da je ozljeda koljenog zgloba u rukometu iznimno česta pojava.

## 7. POPIS LITERATURE

- Akinoğlu, B. i Kocahan, T. (2018). Comparison of muscular strength and balance in athletes with visual impairment and hearing impairment. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(5), 765–770.
- Akinoğlu, B. i Kocahan, T. (2019a). Stabilization training versus equilibrium training in karate athletes with deafness. *Journal of exercise rehabilitation*, 15(4), 576–583.
- Akinoğlu, B. i Kocahan, T. (2019b). The effect of deafness on the physical fitness parameters of elite athletes. *Journal of exercise rehabilitation*, 15(3), 430–438.
- Aman, J. E., Elangovan, N., Yeh, I. L. i Konczak, J. (2015). The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 1075.
- Antohe, B., Rata, M. i Rata, G. (2020). Muscle coactivation indeks improvement in junior handball players by using proprioceptive exercises. *BRAIN Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 11(4), Sup1, 01-12.
- Anton, K., Ernst, A. i Basta, D. (2019). Auditory influence on postural control during stance tasks in different acoustic conditions. *Journal of vestibular research : equilibrium & orientation*, 29(6), 287–294.
- Anton, K., Ernst, A. i Basta, D. (2021). A static sound source can improve postural stability during walking. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation*, 31(3), 143–149.
- Arumugam, A., Björklund, M., Mikko, S. i Häger, C. K. (2021). Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: a systematic review and GRADE evidence synthesis. *BMJ open*, 11(5), e049226.
- Ashton-Miller, J. A., Wojtys, E. M., Huston, L. J. i Fry-Welch, D. (2001). Can proprioception really be improved by exercises?. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 9(3), 128–136.
- Azadian, E., Majlesi, M., Jafarnezhadgero, A. A. i Granacher, U. (2020). The impact of hearing loss on three-dimensional lower limb joint torques during walking in prepubertal boys. *Journal of bodywork and movement therapies*, 24(2), 123–129.
- Azevedo, J., Rodrigues, S. i Seixas, A. (2021). The influence of sports practice, dominance and gender on the knee joint position sense. *The Knee*, 28, 117–123.
- Baghbani, F., Woodhouse, L. J. i Gaeini, A. A. (2016). Dynamic Postural Control in Female Athletes and Nonathletes After a Whole-Body Fatigue Protocol. *Journal of strength and conditioning research*, 30(7), 1942–1947.
- Baker, J.S., Thomas, N., Cooper, S.M., Davies, B., Robergs, R.A. (2012). Exercise duration and blood lactate concentrations following high intensity cycle ergometry. *Research in Sports Medicine*, 20(2), 129-141.
- Beardsley Chris (2018). Strength is specific. The key to optimal strength training for sports. *Strength and Conditioning Research Limited*; 1st edition (June 18, 2018), pp. 37-121.

- Bendiksen, M., Bischoff, R., Randers, M.B., Mohr, M., Rollo, I., Suetta, C., Bangsbo, J., Krstrup, P. (2012). The copenhagen soccer test: physiological response and fatigue development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(8), 1595-1603.
- Benjak, T. (2019). Izvješće o osobama s invaliditetom u Republici Hrvatskoj. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb.
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., Jr i Garrett, W. E., Jr (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573–578.
- Bojić Ćaćić, L. (2018). *Antropološka obilježja odabranih rukometašica različite dobi* (Disertacija). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:610360>
- Bojić-Ćaćić, L. (2020). Rukomet u 21. stoljeću: Suvremeni pristup treniranju rukometa. Zagreb: Hrvatska olimpijska akademija.
- Bompa, T.O. (2006). Periodizacija. Teorija i metodologija treninga. Zagreb: Gopal, 2006.
- Borg, G., Ljunggren, G., Ceci, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 54(4), 343-349.
- Bottoni, G., Heinrich, D., Kofler, P., Hasler, M. i Nachbauer, W. (2015). The Effect of Uphill and Downhill Walking on Joint-Position Sense: A Study on Healthy Knees. *Journal of sport rehabilitation*, 24(4), 349–352.
- Bouillon, L. E. i Baker, J. L. (2011). Dynamic Balance Differences as Measured by the Star Excursion Balance Test Between Adult-aged and Middle-aged Women. *Sports health*, 3(5), 466–469.
- Bruhn, S., Kullmann, N., i Gollhofer, A. (2004). The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *International journal of sports medicine*, 25(1), 56–60.
- Bulow, A., Bellemare, A., Anderson, J. E., Leiter, J., MacDonald, P. B., i Peeler, J. D. (2021). Lower Extremity Kinematics of the Y-Balance Test in Healthy and ACL Injured Adolescent Females. *International journal of sports physical therapy*, 16(2), 381–392.
- Busch, A., Blasimann, A., Mayer, F. i Baur, H. (2021). Alterations in sensorimotor function after ACL reconstruction during active joint position sense testing. A systematic review. *PloS one*, 16(6), e0253503.
- Carpes, F. P., Diefenthaler, F., Bini, R. R., Stefanyshyn, D. J., Faria, I. E., Mota, C. B. (2011). Influence of leg preference on bilateral muscle activation during cycling. *Journal of Sports Sciences*, 29(2), 151-159.
- Cooper, C. N., Dabbs, N. C., Davis, J. i Sauls, N. M. (2020). Effects of Lower-Body Muscular Fatigue on Vertical Jump and Balance Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2903–2910.
- Cortes, N., Greska, E., Ambegaonkar, J. P., Kollock, R. O., Caswell, S. V. i Onate, J. A. (2014). Knee kinematics is altered post-fatigue while performing a crossover task. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 22(9), 2202–2208.

- Couttsa, A.J., Rampininib, E., Marcorac, M.S., Castagnad, C., Impellizzeri, F.M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 79-84.
- Dargo, L., Robinson, K. J. i Games, K. E. (2017). Prevention of Knee and Anterior Cruciate Ligament Injuries Through the Use of Neuromuscular and Proprioceptive Training: An Evidence-Based Review. *Journal of athletic training*, 52(12), 1171–1172.
- de Sousa, A.M., de França Barros, J. i de Sousa Neto, B.M. (2012). Postural control in children with typical development and children profound hearing loss. *International Journal of General Medicine*, 5:433-9.
- Derave, W., Tombeux, N., Cottyn, J., Pannier, J. L. i De Clercq, D. (2002). Treadmill exercise negatively affects visual contribution to static postural stability. *International journal of sports medicine*, 23(1), 44–49.
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K. i Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & behavior*, 181, 86–94.
- Elias, L. A., Watanabe, R. N. i Kohn, A. F. (2014). Spinal mechanisms may provide a combination of intermittent and continuous control of human posture: predictions from a biologically based neuromusculoskeletal model. *PLoS computational biology*, 10(11), e1003944.
- Emery, C. A. i Pasanen, K. (2019). Current trends in sport injury prevention. Best practice & research. *Clinical rheumatology*, 33(1), 3–15.
- Emery, C. A., Roy, T. O., Whittaker, J. L., Nettel-Aguirre, A. i van Mechelen, W. (2015). Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 49(13), 865–870.
- Flander, M. (1977). Enciklopedija fizičke kulture. Zagreb. Jugoslavenski leksikografski zavod, 2 (P-Ž), 190.
- Fortier, S. i Basset, F. A. (2012). The effects of exercise on limb proprioceptive signals. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22(6), 795–802.
- Fu, C. L., Yung, S. H., Law, K. Y., Leung, K. H., Lui, P. Y., Siu, H. K. i Chan, K. M. (2013). The effect of early whole-body vibration therapy on neuromuscular control after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 41(4), 804–814.
- Fuentes, C.T., Bastian, A. (2010). Where is your arm? Variations of proprioception across space and tasks. *Journal of Neurophysiology*, 103:164–171.
- Gandemer, L., Parseihian, G., Kronland-Martinet, R. i Bourdin, C. (2014). The influence of horizontally rotating sound on standing balance. *Experimental brain research*, 232(12), 3813–3820.
- Gandevia S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*, 81(4), 1725–1789.
- Gayle, G.W., Pohlman, R.L. (1990). Comparative study of the dynamic, static, and rotary balance of deaf and hearing children. *Percept Mot Skills*. 70(3 Pt 1):883–888.

- Ghai, S., Driller, M. i Ghai, I. (2017). Effects of joint stabilizers on proprioception and stability: A systematic review and meta-analysis. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 25, 65–75.
- Gheysen, F., Loots, G., Van Waelvelde, H. (2008). Motor development of deaf children with and without cochlear implant. *J Deaf Stud Deaf Educ.*13(2):215–224.
- Givoni, N. J., Pham, T., Allen, T. J. i Proske, U. (2007). The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. *The Journal of physiology*, 584(Pt 1), 111–119.
- Hassan, B.S., Mockett, S., Doherty, M. (2001). Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 60, 612-618.
- Hassanlouei, H., Arendt-Nielsen, L., Kersting, U. G. i Falla, D. (2012). Effect of exercise-induced fatigue on postural control of the knee. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22(3), 342–347.
- Heitkamp, H.C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J., Dickhuth, H.H. (2001). Gain in strength and muscular balance after balance training. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 285-290.
- Hertel, J., Miller, S. i Denegar, C. (2000). Intratester and intertester reliability during the Star Excursion Balance Tests. *Journal of Sports Rehabilitation*, 9:104-116.
- Hiemstra, L. A., Lo, I. K. i Fowler, P. J. (2001). Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 31(10), 598–605.
- Holm, I., Fosdahl, M. A., Friis, A., Risberg, M. A., Myklebust, G. i Steen, H. (2004). Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 14(2), 88–94.
- Horak, F.B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and ageing*, 35 Suppl 2, ii7–ii11.
- Hortobágyi, T., Garry, J., Holbert, D. i Devita, P. (2004). Aberrations in the control of quadriceps muscle force in patients with knee osteoarthritis. *Arthritis and rheumatism*, 51(4), 562–569.
- Hübscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L. i Banzer, W. (2010). Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(3), 413–421.
- Isear, J. A., Jr, Erickson, J. C. i Worrell, T. W. (1997). EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(4), 532–539.
- Jagger, K., Frazier, A., Aron, A., i Harper, B. (2020). Scoring performance variations between the Y-balance test, a modified Y-balance test, and the modified star excursion balance test. *International journal of sports physical therapy*, 15(1), 34–41.
- Jerosch, J. i Prymka, M. (1996). Proprioception and joint stability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 4(3), 171–179.



- Johnston, R. B., 3rd, Howard, M. E., Cawley, P. W. i Losse, G. M. (1998). Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(12), 1703–1707.
- Kapoula, Z., Yang, Q., Lê, T. T., Vernet, M., Berbey, N., Orssaud, C., Londero, A. i Bonfils, P. (2011). Medio-lateral postural instability in subjects with tinnitus. *Frontiers in neurology*, 2, 35.
- Kavounoudias, A., Roll, R., i Roll, J. P. (2001). Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *The Journal of physiology*, 532(Pt 3), 869–878.
- Kelley, K. i Preacher, K. J. (2012). On effect size. *Psychological Methods*, 17(2), 137–152.
- Kennedy, D. S., McNeil, C. J., Gandevia, S. C. i Taylor, J. L. (2016). Effects of fatigue on corticospinal excitability of the human knee extensors. *Experimental physiology*, 101(12), 1552–1564.
- Kiemel, T., Zhang, Y. i Jeka, J.J. (2011). Identification of neural feedback for upright stance in humans: Stabilization rather than sway minimization. *Journal of Neuroscience*, 31 (42), 15144-15153
- Kinzey, S. J. i Armstrong, C. W. (1998). The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 27(5), 356–360.
- Kynsburg, A., Pánics, G. i Halasi, T. (2010). Long-term neuromuscular training and ankle joint position sense. *Acta physiologica Hungarica*, 97(2), 183–191.
- Langevoort, G., Myklebust, G., Dvorak, J. i Junge, A. (2007). Handball injuries during major international tournaments. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(4), 400–407.
- Latash, M.L. (2008). Neurophysiological basis of movement. 2nd edition. IL: Human Kinetics.
- Lee, H. M., Cheng, C. K. i Liau, J. J. (2009). Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *The Knee*, 16(5), 387–391.
- Longo, M. R. i Haggard, P. (2010). An implicit body representation underlying human position sense. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(26), 11727–11732.
- Loudon, J.K., Santos, M.J., Franks, L., Liu, W. (2008). The effectiveness of active exercise as an intervention for functional ankle instability: a systematic review. *Sports Medicine*, 38(7), 553-563
- Lucci, S., Cortes, N., Van Lunen, B., Ringleb, S. i Onate, J. (2011). Knee and hip sagittal and transverse plane changes after two fatigue protocols. *Journal of science and medicine in sport*, 14(5), 453–459.
- Lyu, H., Fan, Y., Hao, Z. i Wang, J. (2021). Effect of local and general fatiguing exercises on disturbed and static postural control. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 56, 102487.

- Madžar, T. (2015). *Psihološki predskazatelji sportskih ozljeda u profesionalnih nogometaša i rukometaša*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu. Zagreb: Medicinski fakultet.
- Makaracı, Y., Soslu, R., Özer, Ö. i Uysal, A. (2021). Center of pressure-based postural sway differences on parallel and single leg stance in Olympic deaf basketball and volleyball players. *Journal of exercise rehabilitation*, 17(6), 418–427. Preuzeto s: <https://doi.org/10.12965/jer.2142558.279>
- Malić, Z. (1999). Rukomet – pogled s klupe. Zagreb: vlast. nakl.
- Marchetti, P.H., Orselli, M.I.V., Martins, L.M.S. i Duarte, M. (2014). *Motriz: Revista de Educação Física*, 20(1), 71-77.
- Marmeleira, J. F., Pereira, C., Cruz-Ferreira, A., Fretes, V., Pisco, R. i Fernandes, O. M. (2009). Creative dance can enhance proprioception in older adults. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(4), 480–485.
- Marušić, M. i suradnici (2019). Uvod u znanstveni rad u medicini. Zagreb: Medicinska naklada.
- Melnyk, M. i Gollhofer, A. (2007). Submaximal fatigue of the hamstrings impairs specific reflex components and knee stability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* : official journal of the ESSKA, 15(5), 525–532.
- Mesch, U. i Mesch, J. (2018). The Deaf Sport Movement in Europe. Deaf Sport Without Borders. Brussels. The European Deaf Sport Organization
- Milanović, D. (2013). Teorija i metodika treninga. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Milanović, D., Vuleta, D. i Šimenc, Z. (1997). Dijagnostika i analiza kondicijske pripremljenosti vrhunskih rukometaša i rukometašica. U D.Milanović i S.Heimer (ur.), Zbornik radova Međunarodnog savjetovanja 6. zagrebačkog sajma sporta, Zagreb (str. 116-125). Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu, Zagrebački velesajam, Zagrebački športski savez.
- Milanović, L. (2011). Promjene u rezultatima testova za procjenu motoričkih sposobnosti pod utjecajem treninga agilnosti. Magistarski rad. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Mišigoj-Duraković, M. i sur. (2018). Tjelesno vježbanje i zdravlje. Zagreb: Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu.
- Miura, K., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Okamura, Y., Otsuka, H. i Toh, S. (2004). The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery* : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association, 20(4), 414–418.
- Mohamad Puzi, M. H., i Choo, L. (2021). The effect of six weeks CoBAgi training on coordination, dynamic balance & agility of adolescent handball players. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 25(1), 31-38.
- Moran, J., Ramirez-Campillo, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D. G., García-Hermoso, A., Izquierdo, M., i Granacher, U. (2021). Effects of Vertically and Horizontally Orientated

- Plyometric Training on Physical Performance: A Meta-analytical Comparison. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 51(1), 65–79.
- Muaidi, Q. I., Nicholson, L. L. i Refshauge, K. M. (2009). Do elite athletes exhibit enhanced proprioceptive acuity, range and strength of knee rotation compared with non-athletes?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(1), 103–112.
- Myer, G. D., Chu, D. A., Brent, J. L. i Hewett, T. E. (2008). Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. *Clinics in sports medicine*, 27(3), 425–447.
- Myer, G. D., Ford, K. R., McLean, S. G. i Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *The American journal of sports medicine*, 34(3), 445–455.
- Nagai, T., Sell, T.C., Abt, J.P., Lephart, S.M. (2012). Reliability, precision, and gender differences in knee internal/external rotation proprioception measurements. *Physical Therapy in Sport*, 13(4), 233-237.
- Negahban, H., Etemadi, M., Naghibi, S., Emrani, A., Shaterzadeh Yazdi, M. J., Salehi, R. i Moradi Bousari, A. (2013). The effects of muscle fatigue on dynamic standing balance in people with and without patellofemoral pain syndrome. *Gait & posture*, 37(3), 336–339.
- Page, P. (2006). Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 10, 77-84.
- Pánics, G., Tállay, A., Pavlik, A. i Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British journal of sports medicine*, 42(6), 472–476.
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J. i Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 125(9), 614–621.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., i Paul, J. P. (2000). What is balance?. *Clinical rehabilitation*, 14(4), 402–406.
- Póvoas, S.C., Ascensão, A.A., Magalhães, J., Seabra, A.F., Krstrup, P., Soares, J.M., Rebelo, A.N. (2014). Analysis of fatigue development during elite male handball matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9):2640– 8.
- Powden, C. J., Dodds, T. K. i Gabriel, E. H. (2019). The reliability of the star excursion balance test and lower quarter y-balance test in healthy adults: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 14(5), 683–694.
- Proske U. (2005). What is the role of muscle receptors in proprioception?. *Muscle & nerve*, 31(6), 780–787.
- Proske U. (2015). The role of muscle proprioceptors in human limb position sense: a hypothesis. *Journal of anatomy*, 227(2), 178–183.
- Proske U. (2019). Exercise, fatigue and proprioception: a retrospective. *Experimental brain research*, 237(10), 2447–2459.

- Proske, U. i Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of physiology*, 587(Pt 17), 4139–4146.
- Proske, U. i Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological reviews*, 92(4), 1651–1697.
- Proske, U., Wise, A. K. i Gregory, J. E. (2000). The role of muscle receptors in the detection of movements. *Progress in neurobiology*, 60(1), 85–96.
- Quammen, D., Cortes, N., Van Lunen, B. L., Lucci, S., Ringleb, S. I. i Onate, J. (2012). Two different fatigue protocols and lower extremity motion patterns during a stop-jump task. *Journal of athletic training*, 47(1), 32–41.
- Rabuffetti, M., Bovi, G., Quadri, P., Cattaneo, D., Benvenuti, F. i Ferrarin, M. (2011). An experimental paradigm to assess postural stabilization: No more movement and not yet posture. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 19 (4), 420-426
- Rajendran, V. i Roy, F.G. (2011). An overview of motor skill performance and balance in hearing impaired children. *Italian Journal of Pediatrics*.14;37:33.
- Rajendran, V., Roy, F.G., Jeevanantham, D. (2012). Postural control, motor skills, and health-related quality of life in children with hearing impairment: a systematic review. *European Archive of Otorhinolaryngology*, 269(4):1063-71.
- Rawcliffe, A. J., Hinde, K. L., Graham, S. M., Martindale, R., Morrison, A., Krajewski, K. T. i Connaboy, C. (2020). Altered Dynamic Postural Stability and Joint Position Sense Following British Army Foot-Drill. *Frontiers in sports and active living*, 2, 584275.
- Relph, N. i Herrington, L. (2016). The effects of knee direction, physical activity and age on knee joint position sense. *The Knee*, 23(3), 393–398.
- Riach, C.L., Starkes, J.L. (1994). Velocity of centre of pressure excursions as an indicator of postural control systems in children. *Gait Posture*. 2(3):167–172.
- Ribeiro, F., Santos, F., Gonçalves, P. i Oliveira, J. (2008) Effects of volleyball match-induced fatigue on knee joint position sense, *European Journal of Sport Science*, 8:6, 397-402.
- Riemann, B. L. i Lephart, S. M. (2002a). The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 80–84.
- Riemann, B. L. i Lephart, S. M. (2002b). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 71–79.
- Rine, R.M., Braswell, J., Fisher, D., Joyce, K., Kalar, K., Shaffer, M. (2004). Improvement of motor development and postural control following intervention in children with sensorineural loss and vestibular impairment. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 68(9):1141–1148.
- Rogan, S., Hilfiker, R., Herren, K., Radlinger, L. i De Bruin, E.D. (2011). Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: A systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*

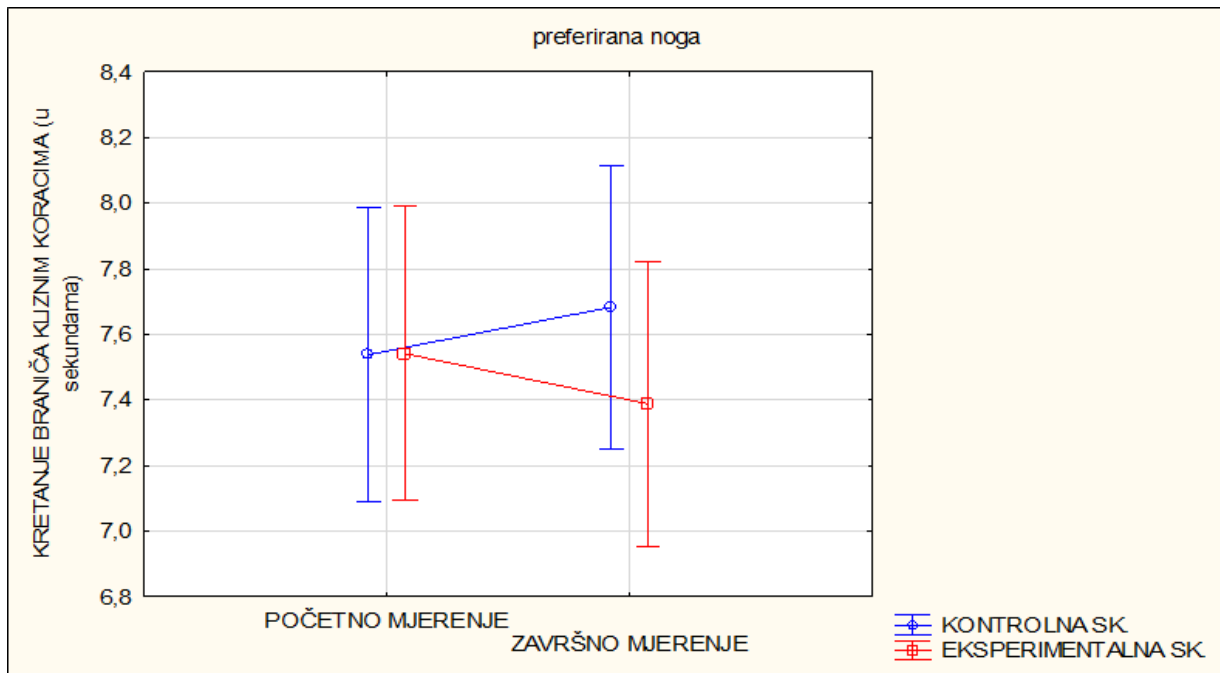
- Rogulj, N. (2000). Differences in situation-related indicators of the handball game in relation to the achieved competitive results of the teams at 1999 World Championship in Egypt. *Kinesiology*, 32 (2), 63-74
- Romero-Franco, N. i Jiménez-Reyes, P. (2017). Effects of Warm-Up and Fatigue on Knee Joint Position Sense and Jump Performance. *Journal of motor behavior*, 49(2), 117–122.
- Roth, R., Donath, L., Zahner, L. i Faude, O. (2019). Acute Leg and Trunk Muscle Fatigue Differentially Affect Strength, Sprint, Agility, and Balance in Young Adults. *Journal of strength and conditioning research*, 10.1519/JSC.0000000000003112. Advance online publication.
- Salgado, E., Ribeiro, F. i Oliveira, J. (2015). Joint-position sense is altered by football pre-participation warm-up exercise and match induced fatigue. *The Knee*, 22(3), 243–248.
- Savelsbergh, G.J.P., Netelenbos, J.B. i Whiting, H.T.A. (1991). Auditory perception and the control of spatially coordinated action of deaf and hearing impaired children. *Journal of Child Psychol Psychiatry*. 32(3):489–500.
- Schoenfeld B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of strength and conditioning research*, 24(12), 3497–3506.
- Seiwerth, I., Jonen, J., Rahne, T., Lauenroth, A., Hullar, T. E., Plontke, S. K. i Schwesig, R. (2020). Postural regulation and stability with acoustic input in normal-hearing subjects. Posturale Regulation und Stabilität unter akustischem Input bei Normalhörenden. *HNO*, 68 (Suppl 2), 100–105.
- Seiwerth, I., Jonen, J., Rahne, T., Schwesig, R., Lauenroth, A., Hullar, T. E. i Plontke, S. K. (2018). Influence of hearing on vestibulospinal control in healthy subjects. Einfluss des Hörens auf die vestibulospinale Kontrolle bei gesunden Probanden. *HNO*, 66 (Suppl 2), 49–55.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M. i Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *Journal of strength and conditioning research*, 27(3), 802–811.
- Shakoor, N., Furmanov, S., Nelson, D.E., Li, Y. i Block, J.A. (2008). Pain and its relationship with muscle strength and proprioception in knee OA: results of an 8-week home exercise pilot study. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 8 1, 35-42 .
- Shen, M., Che, S., Ye, D., Li, Y., Lin, F. i Zhang, Y. (2019). Effects of backward walking on knee proprioception after ACL reconstruction. *Physiotherapy theory and practice*, 1–8. Advance online publication.
- Siegel, J.C., Marchetti, M., Tecklin, J.S. (1991). Age-related balance changes in hearing-impaired children. *Phys Ther*.71(3):183–189.
- Silva-Moya, G., Méndez-Rebolledo, G., Valdes-Badilla, P., Gómez-Álvarez, N. i Guzmán-Muñoz, E. (2021). Effects of neuromuscular training on psychomotor development and active joint position sense in school children. *Journal of motor behavior*, 1–10. Advance online publication.

- Soangra, R., Moon, S., Rezvanian, S., i Lockhart, T. E. (2017). Lower extremity muscle fatigue influences nonlinear variability in trunk accelerations. *Biomedical sciences instrumentation*, 53, 47–54.
- Sousa, A., Barros, J., Sousa, Neto. B., Gorla, J. (2010). Evaluation of the postural control and balance in children with hearing impairment. *Journal of Physical Education/State University of Maringa*. 2010;21(1):47–57.
- Spaaij, R. (2009). The social impact of sport: diversities, complexities and contexts. *Sport in Society*, 12(9), 1109–1117.
- Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A. i Sekulic, D. (2015). Reactive Agility Performance in Handball; Development and Evaluation of a Sport-Specific Measurement Protocol. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 501–506.
- Sporis, G., Vuleta, D., Vuleta, D., Jr, i Milanović, D. (2010). Fitness profiling in handball: physical and physiological characteristics of elite players. *Collegium antropologicum*, 34(3), 1009–1014.
- Springer, B. K. i Pincivero, D. M. (2009). The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait & posture*, 30(1), 50–54.
- Steib, S., Zahn, P., Zu Eulenburg, C., Pfeifer, K. i Zech, A. (2016). Time-dependent postural control adaptations following a neuromuscular warm-up in female handball players: a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 8, 33.
- Stiffler, M. R., Bell, D. R., Sanfilippo, J. L., Hetzel, S. J., Pickett, K. A., i Heiderscheidt, B. C. (2017). Star Excursion Balance Test Anterior Asymmetry Is Associated With Injury Status in Division I Collegiate Athletes. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 47(5), 339–346.
- Suarez, H., Angeli, S., Suarez, A., Rosales, B., Carrera, X. i Alonso, R. (2007). Balance sensory organization in children with profound hearing loss and cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 71(4):629–637.
- Šibila, M., Vuleta, D. i Pori, P. (2004). Position-related differences in volume and intensity of large-scale cyclic movements of male players in handball. *Kinesiology*, 36 (1.), 58-68.
- The International Committee of Sports for the Deaf (2015). 1924-2014, Review.
- Utley, A. (2018). Motor control, learning and development: Instant notes. 2nd Edition. Routledge, Oxfordshire.
- Van Beijsterveldt, A.M.C. (2013). *Injury prevention for adult male soccer players*. Dissertation, Utrecht University. Utrecht, Netherlands.
- Vuleta, D., D. Prečec, I. Gruić (2004): Usporedba dvije skupine rukometaša različite kvalitete u pokazateljima kondicijske pripremljenosti. U: Zbornik radova (ur. K. Delija) 13. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske «Vrednovanje u području edukacije, sporta i sportske rekreacije», Rovinj 19-23. lipnja 2004:206-211.
- Vuleta, D., Milanović, D. i Sertić, H. (1999). Latent structure of spatial, phasic, positional and movement characteristics of the handball game. *Kinesiology*, 31, 37-53

- Vuleta, D., Milanović, D. i sur. (2004). Rukomet. Znanstvena istraživanja. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Vuleta, D., Milanović, D. i sur. (2009). Science in Handball. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Vuleta, D., Milanović, D., Gruić, I. (2003): Kondicijska priprema rukometaša, U: Milanović, D., Jukić, I. (ur.), Zbornik radova Međunarodnog znanstveno – stručnog skupa „Kondicijska priprema sportaša“, Zagreb, 21.-22. Veljače, 2003. (str. 491-500). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagrebački športski savez.
- Wagner, H., Fuchs, P. X. i von Duvillard, S. P. (2018). Specific physiological and biomechanical performance in elite, sub-elite and in non-elite male team handball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(1-2), 73–81.
- Wagner, H., Gierlinger, M., Adzamija, N., Ajayi, S., Bacharach, D. W. i von Duvillard, S. P. (2017). Specific Physical Training in Elite Male Team Handball. *Journal of strength and conditioning research*, 31(11), 3083–3093.
- Wang, H., Ji, Z., Jiang, G., Liu, W. i Jiao, X. (2016). Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *Journal of physical therapy science*, 28(12), 3468–3472.
- Wiegersma, P.H., Van der Velde, A. (1983). Motor development of deaf children. *J Child Psychol Psychiatry*. 24(1):103–111.
- Wingert, J. R., Welder, C. i Foo, P. (2014). Age-related hip proprioception declines: effects on postural sway and dynamic balance. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(2), 253–261.
- Winter, D.A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3, 193-214
- Winter, J. A., Allen, T. J. i Proske, U. (2005). Muscle spindle signals combine with the sense of effort to indicate limb position. *The Journal of physiology*, 568(Pt 3), 1035–1046.
- Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Døssing, S., Alkjaer, T., Magnusson, S. P., Kjaer, M. i Aagaard, P. (2008). The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidcutting in female elite soccer and handball players. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 18(4), 329–337.
- Zech, A., Steib, S., Hentschke, C., Eckhardt, H. i Pfeifer, K. (2012). Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 26(4), 1162–1168.

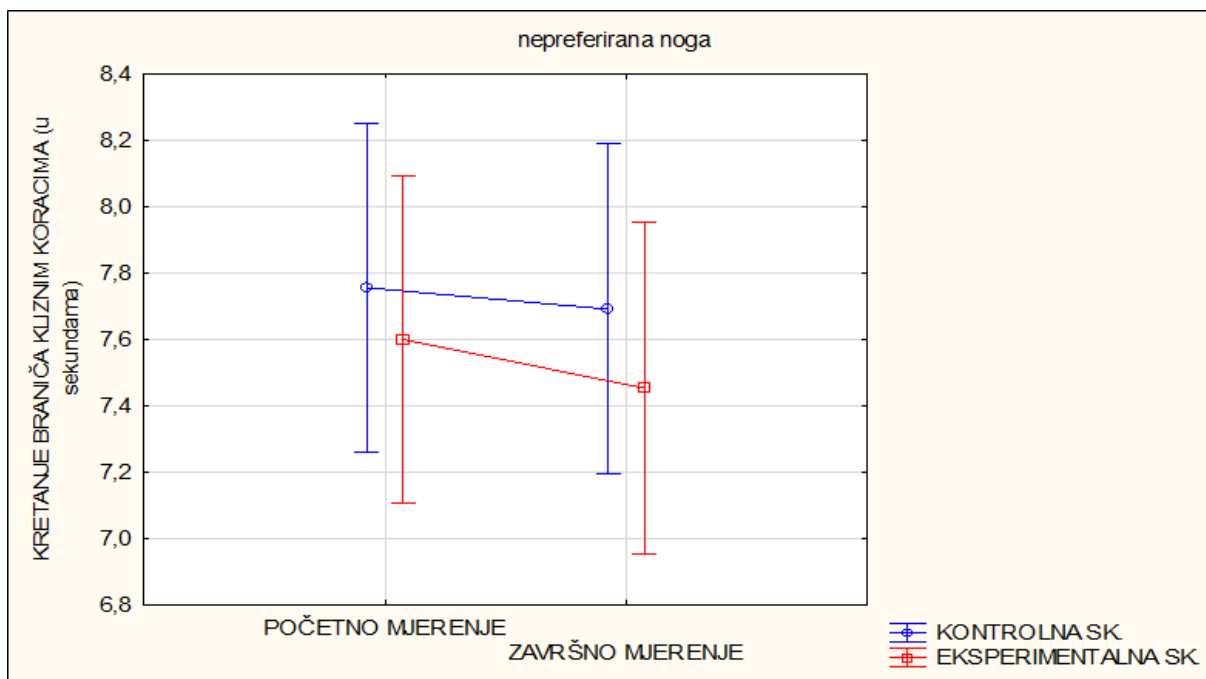
## 8. PRILOZI

Grafički prikaz razlika u promjenama između skupina (SK) (početno i završno mjerenje) nakon trenažnog razdoblja za one varijable u kojima primjenom dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme nije pronađena statistički značajna razlika (Graf 19-34).

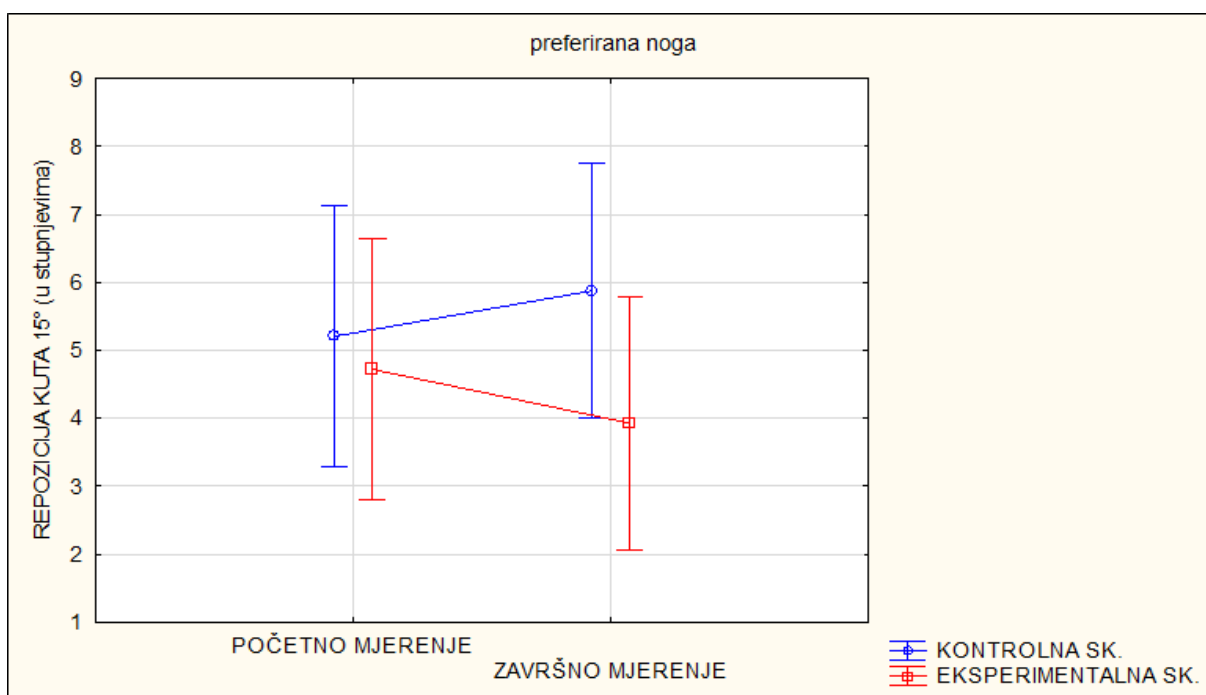


**Graf 19:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli brzina kretanja braniča kliznim koracima (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.051$ ).

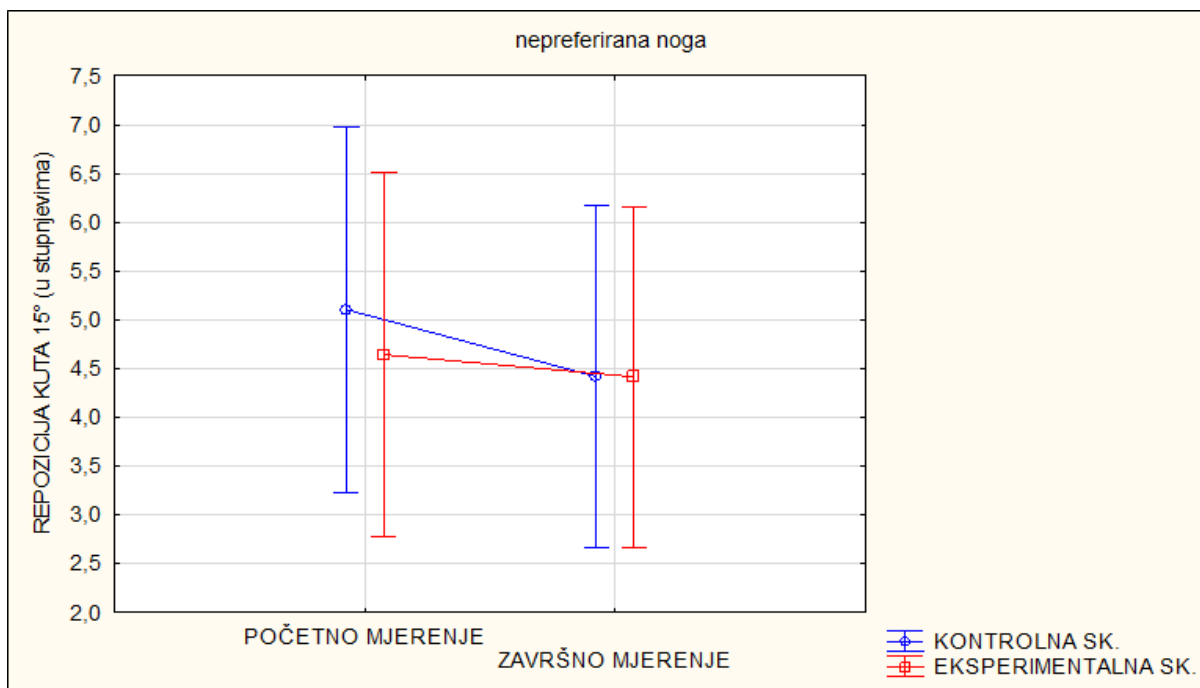




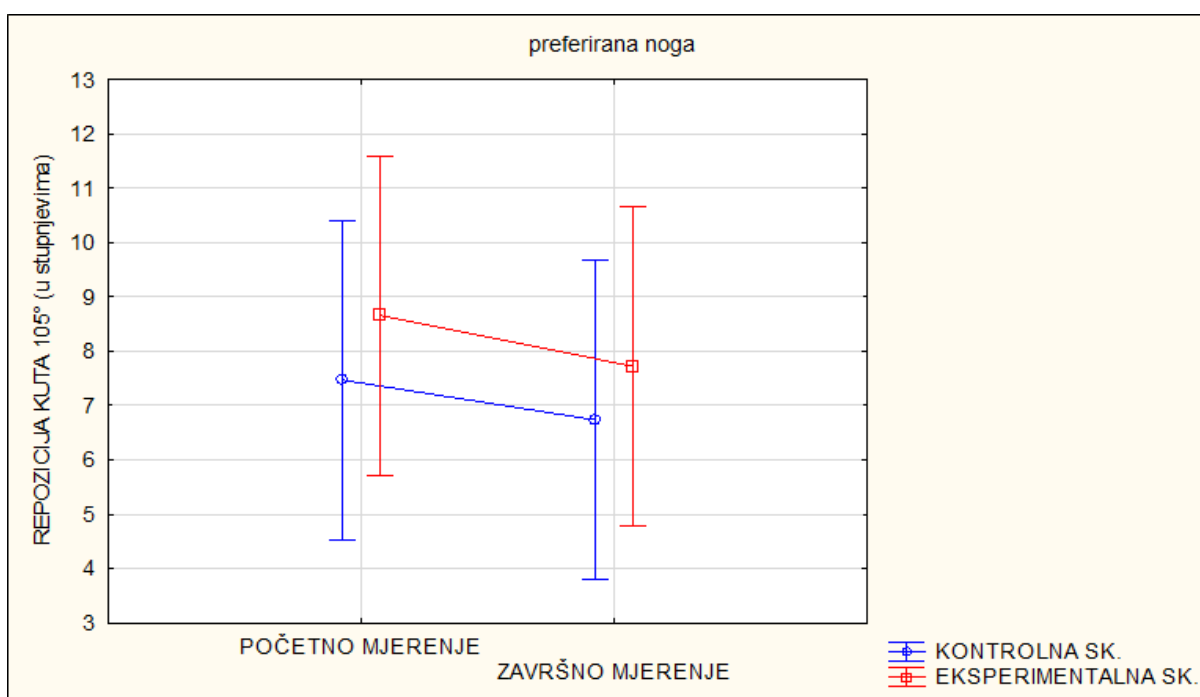
**Graf 20:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli brzina kretanja braniča kliznim koracima (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.467$ ).



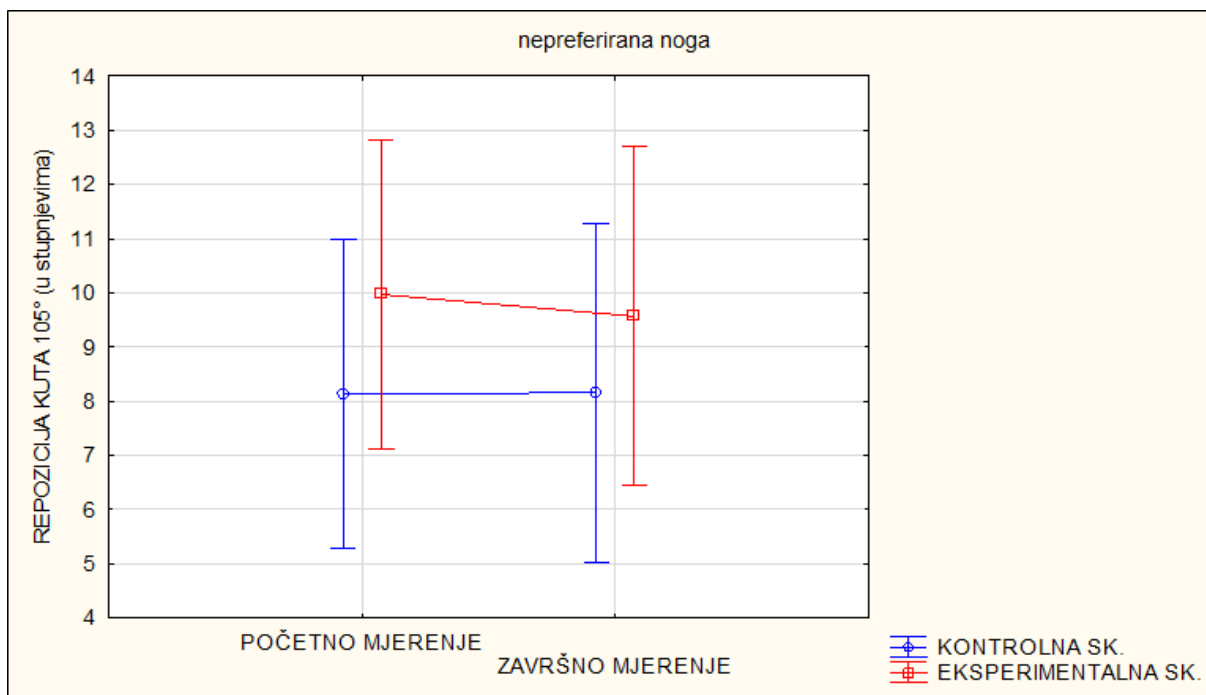
**Graf 21:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli precizna reprodukcija kuta 15° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.083$ ).



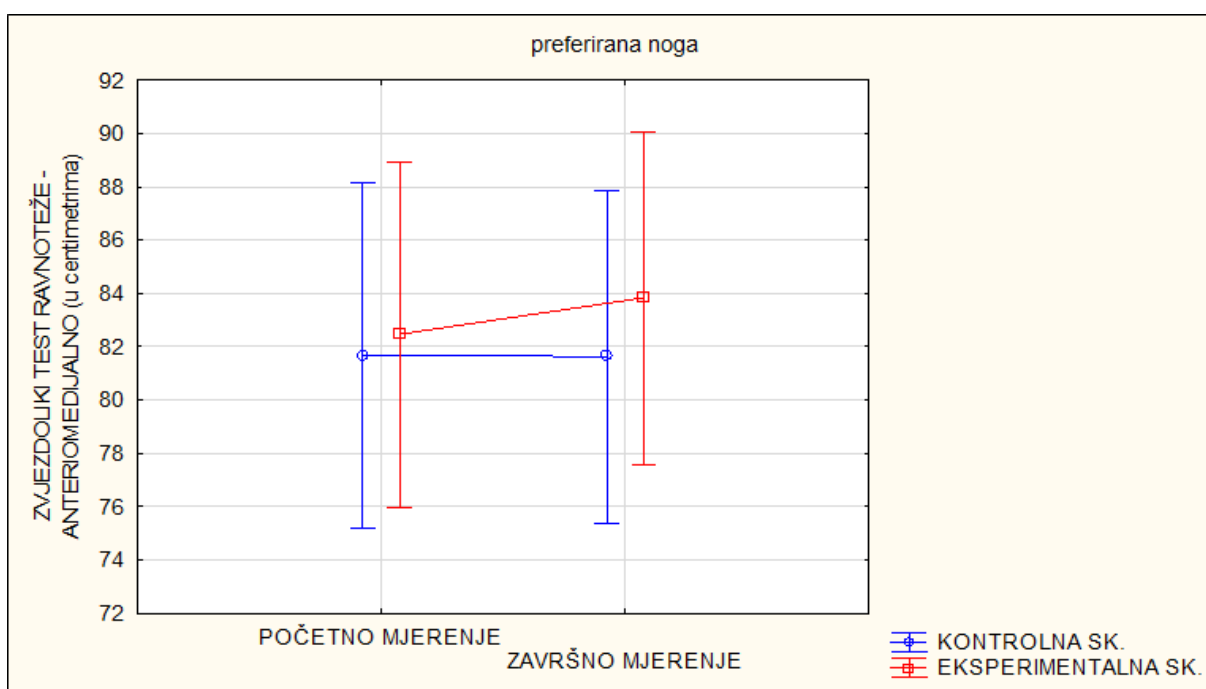
**Graf 22:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli precizna reprodukcija kuta 15° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.587$ ).



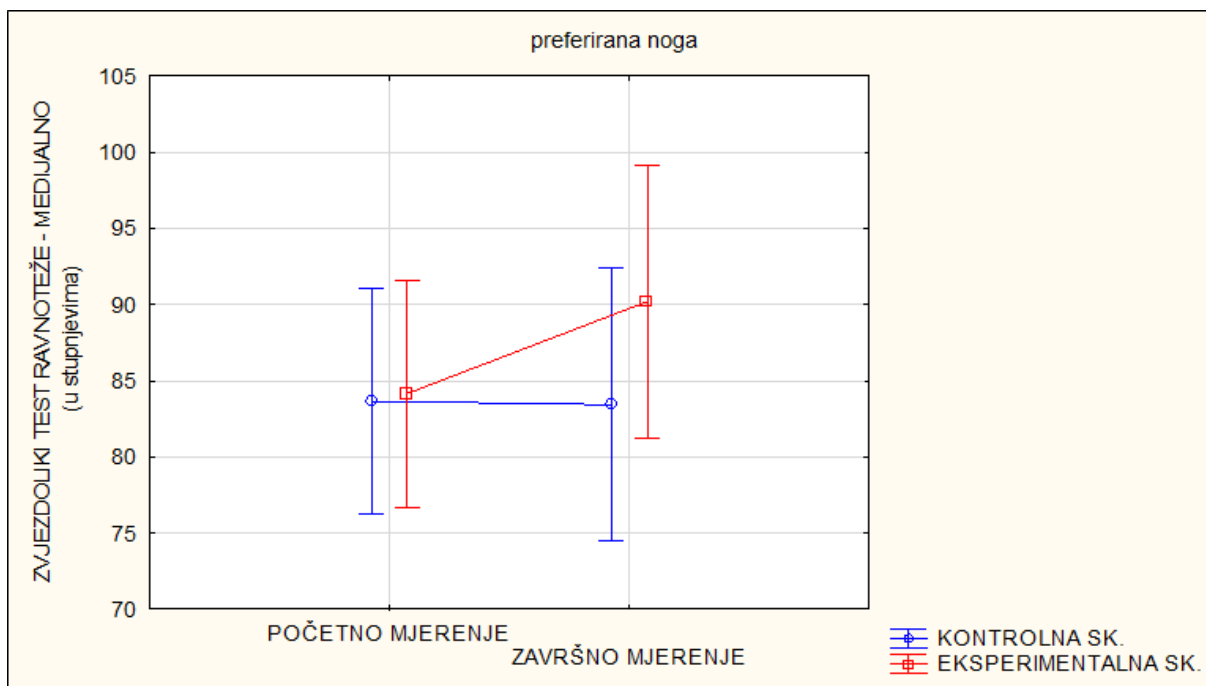
**Graf 23:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli precizna reprodukcija kuta 105° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.937$ ).



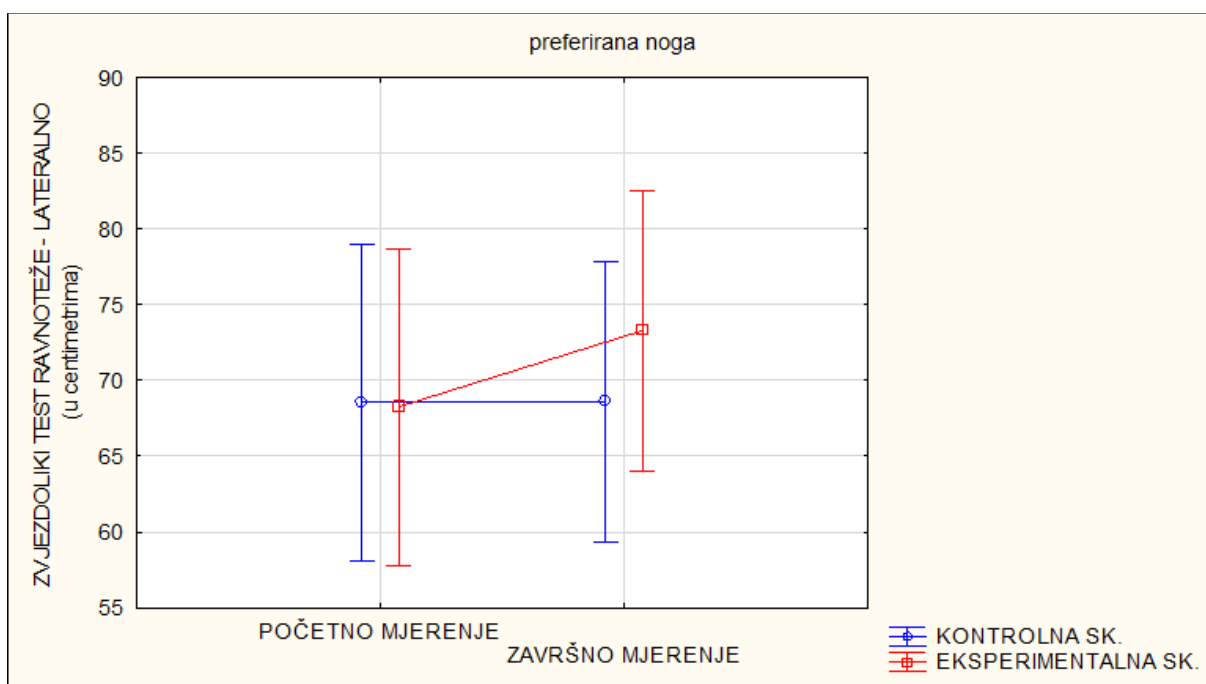
**Graf 24:** Razlika u promjenama između skupina (SK9 nakon trenažnog razdoblja u varijabli precizna reprodukcija kuta 105° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.835$ ).



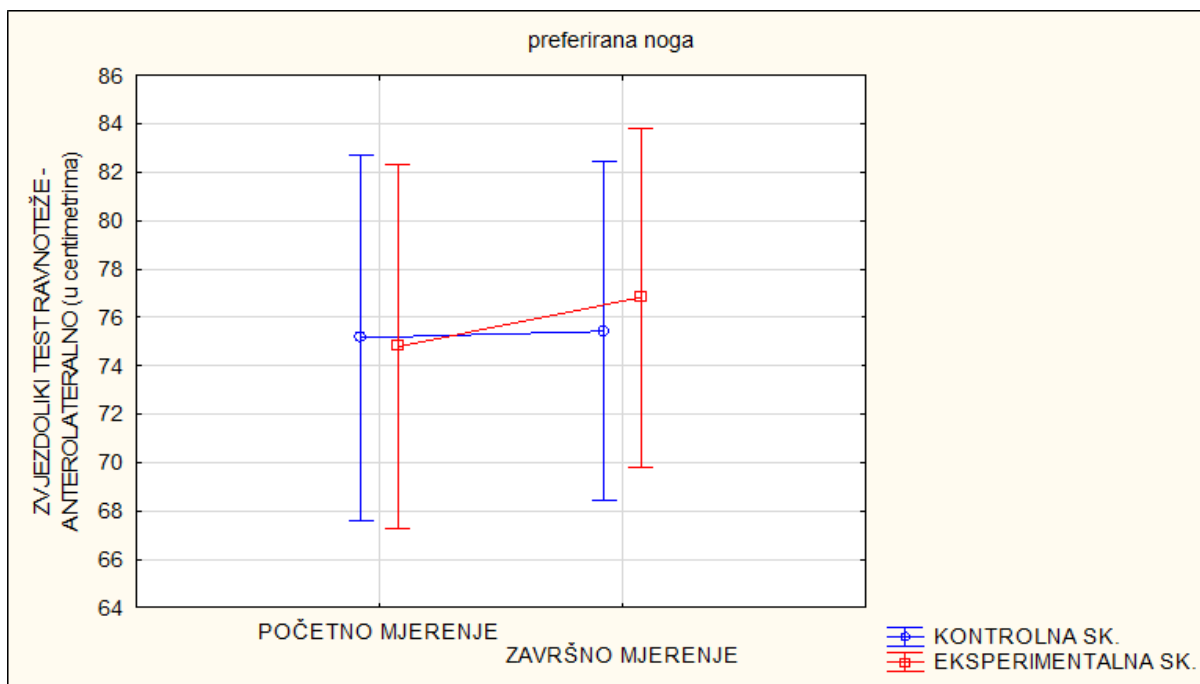
**Graf 25:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – anteromedijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.597$ ).



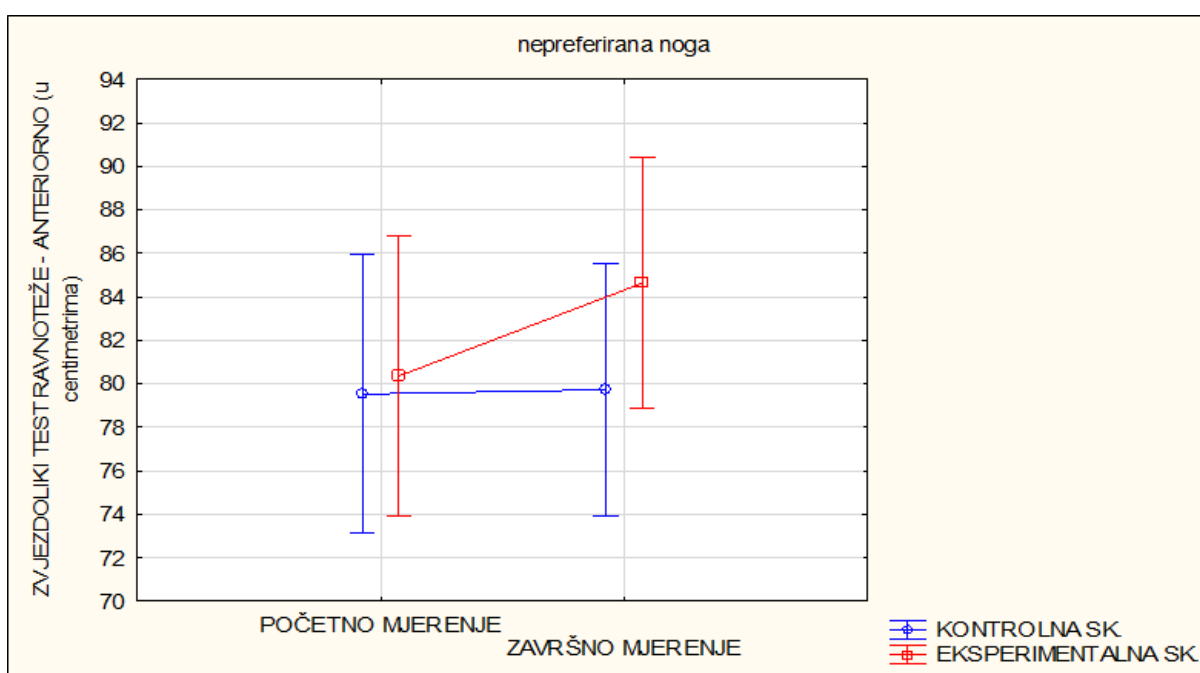
**Graf 26:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – medijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.119$ ).



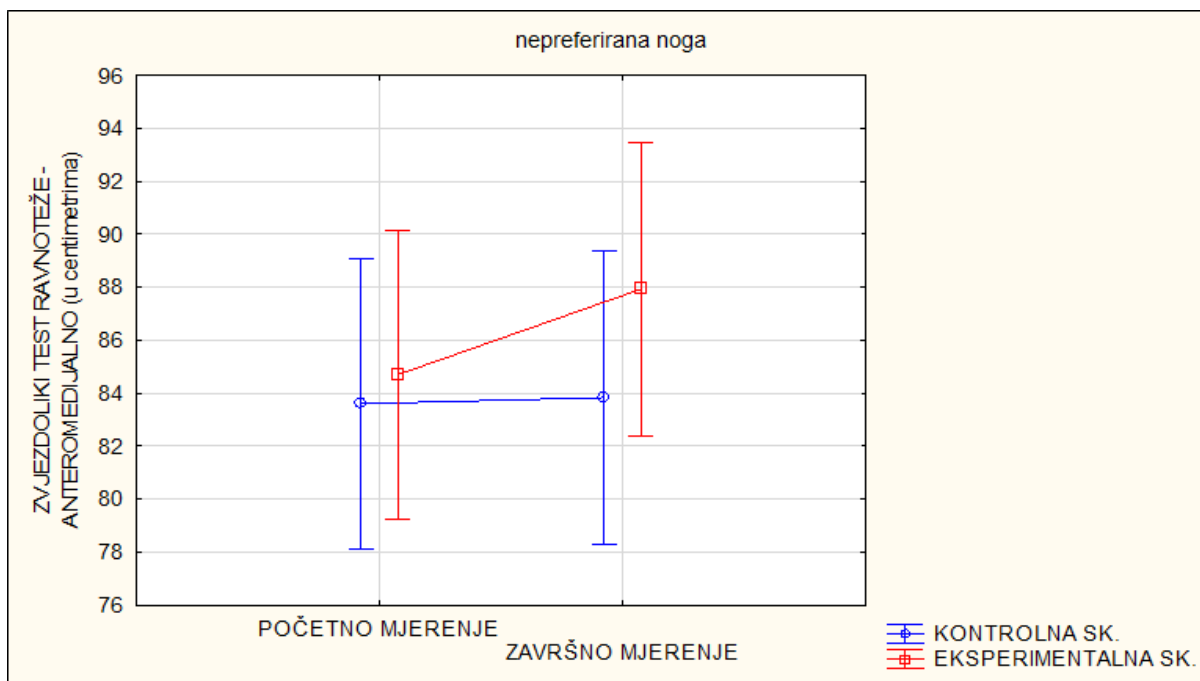
**Graf 27:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – lateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.079$ ).



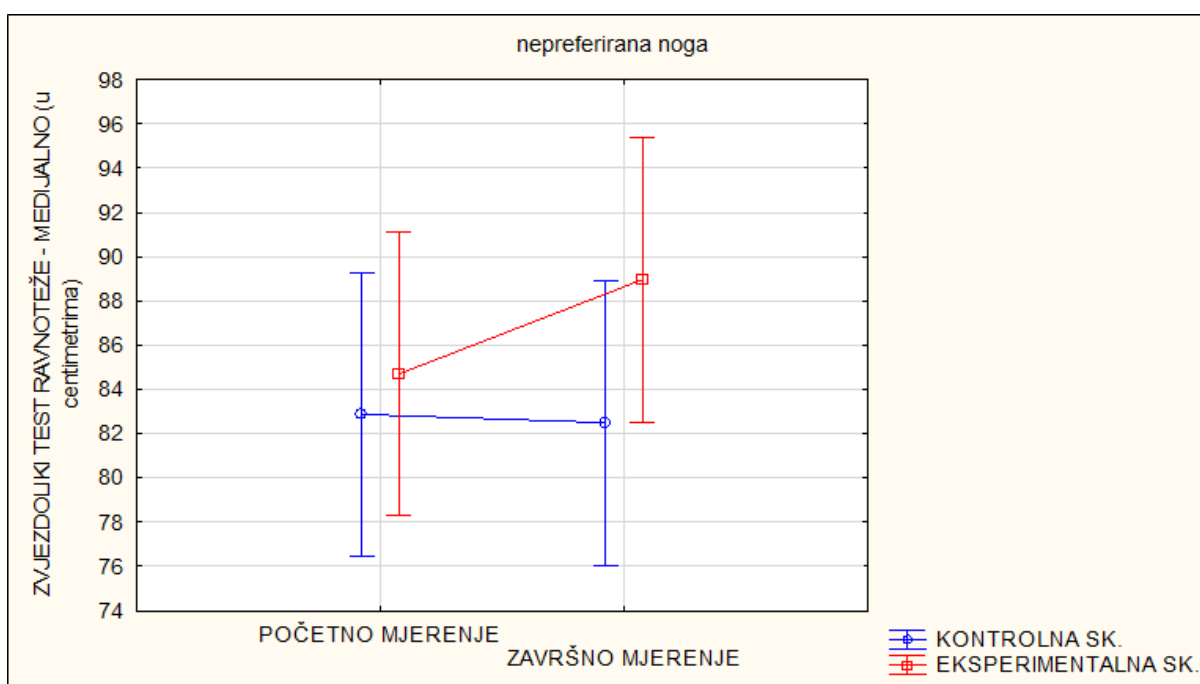
**Graf 28:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – anterolateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.348$ ).



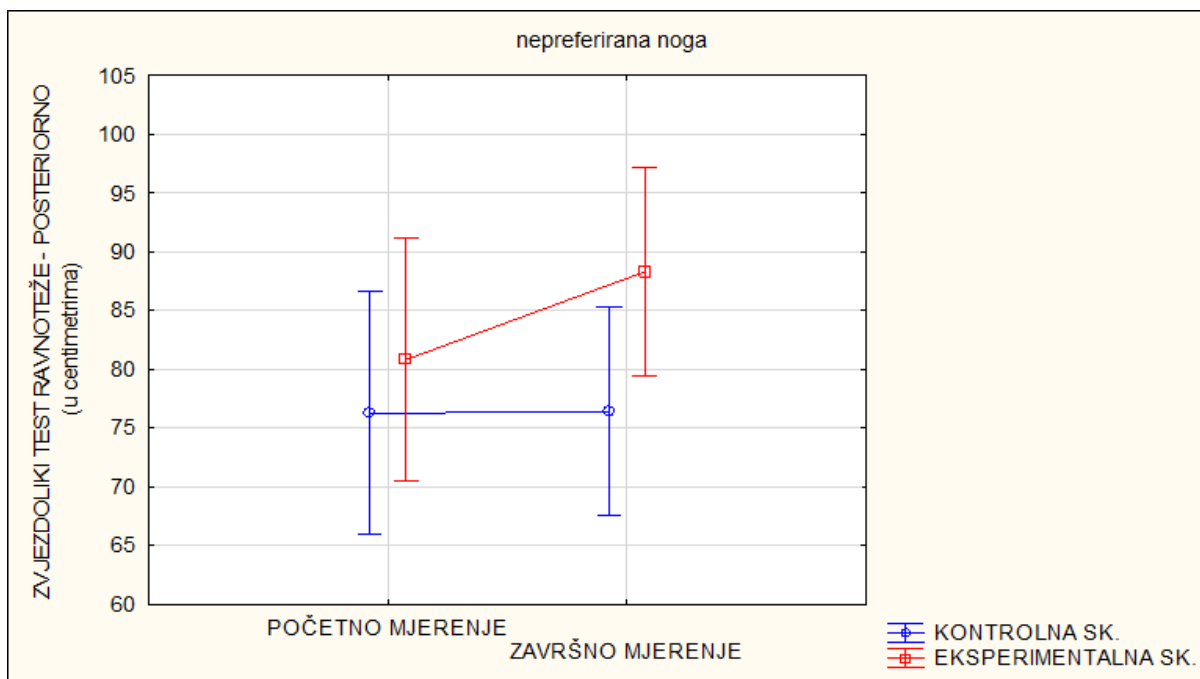
**Graf 29:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – anteriorno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.053$ ).



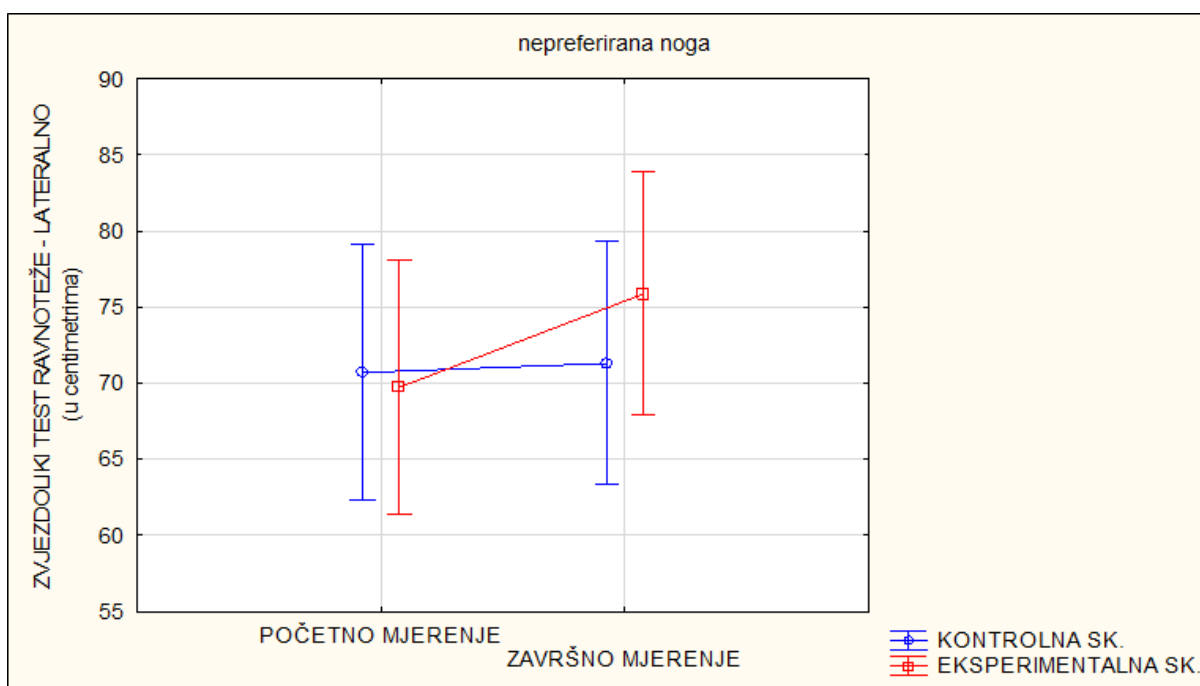
**Graf 30:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – anteromedijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.180$ ).



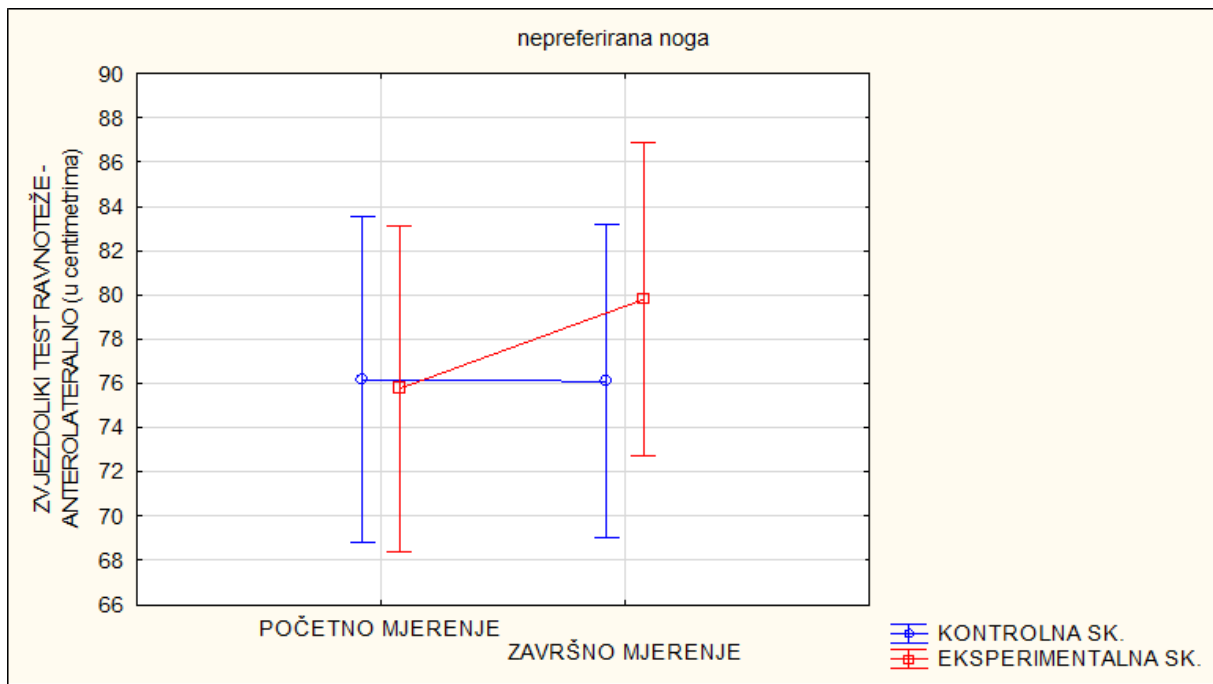
**Graf 31:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – medijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.092$ ).



**Graf 32:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – posteriorno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.088$ ).



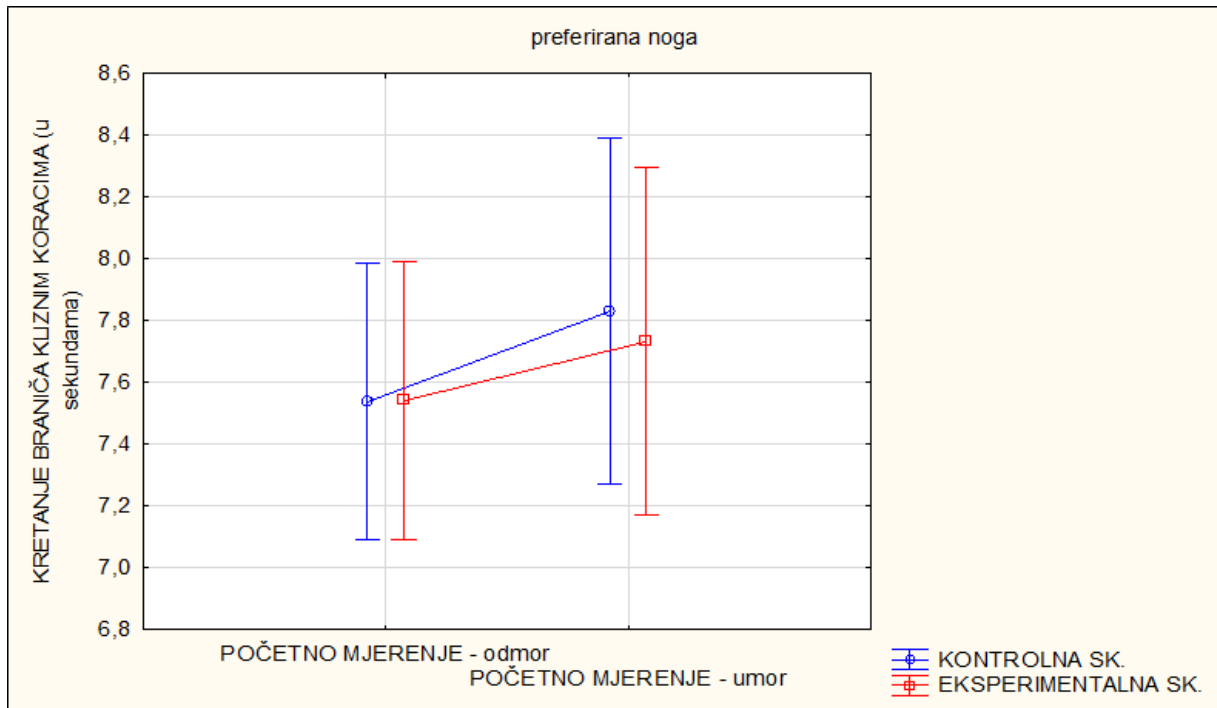
**Graf 33:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – lateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.114$ ).



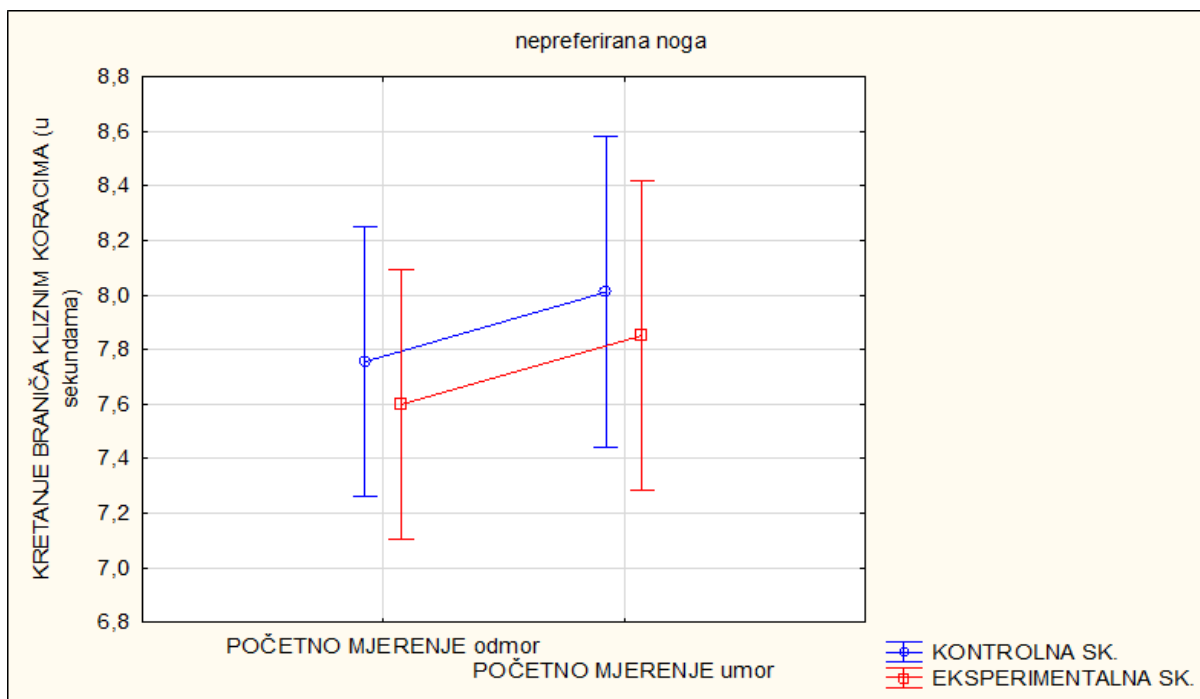
**Graf 34:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon trenažnog razdoblja u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – anterolateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.052$ ).



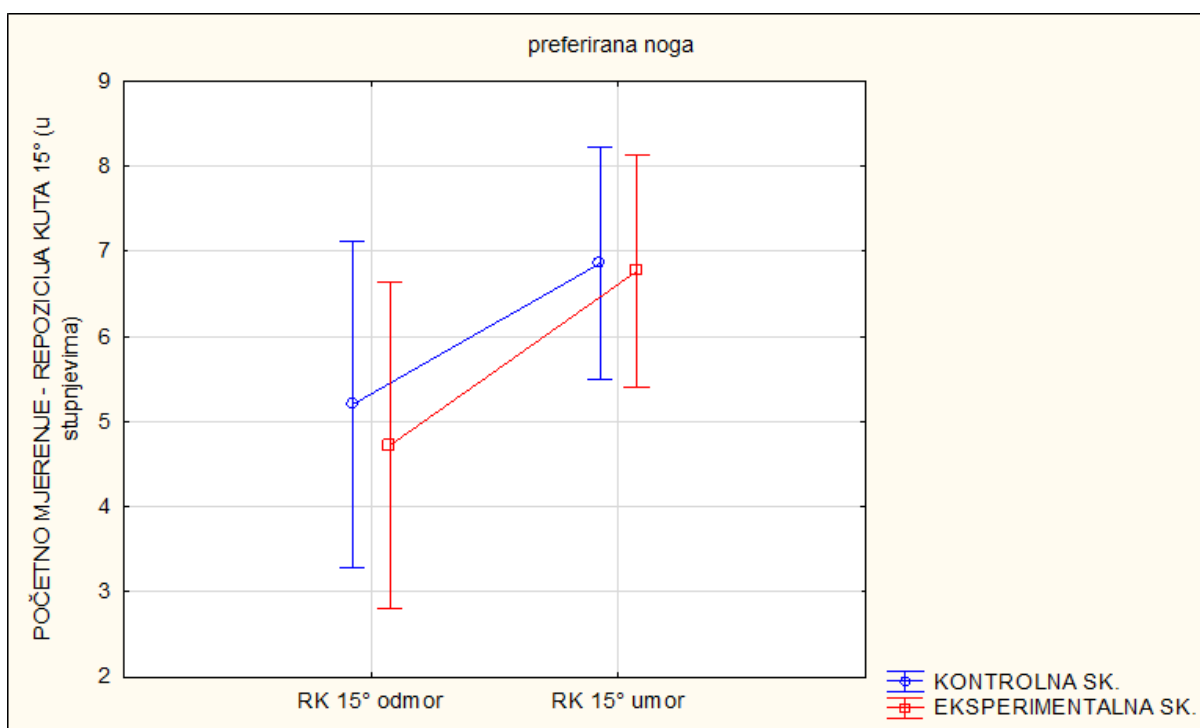
Grafički prikaz razlika u promjenama između skupina nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju, za one varijable (kretanje braniča kliznim koracima, repozicija kuta) u kojima primjenom dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme nije pronađena statistički značajna razlika (Graf 35-42).



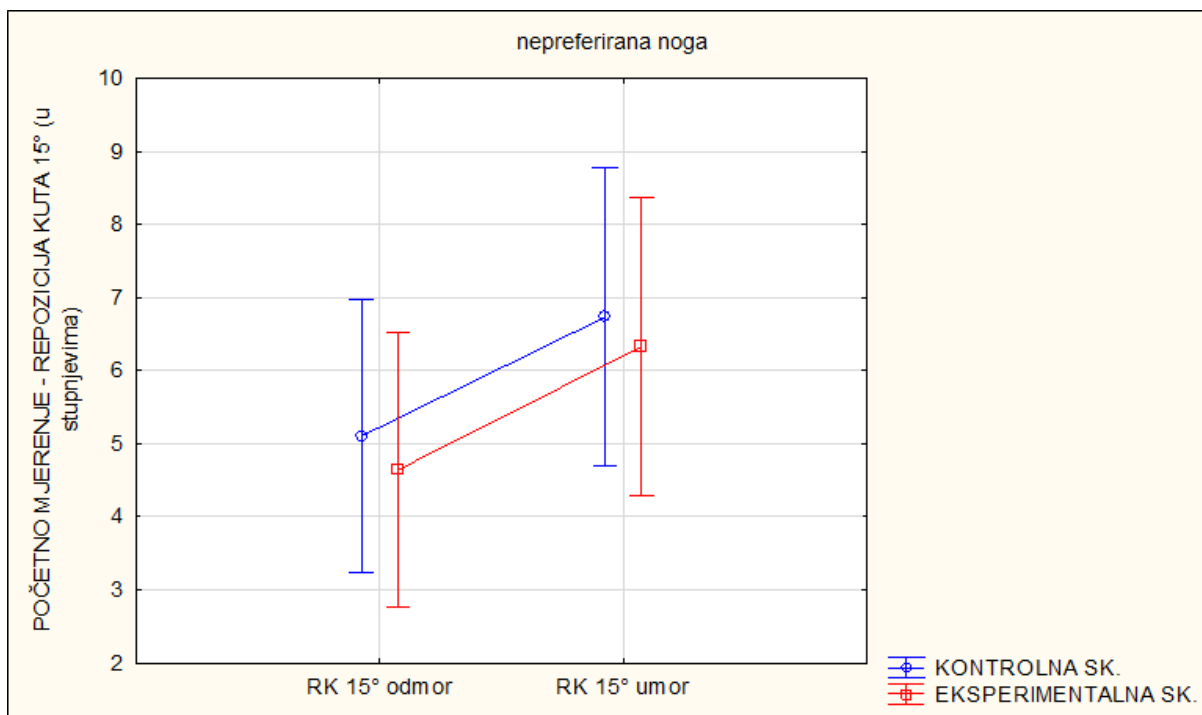
**Graf 35:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli kretanje braniča kliznim koracima (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.490$ ).



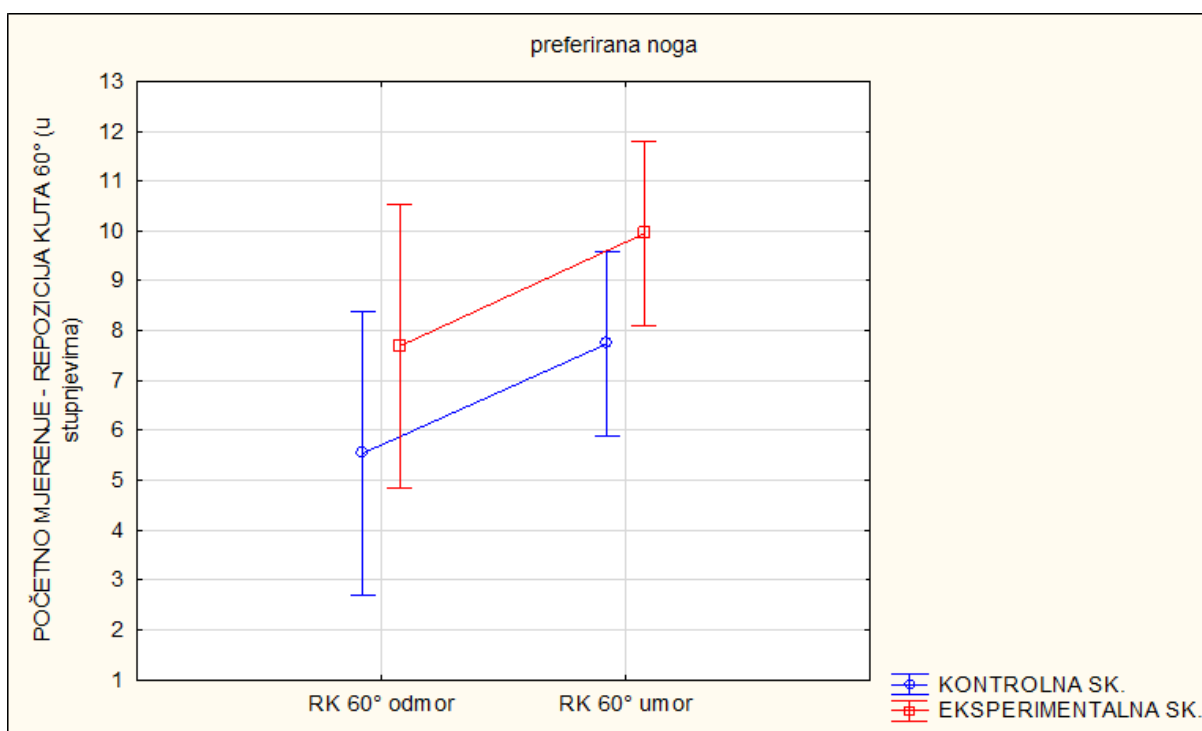
**Graf 36:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjeranju u varijabli kretanje braniča kliznim koracima (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjeranjima na faktoru vrijeme ( $p=0.985$ ).



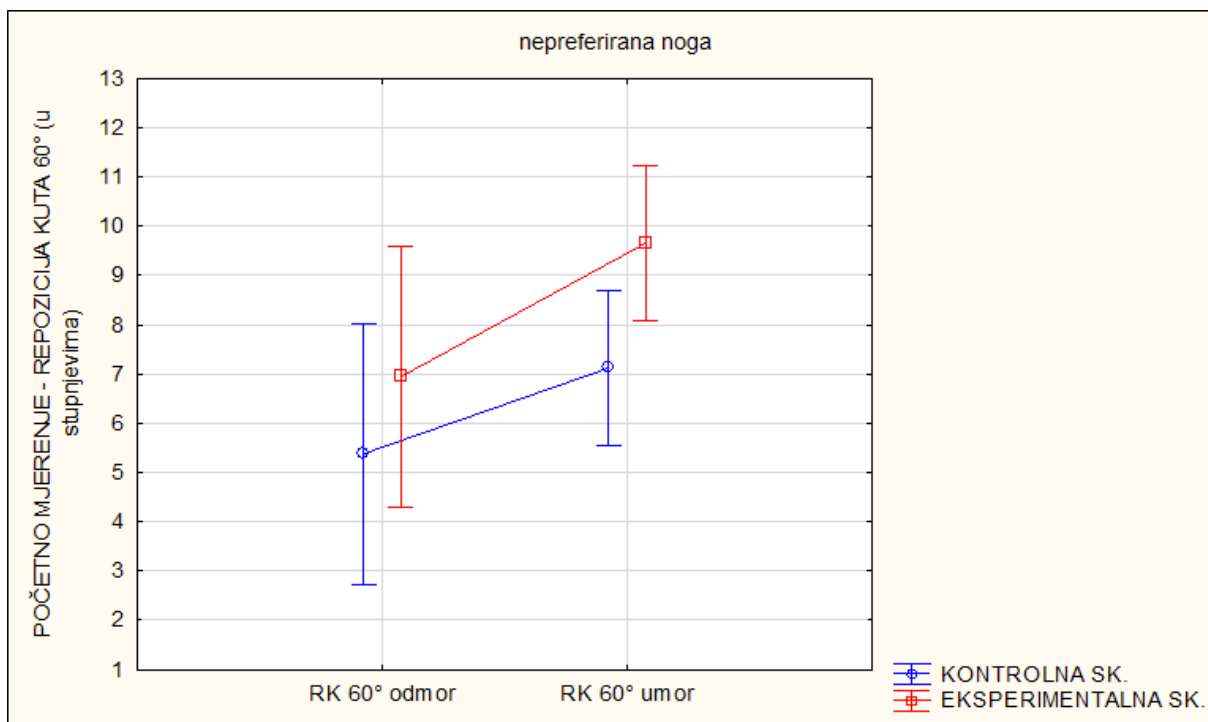
**Graf 37:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjeranju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 15° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjeranjima na faktoru vrijeme ( $p=0.732$ ).



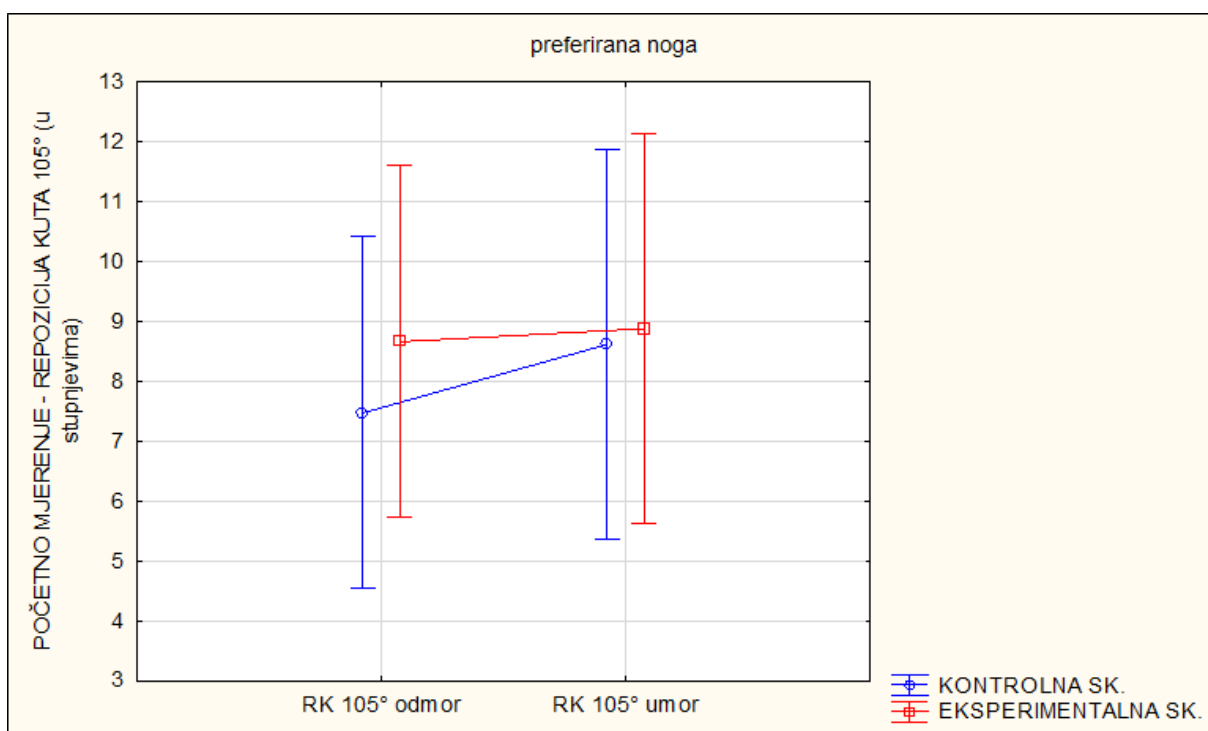
**Graf 38:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 15° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.955$ ).



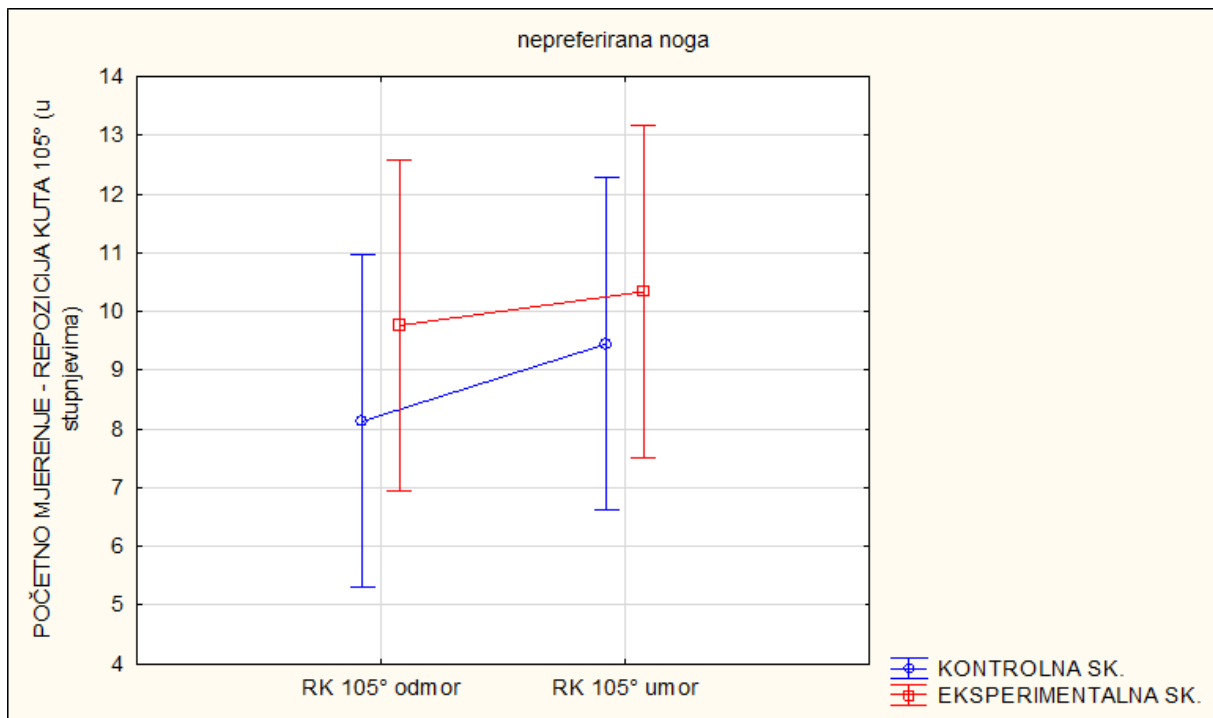
**Graf 39:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 60° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.966$ ).



**Graf 40:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 60° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.501$ ).

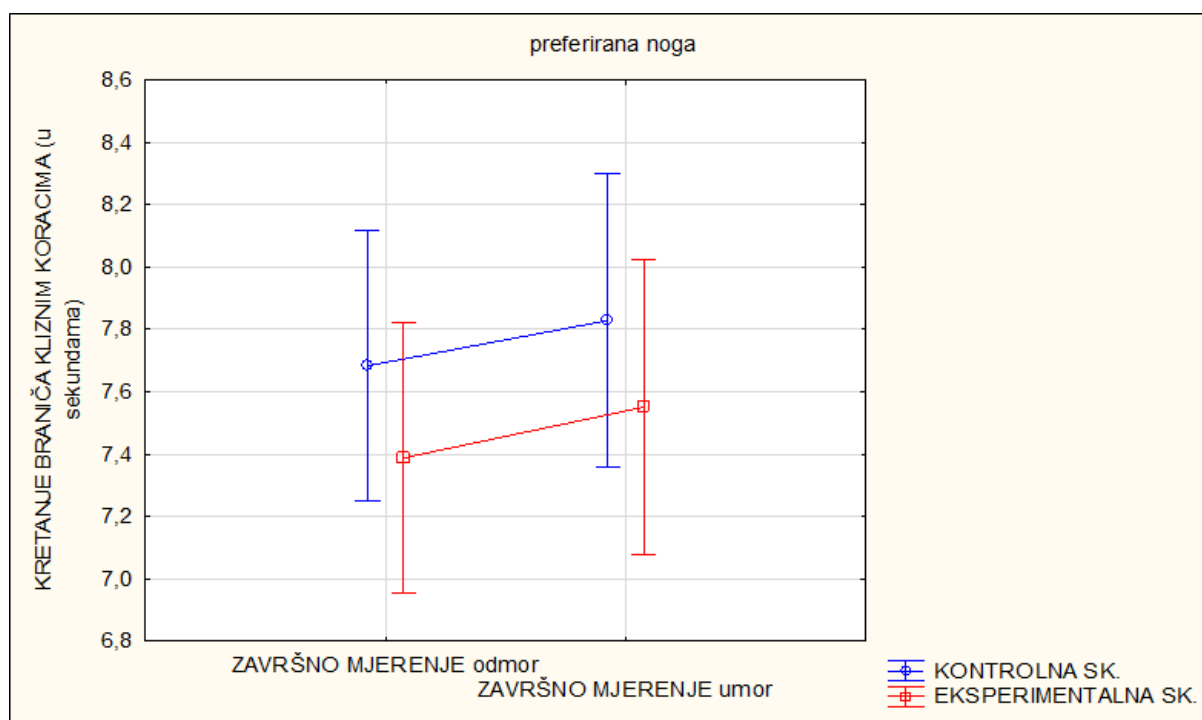


**Graf 41:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 105° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.512$ ).

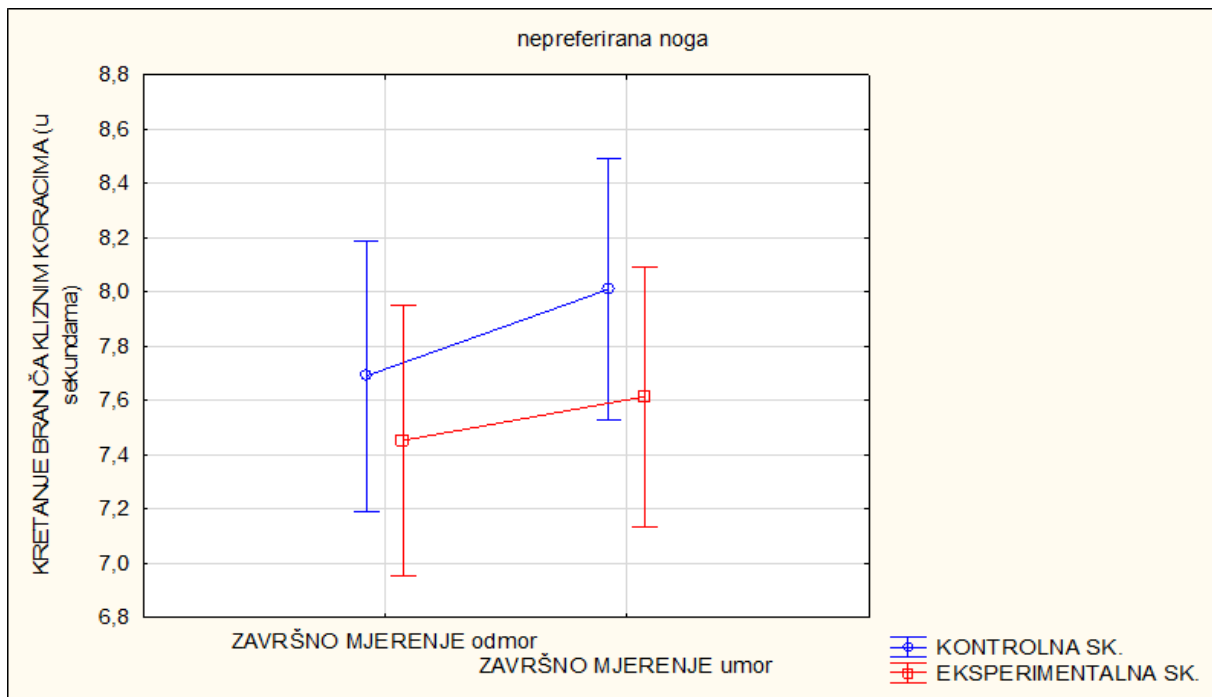


**Graf 42:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 105° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.642$ ).

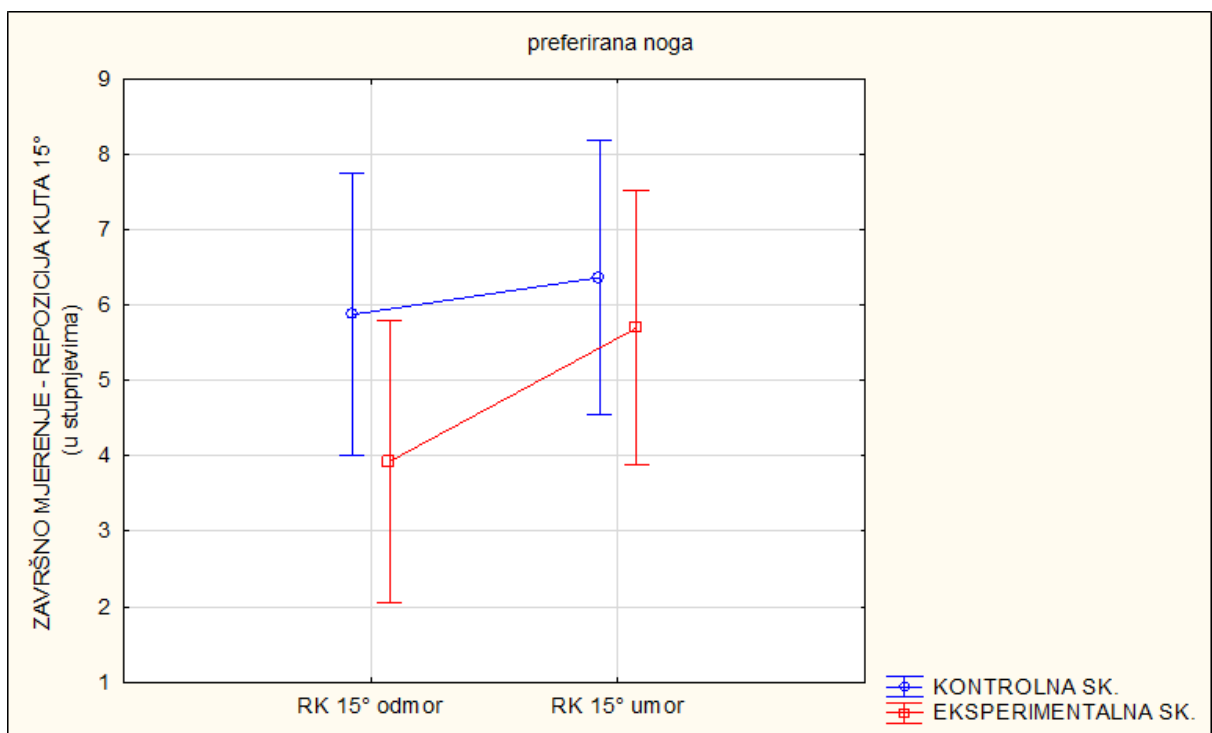
Grafički prikaz razlika u promjenama između skupina nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju, za one varijable (kretanje braniča kliznim koracima, repozicija kuta) u kojima primjenom dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme nije pronađena statistički značajna razlika (Graf 43-48).



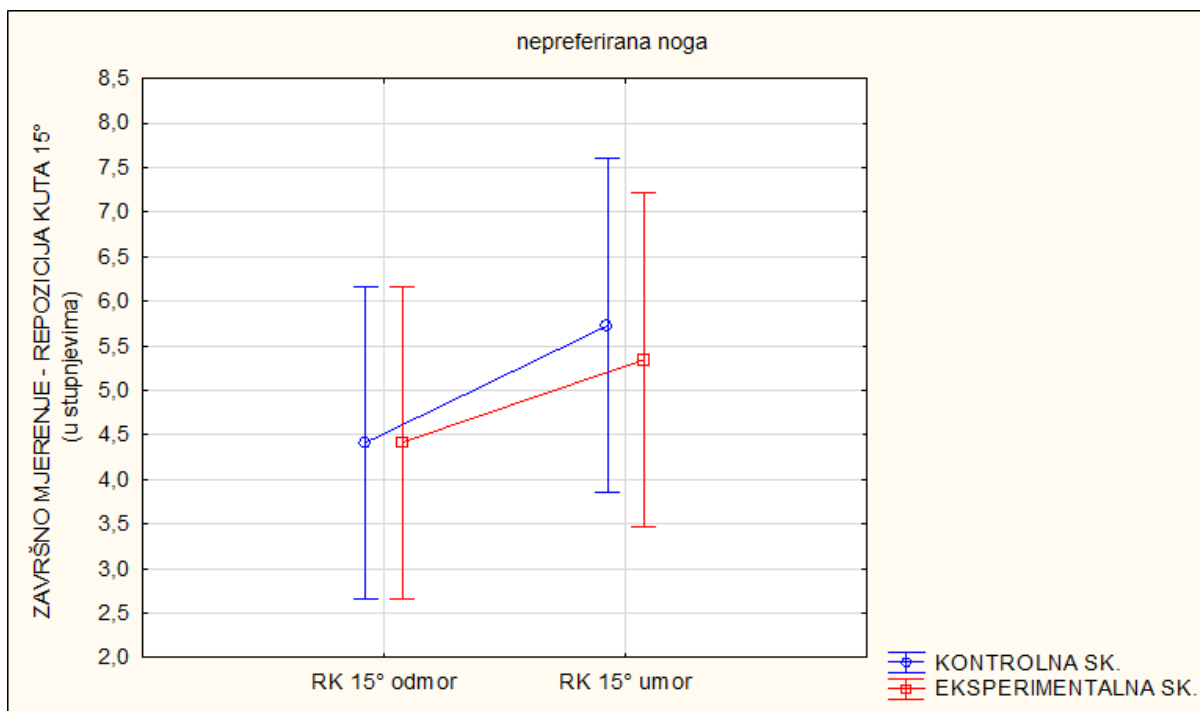
**Graf 43:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli kretanje braniča kliznim koracima (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.915$ ).



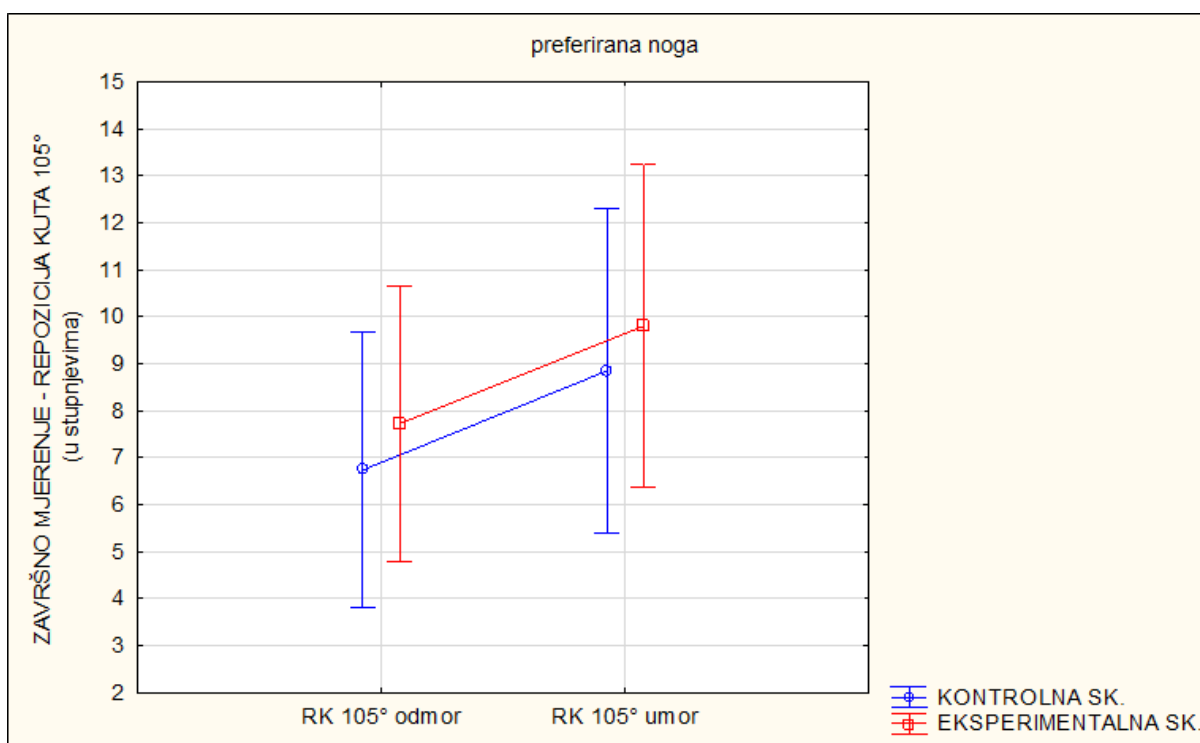
**Graf 44:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerjenju u varijabli kretanje braniča kliznim koracima (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.496$ ).



**Graf 45:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerjenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 15° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.439$ ).

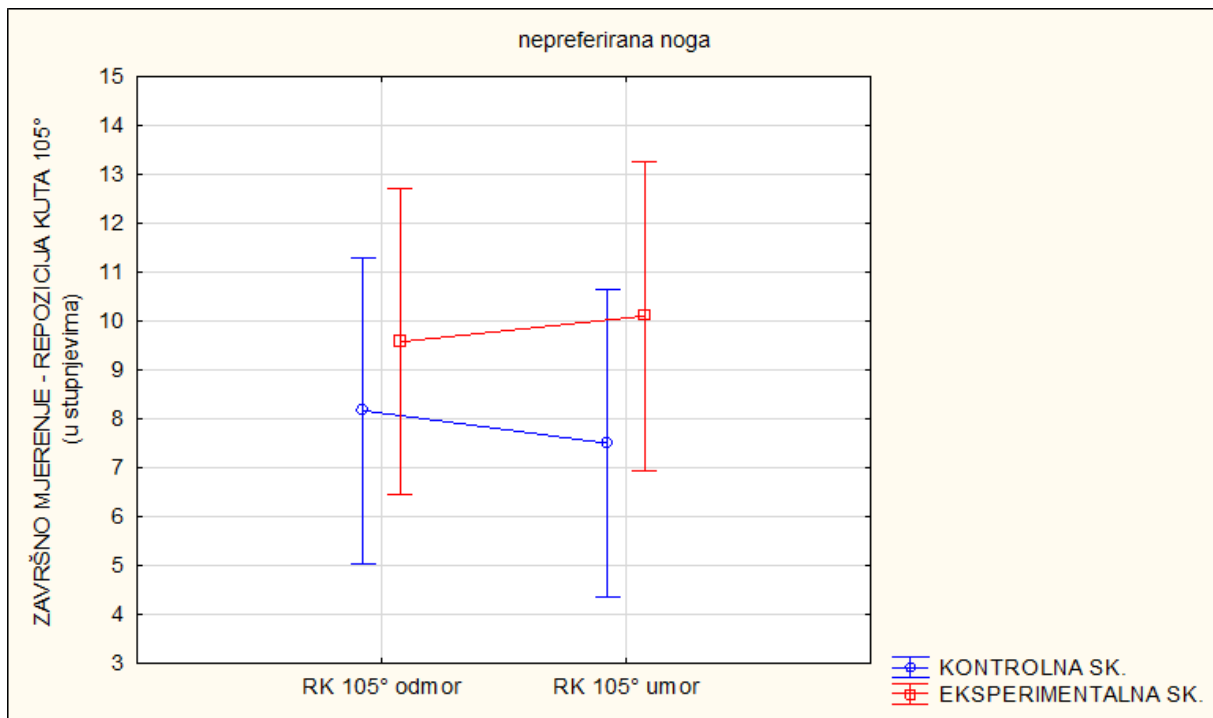


**Graf 46:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 15° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.669$ ).



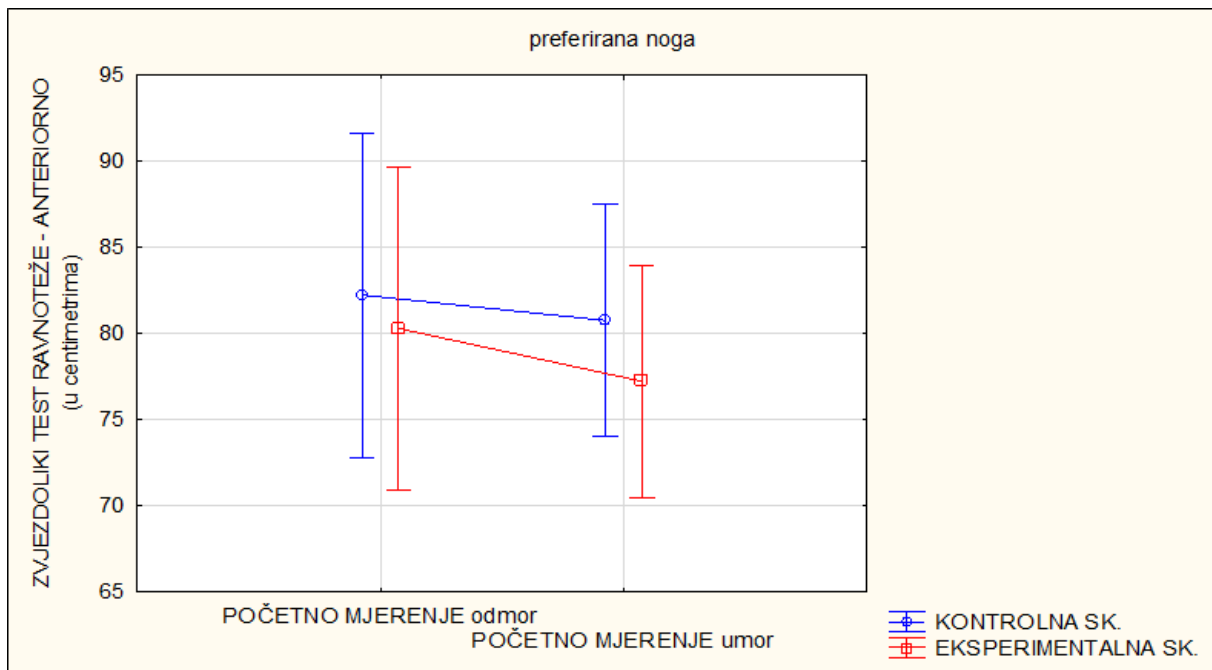
**Graf 47:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 105° (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.989$ ).



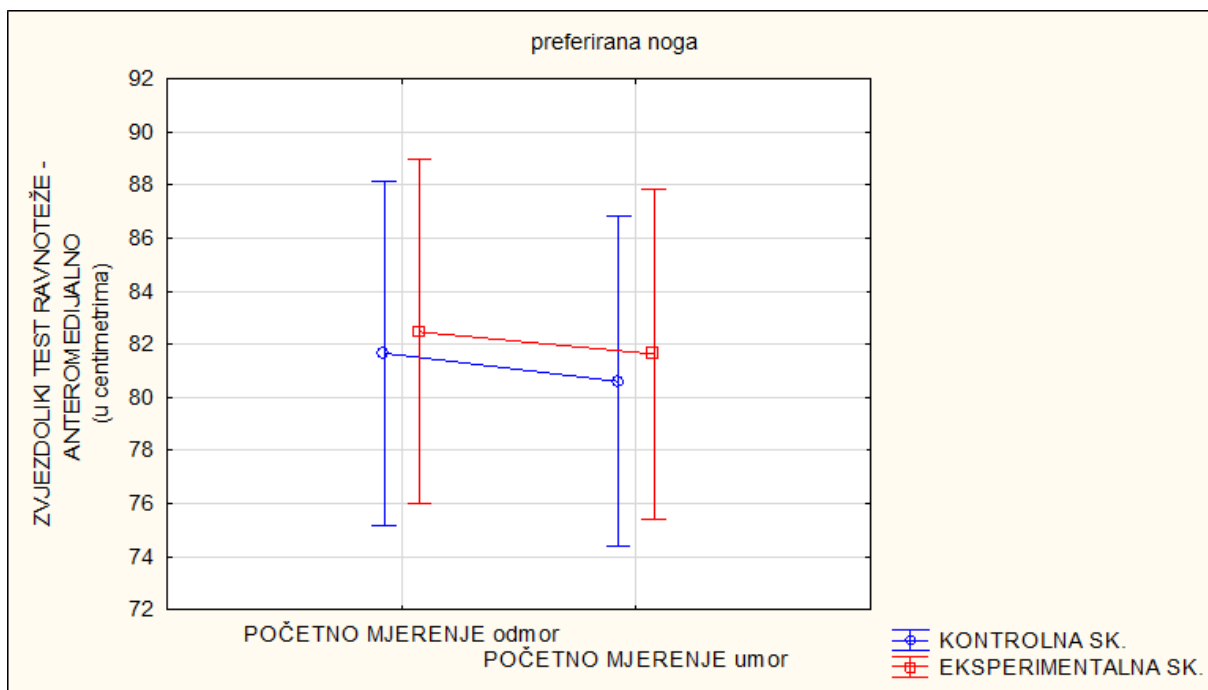


**Graf 48:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli precizna reprodukcija kuta (RK) 105° (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.597$ ).

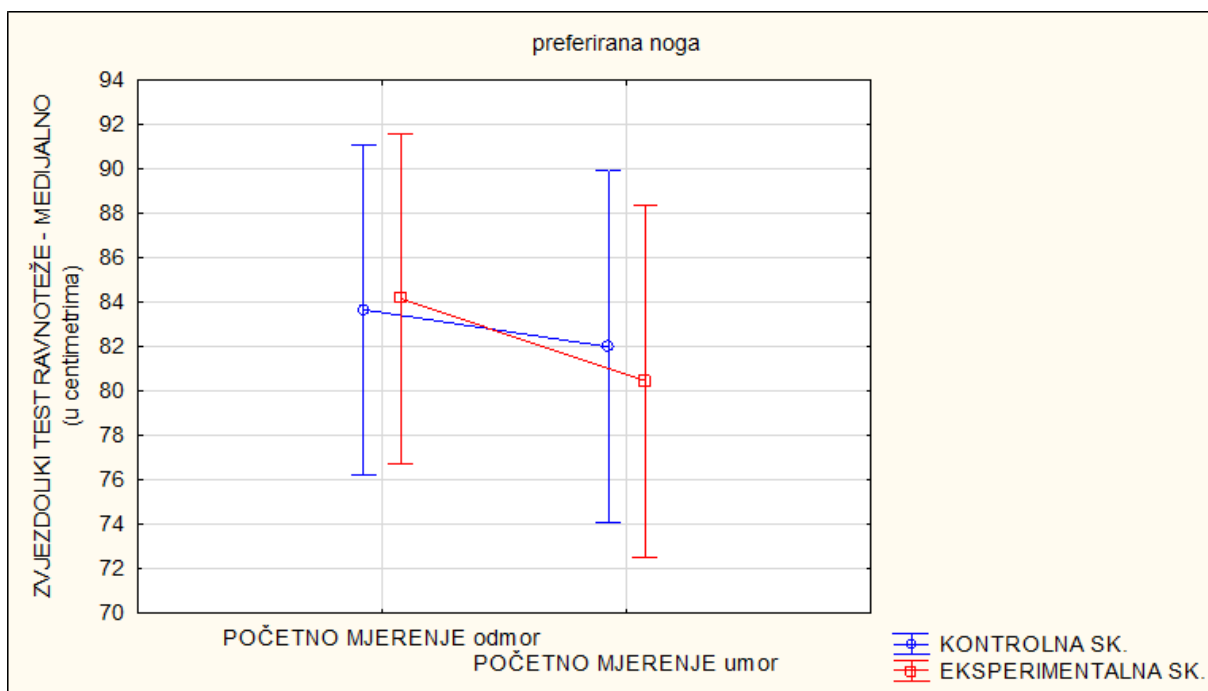
Grafički prikaz razlika u promjenama između skupina nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju, za one varijable (zvjezdoliki test ravnoteže) u kojima primjenom dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme nije pronađena statistički značajna razlika (Graf 49-66).



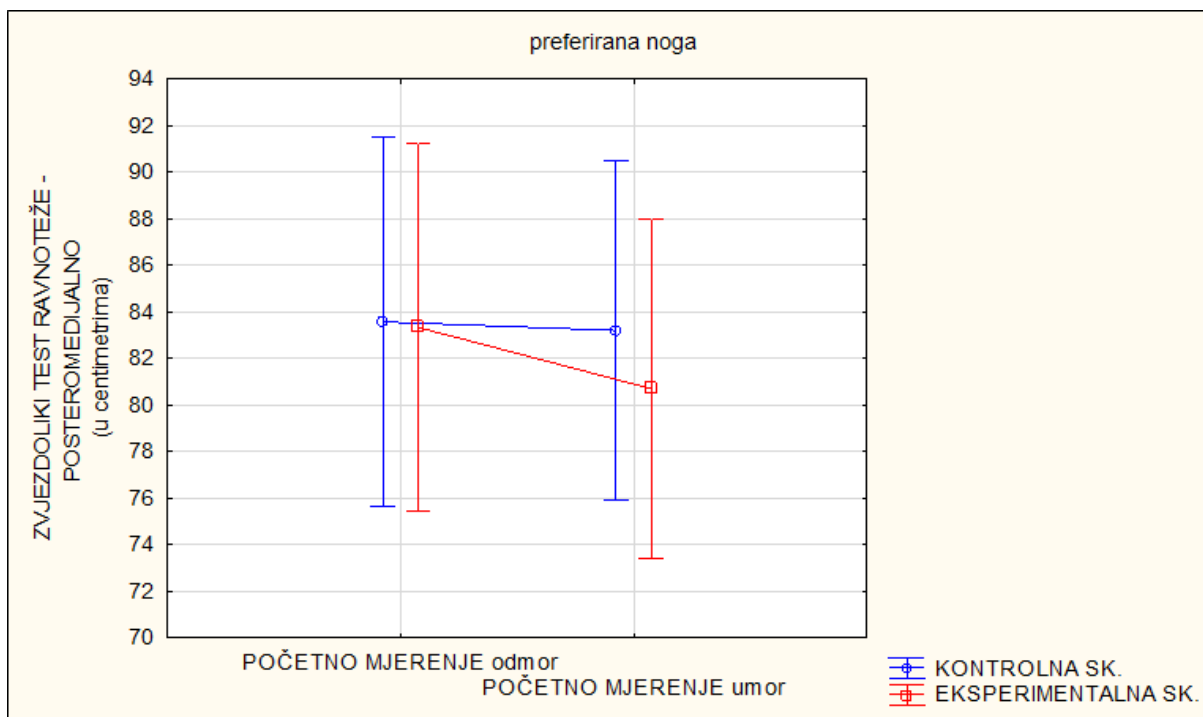
**Graf 49:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvjezdoliki test ravnoteže - anteriorno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.566$ ).



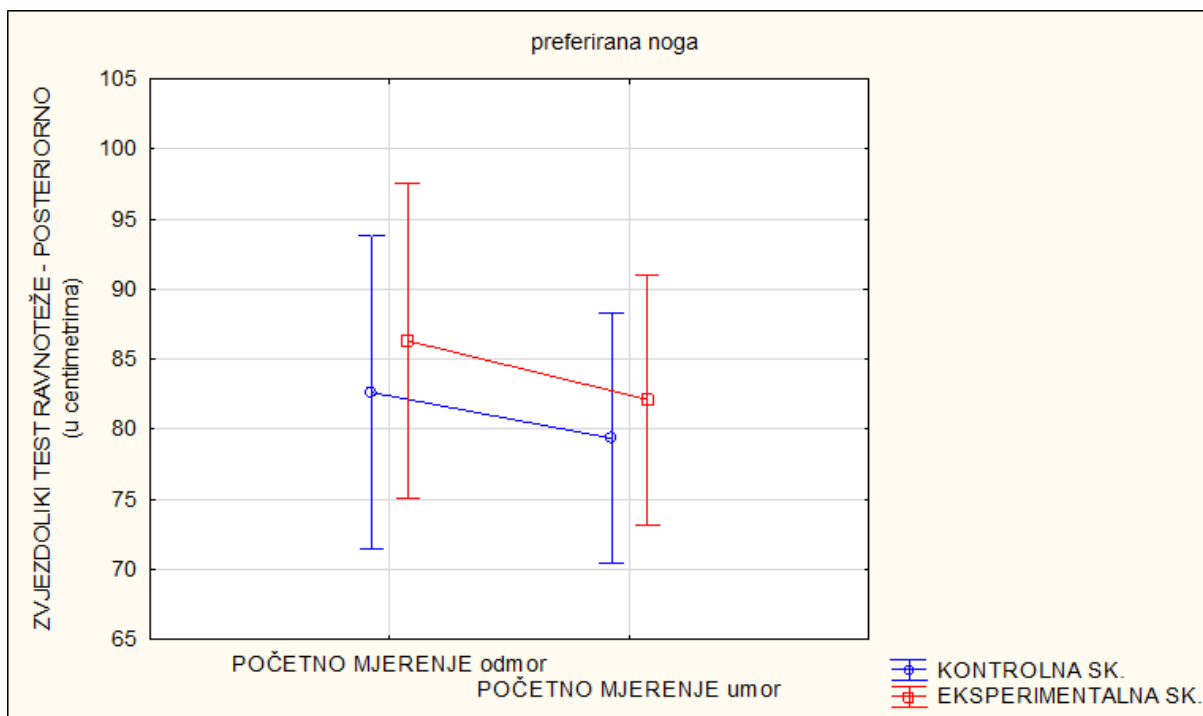
**Graf 50:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anteromedijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.906$ ).



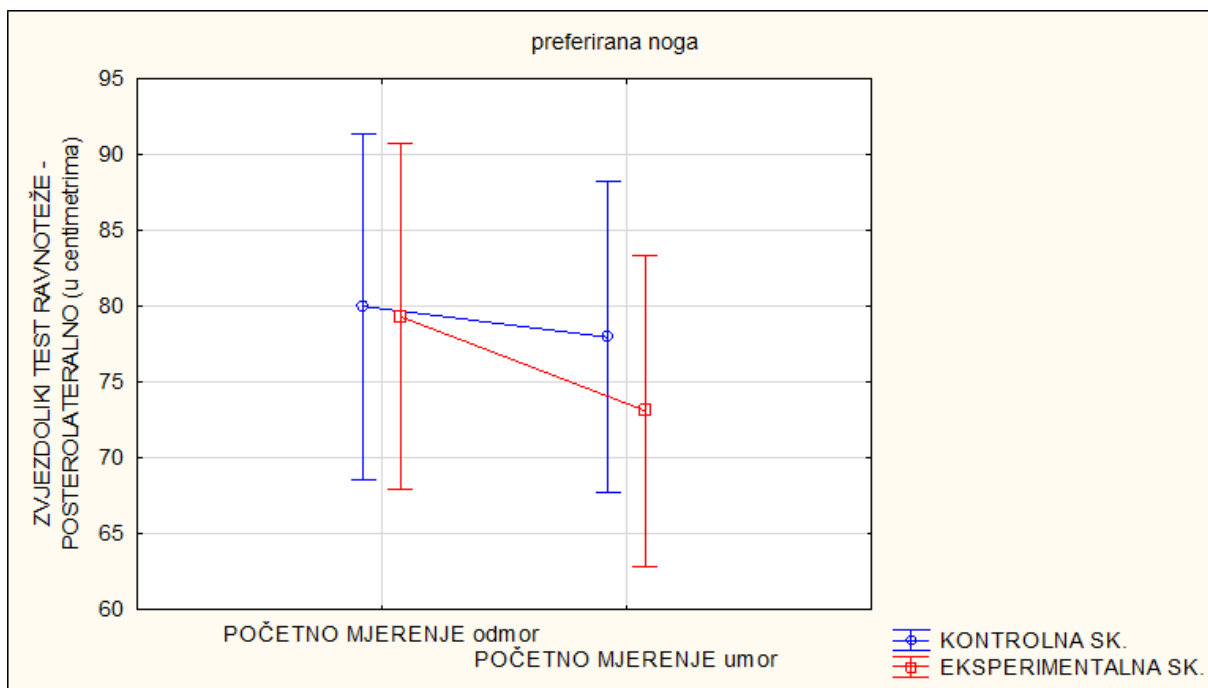
**Graf 51:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - medijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.445$ ).



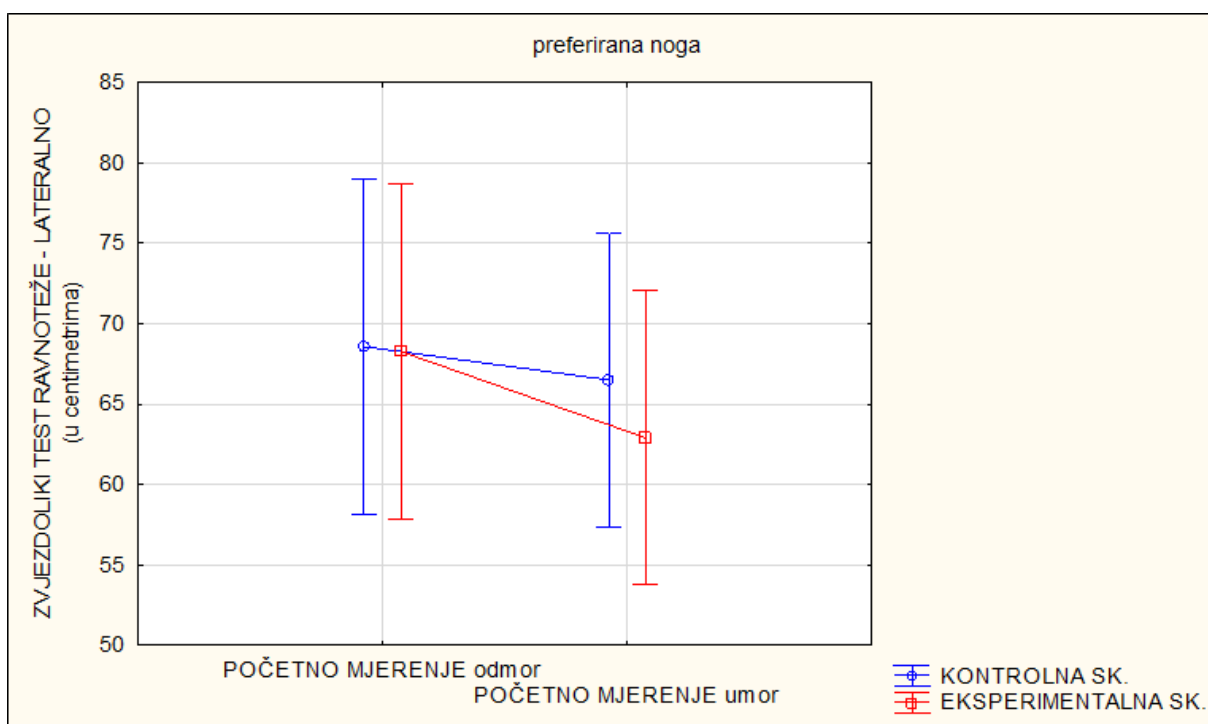
**Graf 52:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posteromedijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.085$ ).



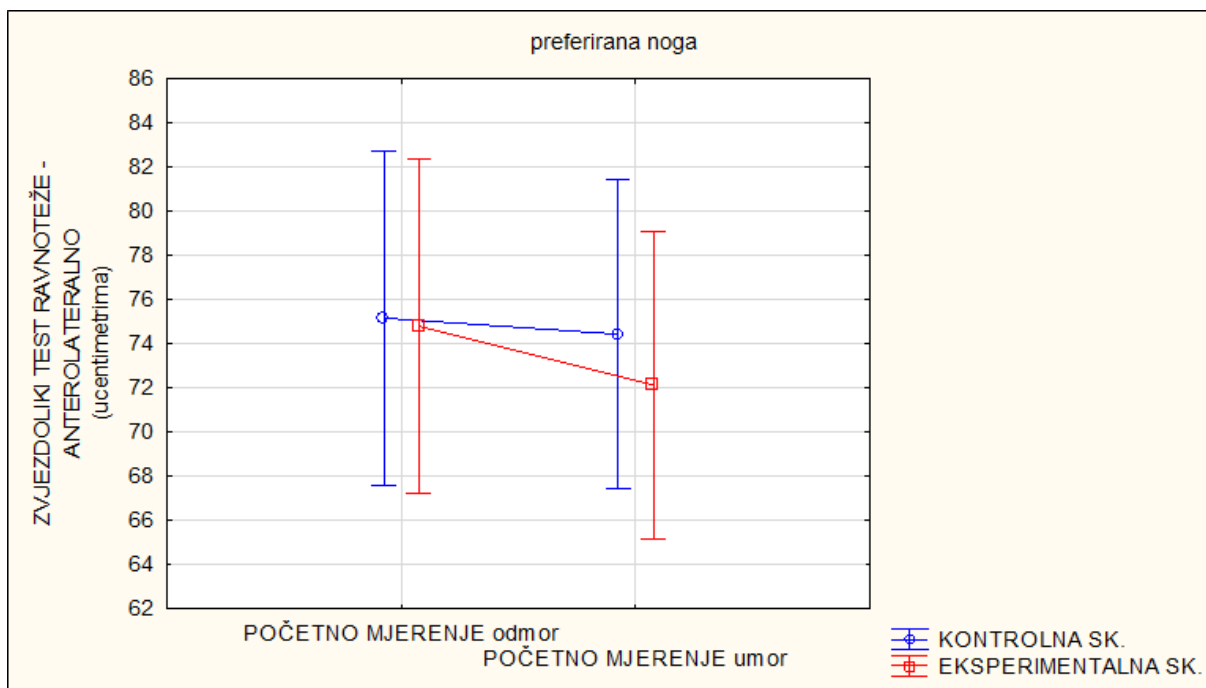
**Graf 53:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posteriorno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.718$ ).



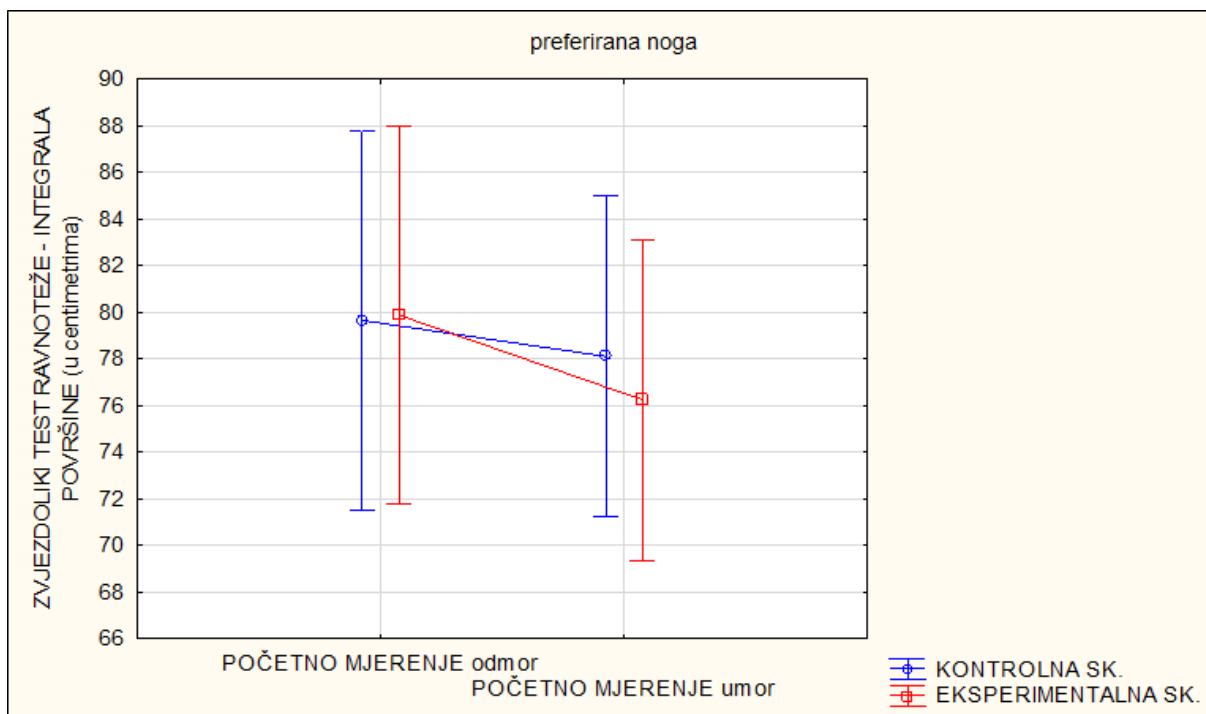
**Graf 54:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posterolateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.152$ ).



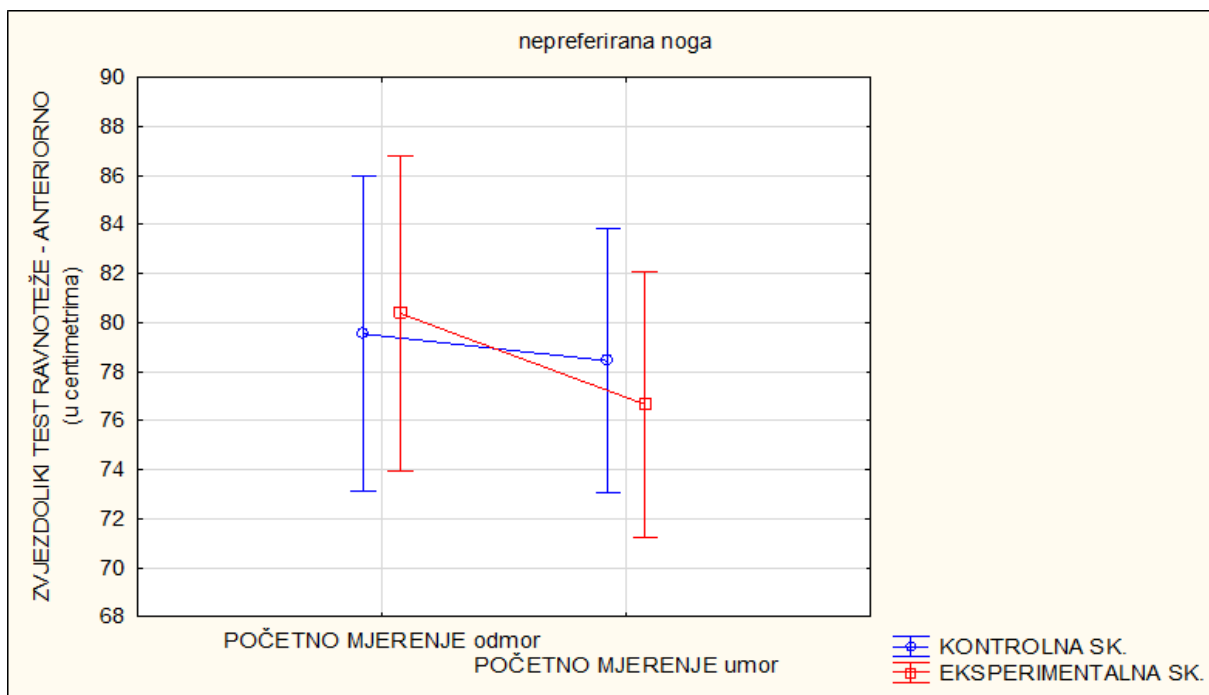
**Graf 55:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - lateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.053$ ).



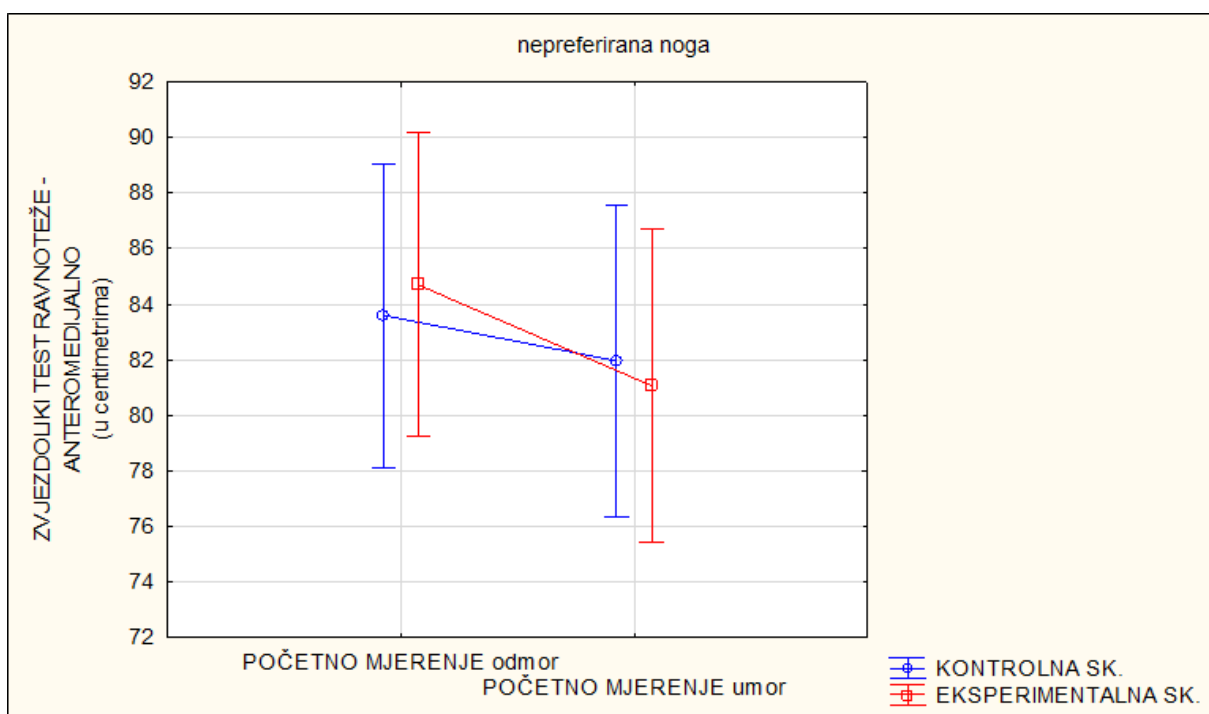
**Graf 56:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anterolateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.208$ ).



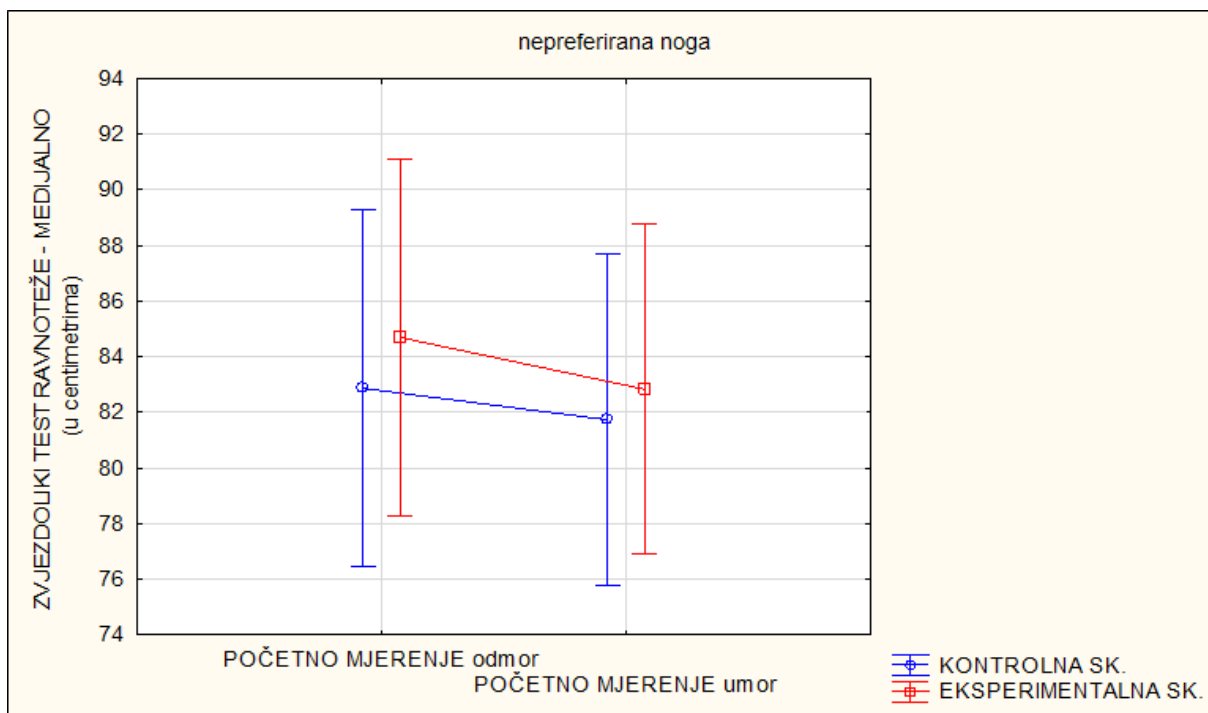
**Graf 57:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – integrala površine (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.128$ ).



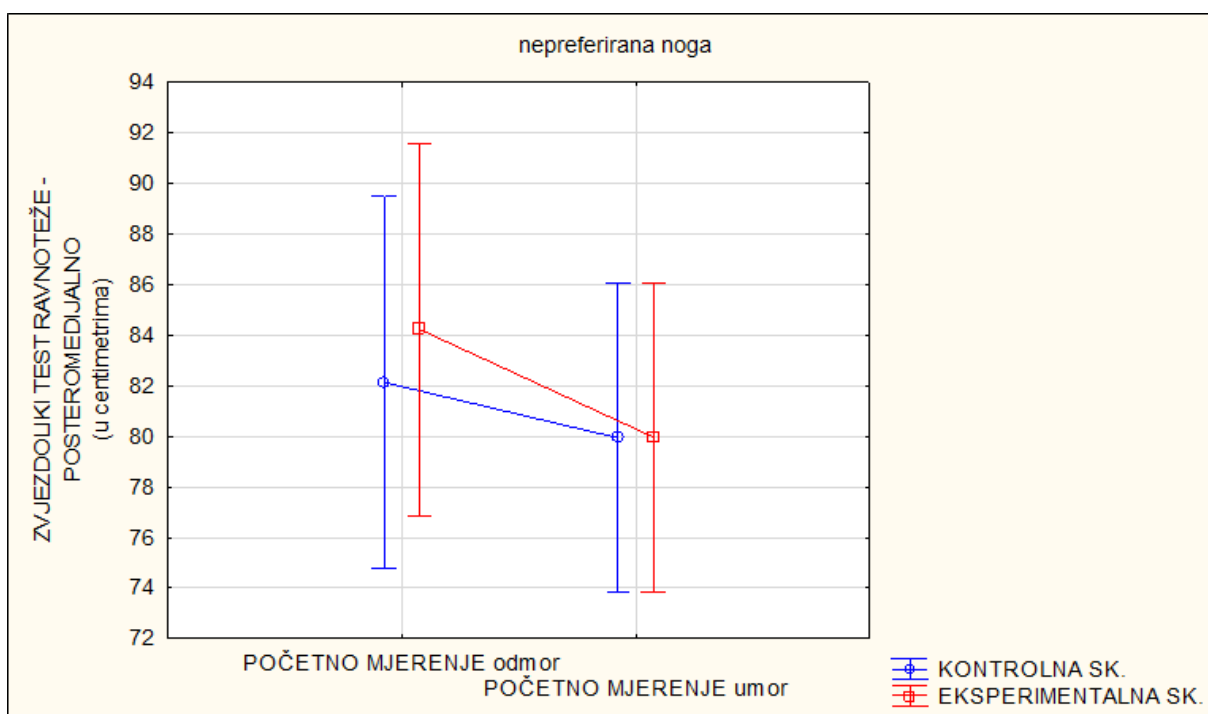
**Graf 58:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anteriorno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.362$ ).



**Graf 59:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anteromedijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.247$ ).

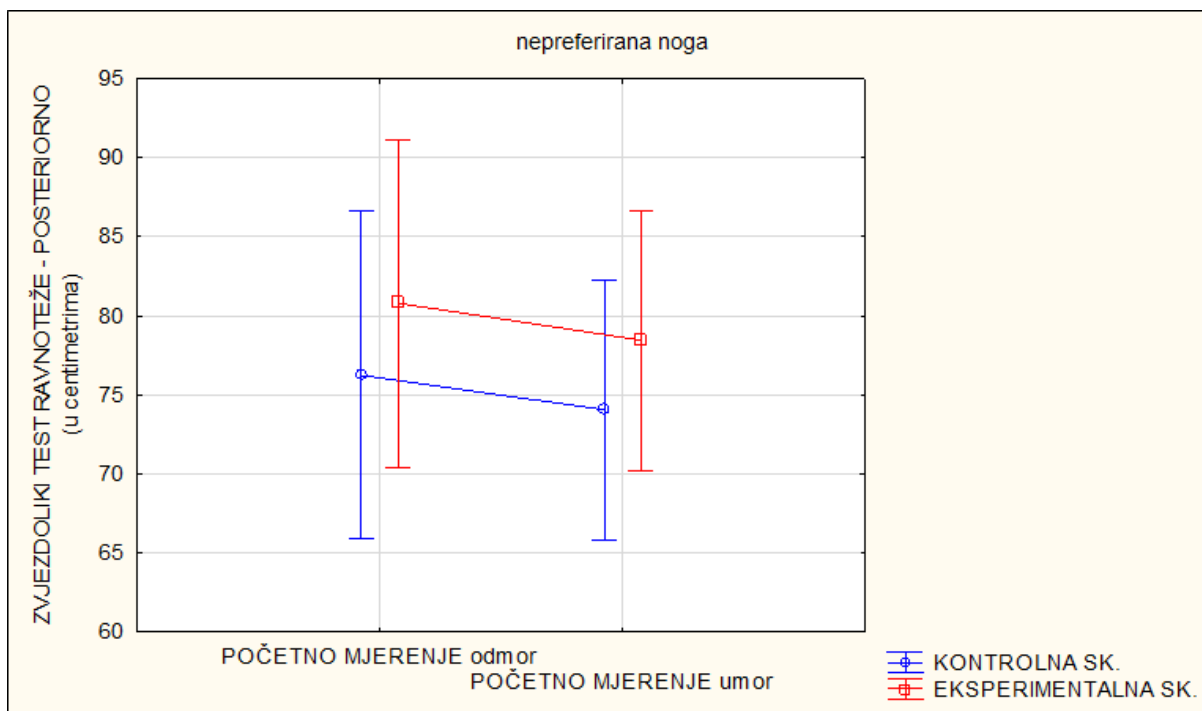


**Graf 60:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - medijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.764$ ).

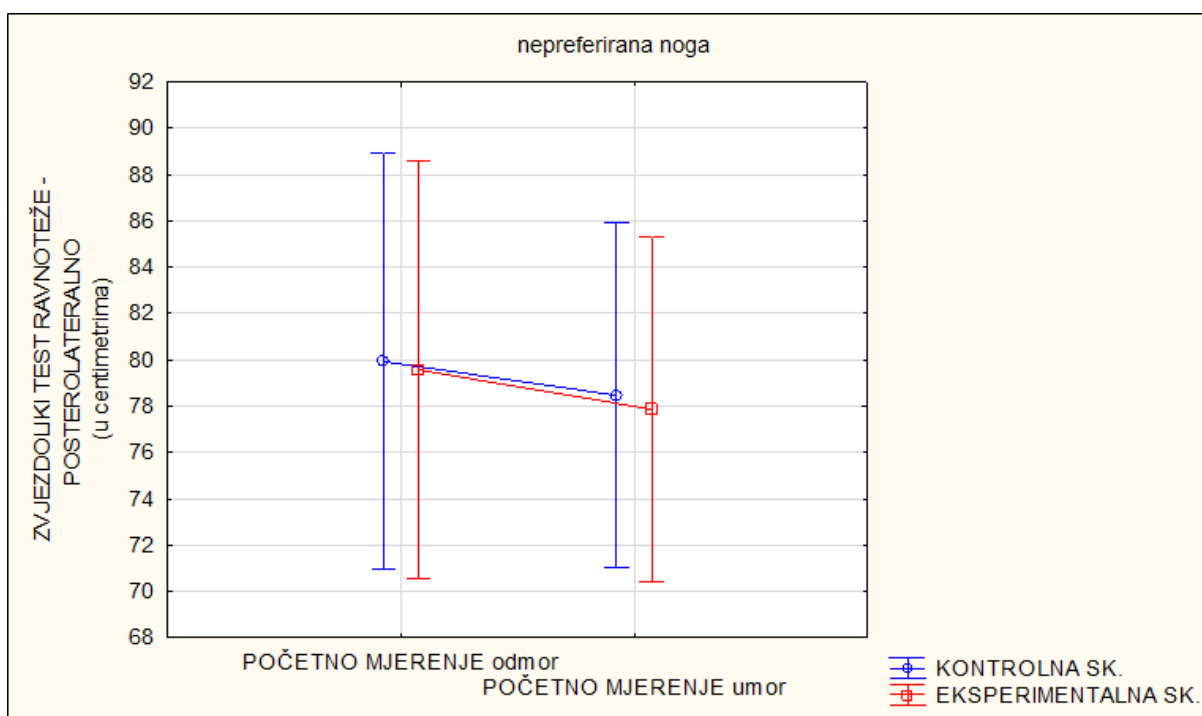


**Graf 61:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posteromedijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.297$ ).

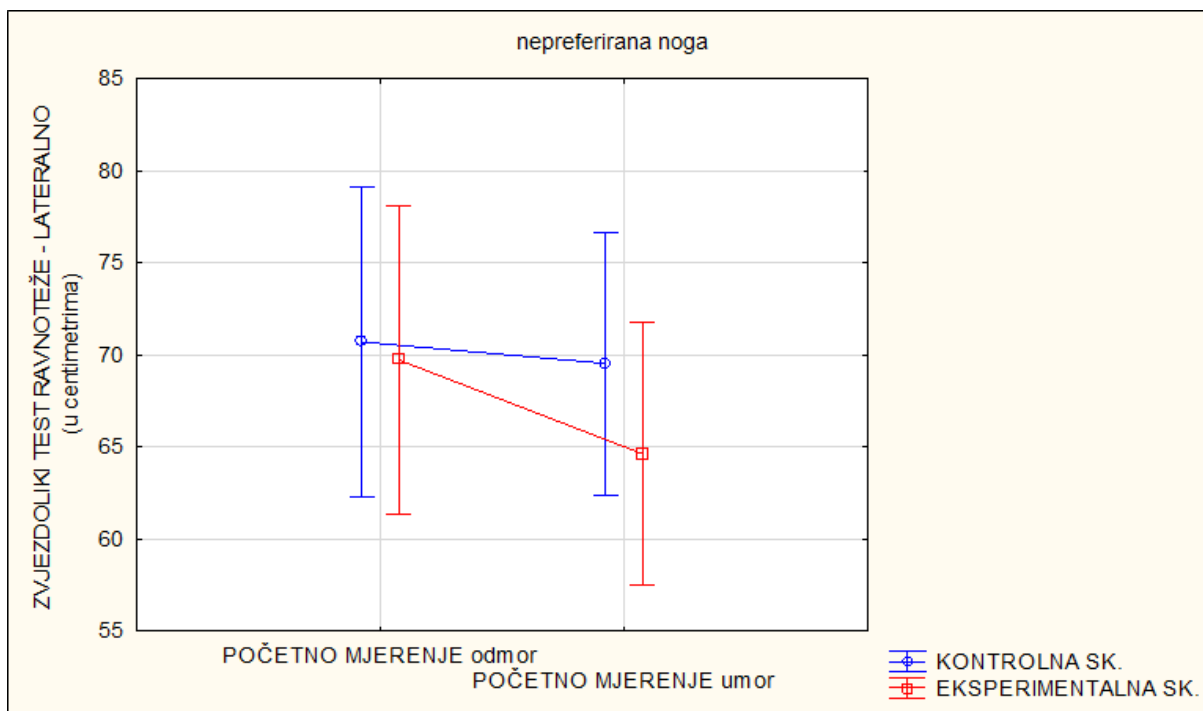




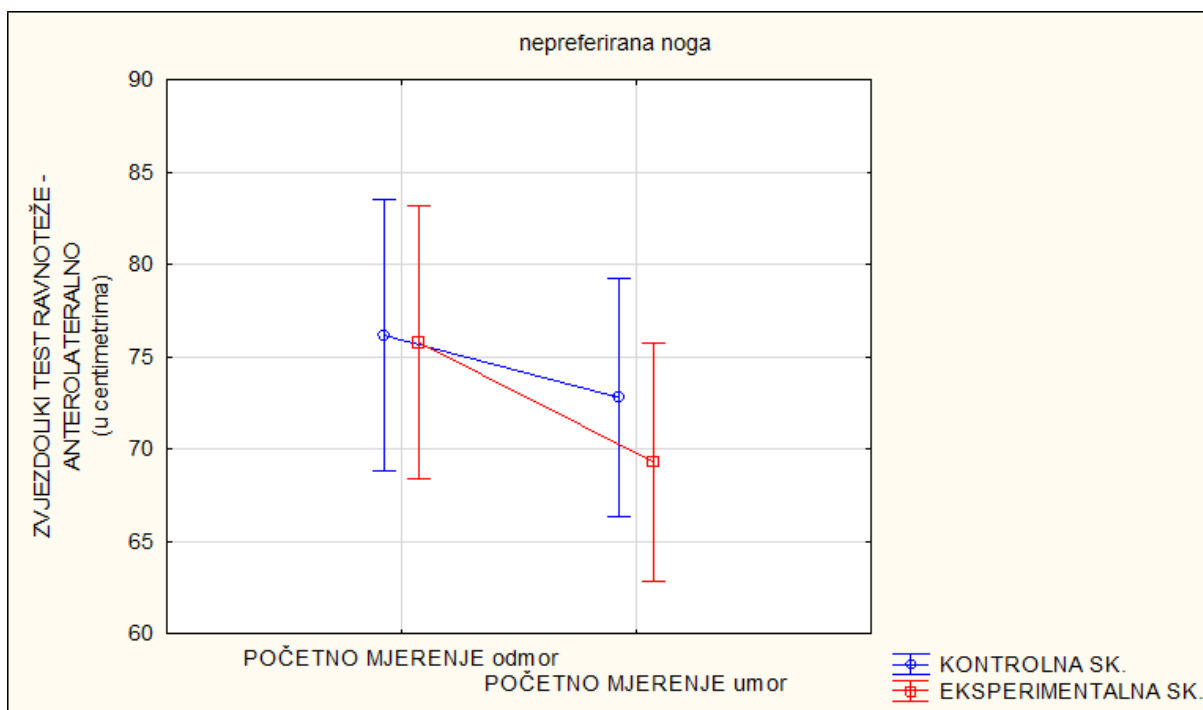
**Graf 62:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posteriorno (npreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.963$ ).



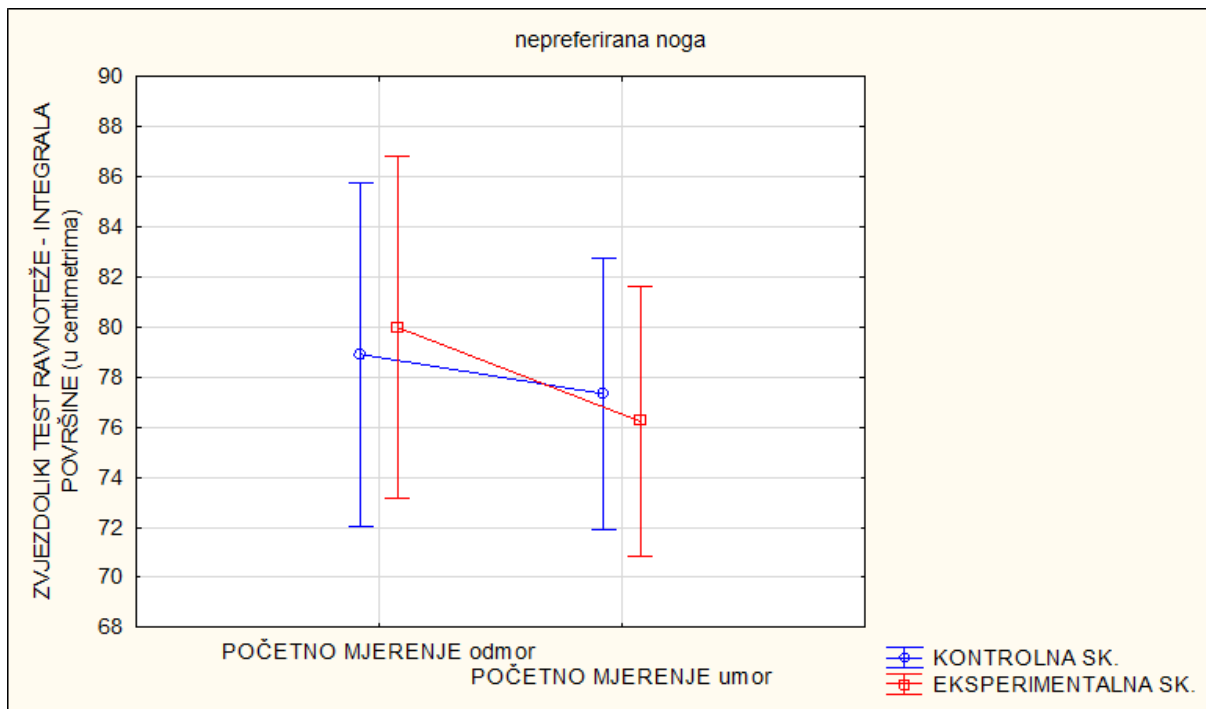
**Graf 63:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posterolateralno (npreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.911$ ).



**Graf 64:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - lateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.099$ ).

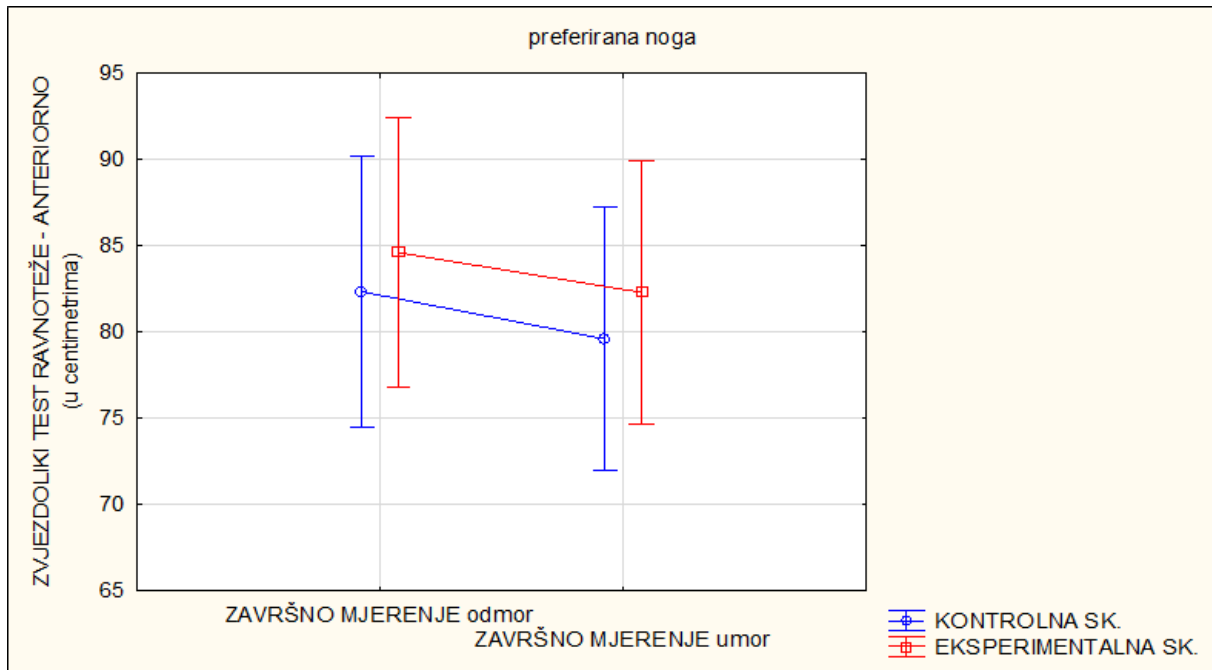


**Graf 65:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anterolateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.084$ ).

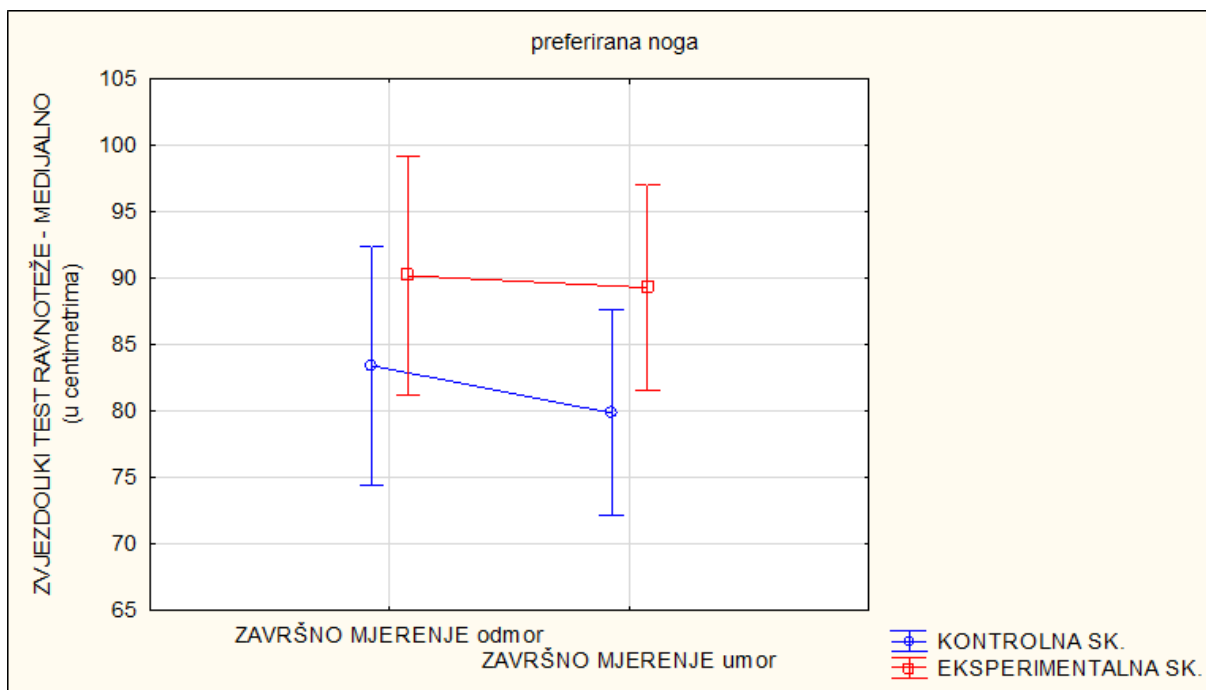


**Graf 66:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u početnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže – integrala površine (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.128$ ).

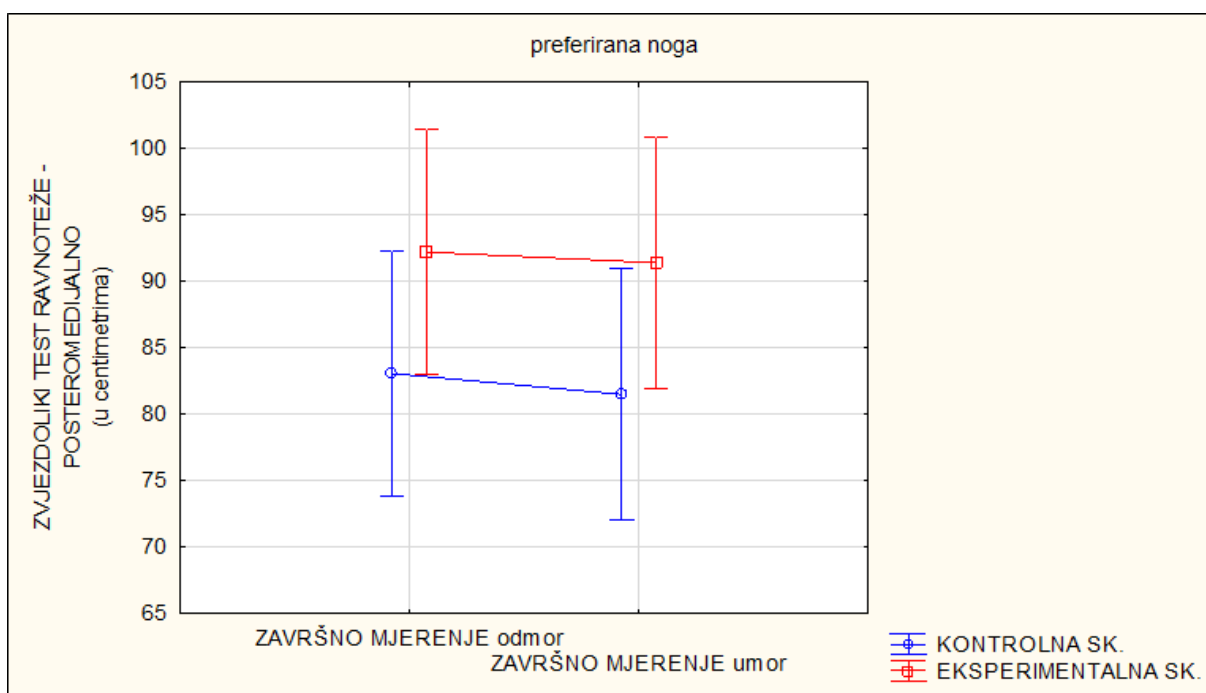
Grafički prikaz razlika u promjenama između skupina nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju, za one varijable (zvjezdoliki test ravnoteže) u kojima primjenom dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme nije pronađena statistički značajna razlika (Graf 67-78).



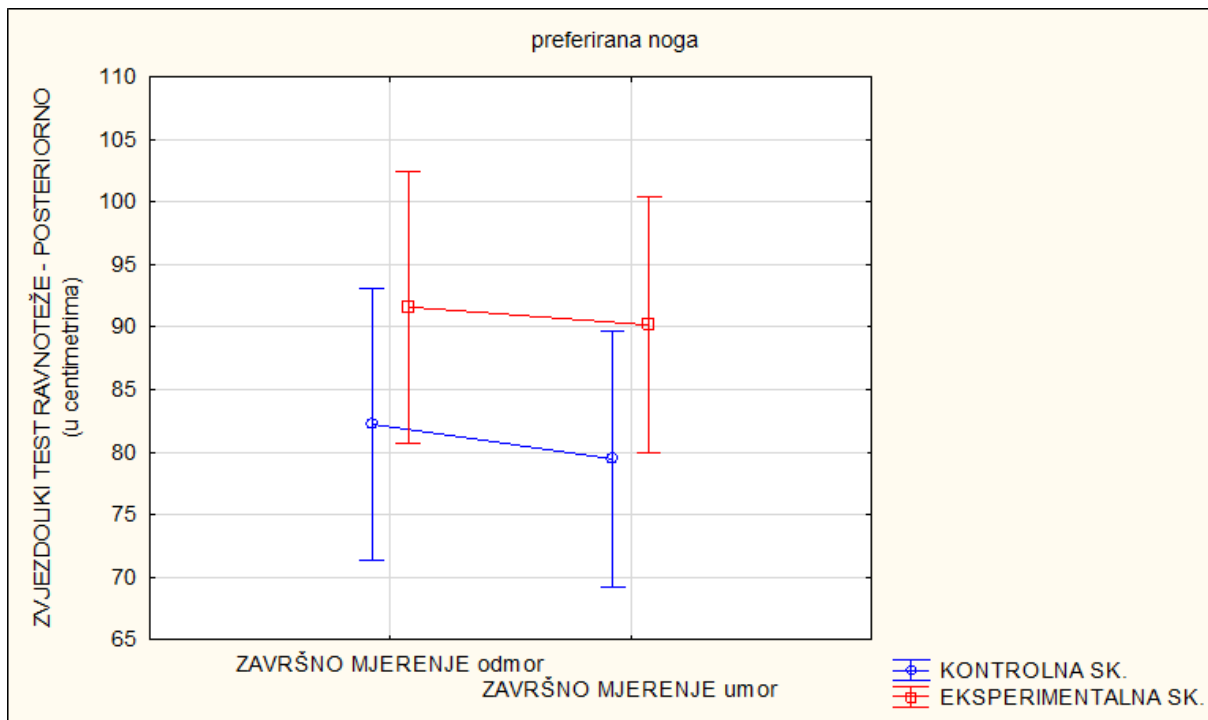
**Graf 67:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvjezdoliki test ravnoteže - anteriorno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.788$ ).



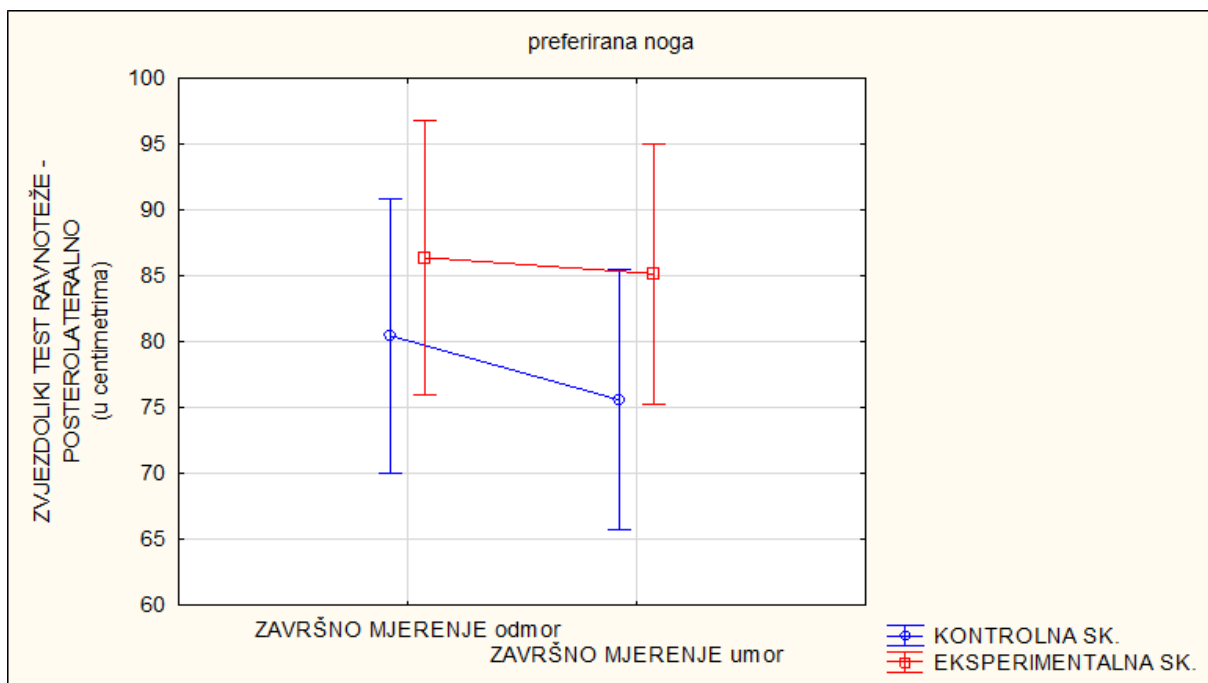
**Graf 68:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvjezdoliki test ravnoteže - medijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.380$ ).



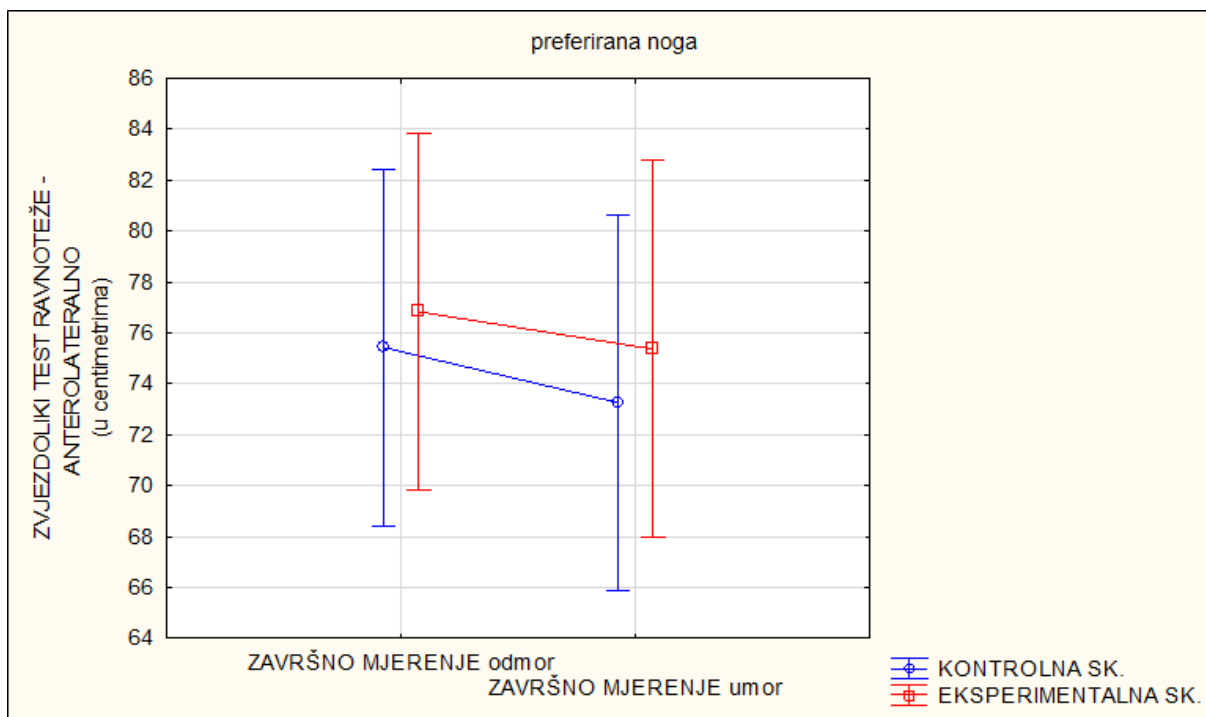
**Graf 69:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvjezdoliki test ravnoteže - posteromedijalno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.739$ ).



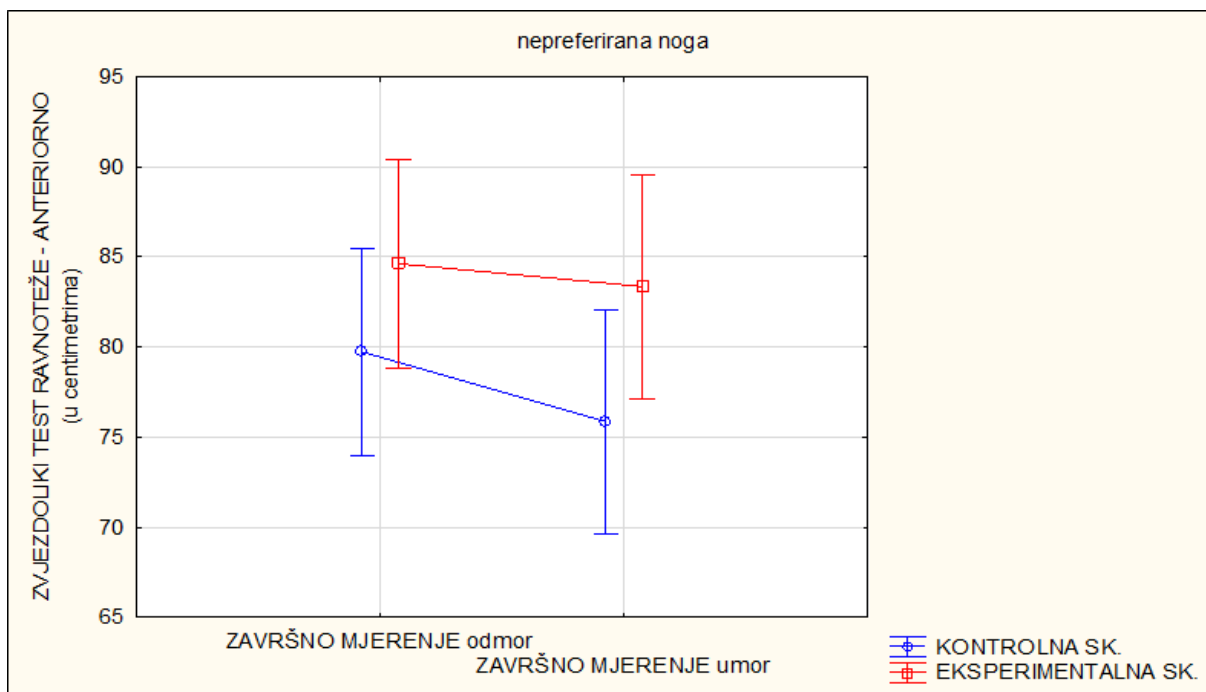
**Graf 70:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posteriorno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.472$ ).



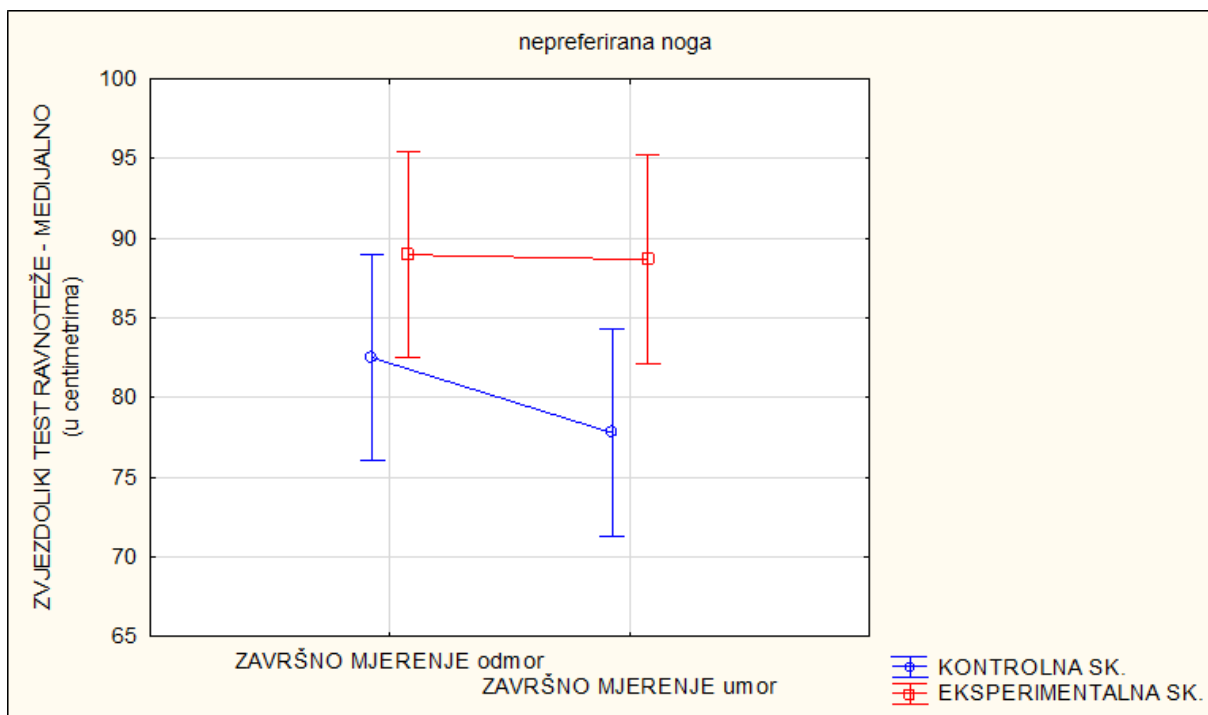
**Graf 71:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posterolateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.134$ ).



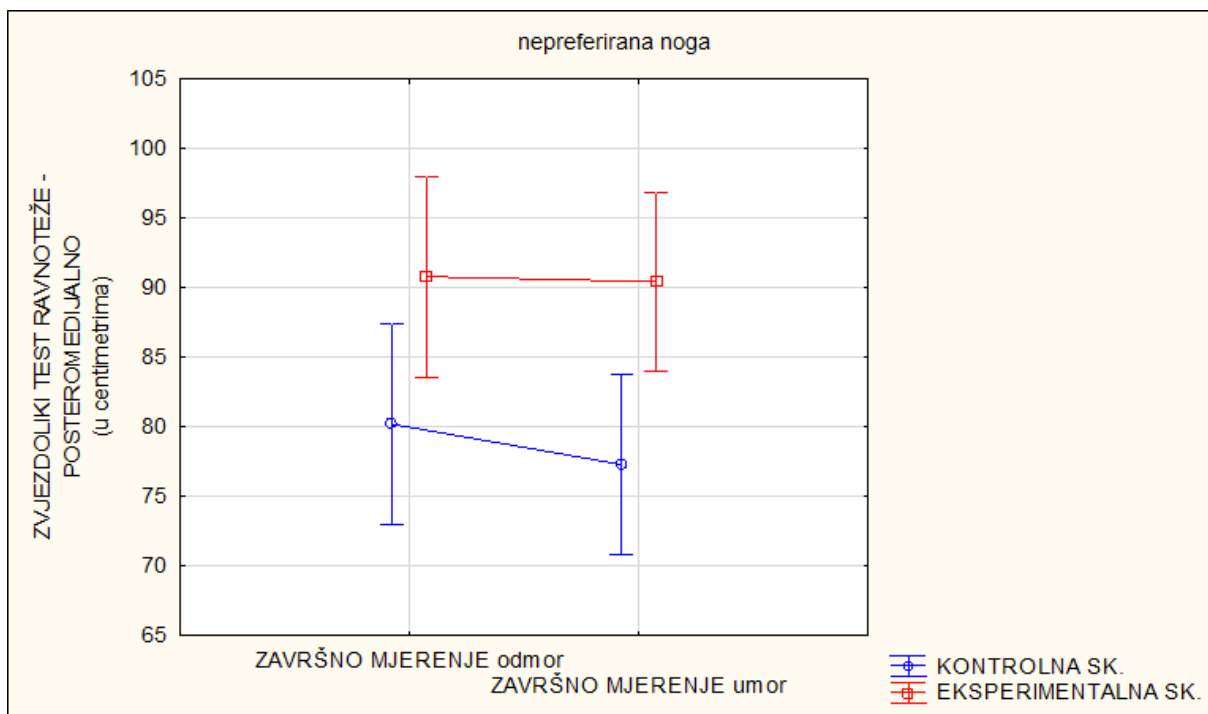
**Graf 72:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anterolateralno (preferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.660$ ).



**Graf 73:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anteriorno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.356$ ).

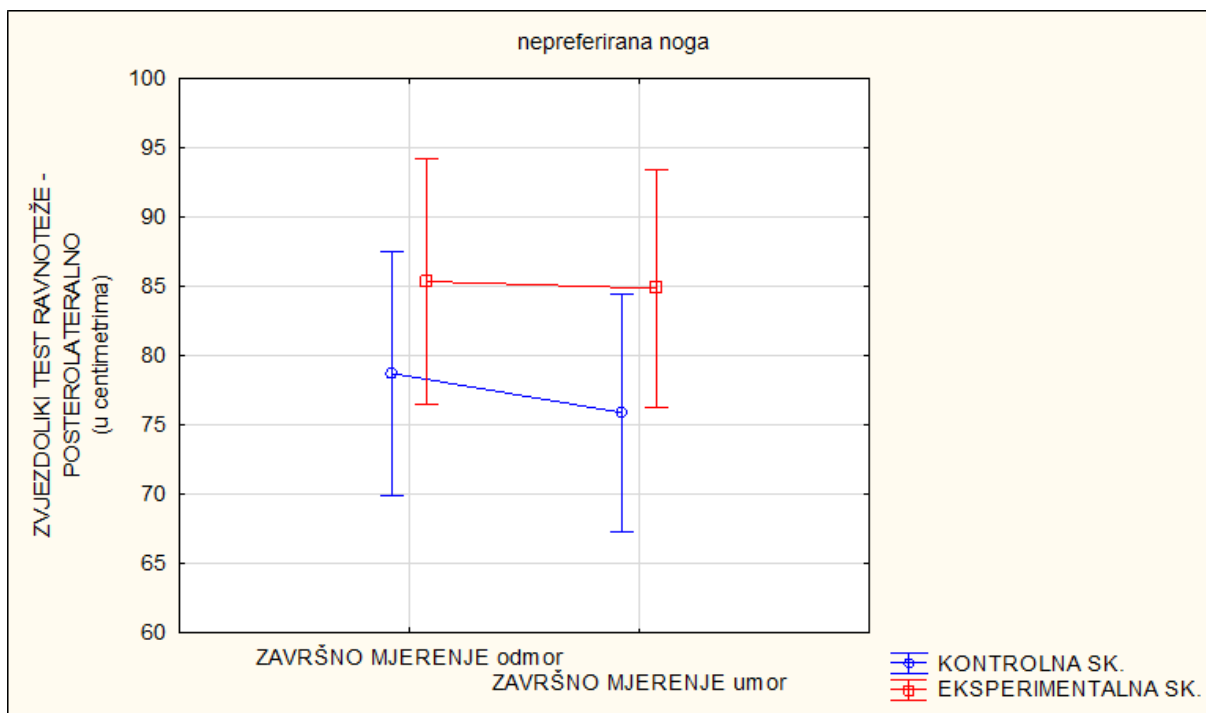


**Graf 74:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - medijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.069$ ).

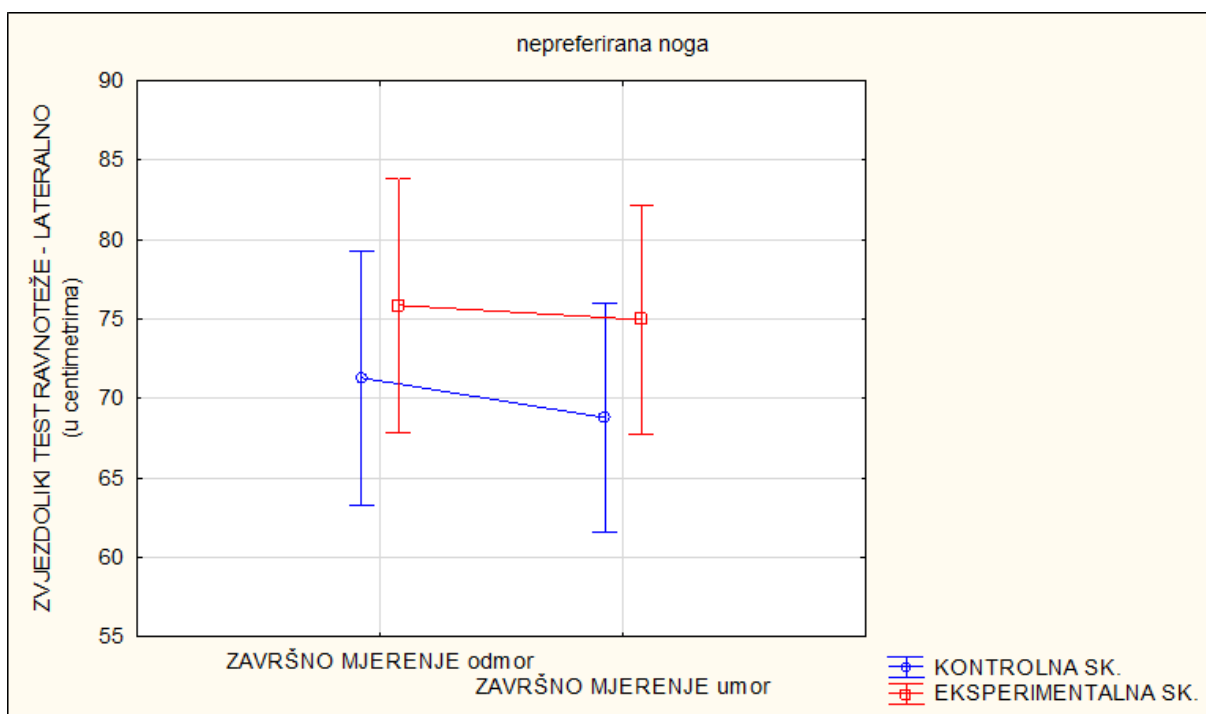


**Graf 75:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posteromedijalno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.136$ ).

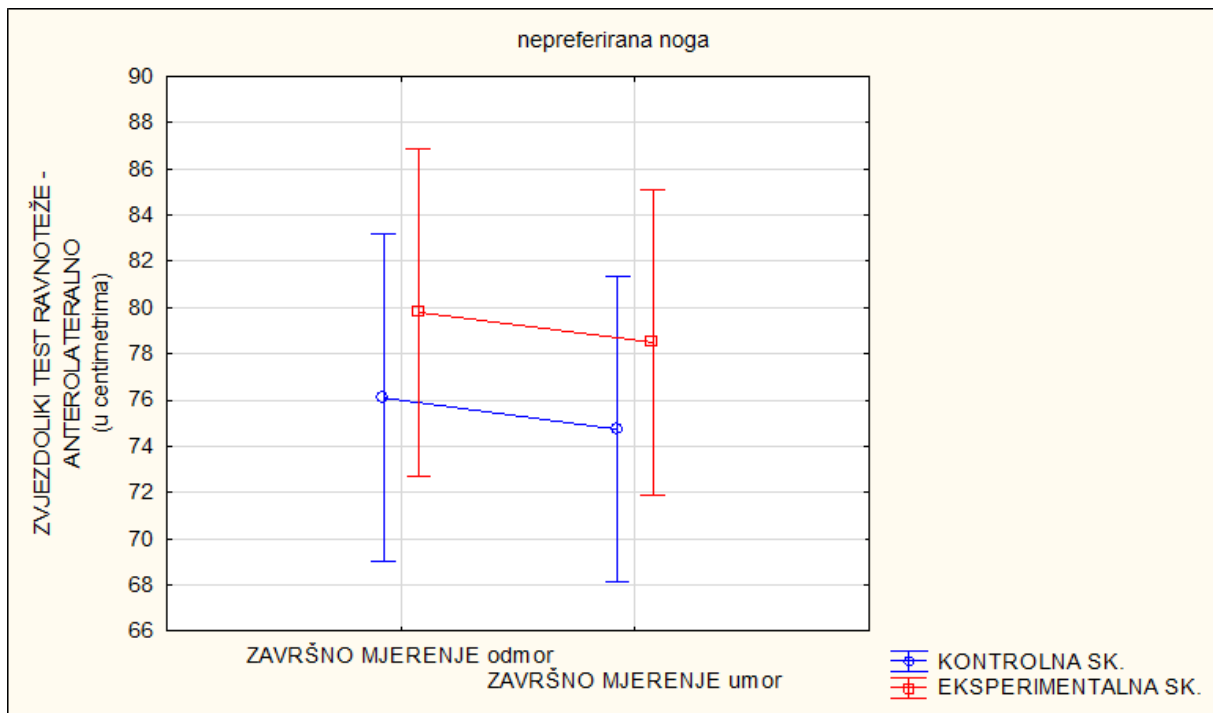




**Graf 76:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - posterolateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.318$ ).



**Graf 77:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - lateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.497$ ).



**Graf 78:** Razlika u promjenama između skupina (SK) nakon provedenog protokola umaranja u završnom mjerenju u varijabli Zvezdoliki test ravnoteže - anterolateralno (nepreferirana noga), utvrđena dvofaktorskom analizom varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na faktoru vrijeme ( $p=0.972$ ).

## 9. ŽIVOTOPIS I POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA

### ŽIVOTOPIS

Goran Bobić, prof. fiz. kult., pred., rođen je 18.12.1979. godine u Zagrebu. Po nacionalnosti Hrvat, državljanin Republike Hrvatske. Oženjen, otac dvoje djece.

Na Fakultetu za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 2005. godine, uz stečene stručne kvalifikacije Kineziterapeut i Trener rukometa (2014.). 2021. godine završio je program usavršavanja Europske rukometne federacije i Hrvatskog rukometnog saveza uz stečenu stručnu kvalifikaciju EHF Master Coach.

Od 2006.-2020. godine radio je u Srednjoj školi Ivan Švear iz Ivanić-Grada kao nastavnik tjelesne i zdravstvene kulture. Od 2020. godine radi kao predavač na Visokoj školi Ivanić-Grad, gdje predaje na preddiplomskom i diplomskom stručnom studiju Fizioterapije.

Od upravljačkih funkcija, od 2011.-2012. bio je član upravnog odbora županijskog školskog sportskog saveza Zagrebačke županije, od 2018.-2020. na Visokoj školi Ivanić-Grad savjetnik za studentski sport, od 2020. godine predsjednik Sportske udruge, a od 2022. godine vršitelj dužnosti prodekana za studente i nastavu, Visoke škole Ivanić-Grad.

Od nagrada i priznanja, 2005. godine dobitnik Zlatne medalje za doprinos sveučilišnom sportu od strane Zagrebačke sveučilišne sportske udruge; u školskoj godini 2008./2009. dobitnik priznanja Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatskog kineziološkog saveza za najuspješnijeg kineziologa početnika u Republici Hrvatskoj; 2012. godine dobitnik godišnje nagrade (Povelja Grada) Grada Ivanić-Grada; 2016., 2017. i 2018. godine dobitnik godišnje nagrade za istaknutog učitelja – profesora tjelesne i zdravstvene kulture koji je dao poseban doprinos školskom sportu u Zagrebačkoj županiji.

U okviru znanstvene djelatnosti do sada je objavio 20 znanstvenih, 8 stručnih radova u časopisima i zbornicima skupova te 2 znanstvena sažetka u sažecima skupova; 2020. godine član organizacijskog odbora 6. međunarodnog znanstveno stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“.

## POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA

Cindrić, M.; Trošt Bobić, T. i Bobić, G. (2021). Akutni učinak aktivnog izoliranog istežanja na eksplozivnu jakost i ravnotežu kod karataša. U: S. Janković, E. Davidović Cvetko i S. Jelica (ur.), Zbornik radova 7. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Vukovar, 2021., (str. 53-62). Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.i Ivanić-Grad: Visoka škola Ivanić-Grad.

Tovernić, D.; Huljenić, D. i Bobić, G. (2021). Fizička načela u analizi kretanja sportaša. U: S. Janković, E. Davidović Cvetko i S. Jelica (ur.), Zbornik radova 7. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Vukovar, 2021., (str. 53-62). Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.i Ivanić-Grad: Visoka škola Ivanić-Grad.

Trošt Bobić, T.; Bobić, G.; Mohorović, A. i Novak, D. (2021). Are We Doing the Right Thing? Motor assessment in Adapted Physical Education. *Collegium Antropologicum*, 45(2021), 3:261-270.

Bobić, G.; Schuster, S. i Marinčić, M. (2021). Handball performance indicators of winning teams in group stage matches of the 2016 Olympic games tournament . Is there any difference between the winners? U: S. Šalaj i D. Škegro (ur.), Zbornik radova 9. međunarodne znanstvene konferencije o kineziologiji, Opatija, 2021. (str. 730-733). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Schuster, S.; Bobić, G. i Talan Mihaljević, M. (2021). Possible effect of physiotherapy on reducing the incidence of injuries in taekwondo competitors. U: S. Šalaj i D. Škegro (ur.), Zbornik radova 9. međunarodne znanstvene konferencije o kineziologiji, Opatija, 2021. (str. 69-72). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Bobić, G. (2021). Stavovi studenata Visoke škole Ivanić-Grad prema osobama s tjelesnim invaliditetom. U: V. Babić, i T. Trošt Bobić (ur.), Zbornik radova 29. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske na temu Pedagoške kompetencije u kineziologiji. Zadar, 23.6.-27.6.2021., (str. 80-88) . Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

Marinčić, M.; Bobić, G. i Trošt Bobić, T. (2020). Neki pokazatelji strukture upisanih studenata Visoke škole Ivanić-Grad i analiza njihove potrošnje u mjestu studiranja. U: T.Trošt Bobić, M.

Marinčić, S. Janković i I. Šklempe Kokić (ur.), Zbornik radova 6. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Ivanić-Grad, 2020., (str. 270-279). Ivanić-Grad: Visoka škola Ivanić-Grad i Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.

Huljenić, D.; Tovernić, D. i Bobić, G. (2020). Elektromagnetizam u medicinskoj terapiji s osvrtom na laserske metode. U: T.Trošt Bobić, M. Marinčić, S. Janković i I. Šklempe Kokić (ur.), Zbornik radova 6. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Ivanić-Grad, 2020., (str. 167-173). Ivanić-Grad: Visoka škola Ivanić-Grad i Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.

Bobić, G.; Trošt Bobić, T. i Marinčić, M. (2020). Sportsko-rekreativne aktivnosti studenata fizioterapije. U: T.Trošt Bobić, M. Marinčić, S. Janković i I. Šklempe Kokić (ur.), Zbornik radova 6. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Ivanić-Grad, 2020., (str. 20-31). Ivanić-Grad: Visoka škola Ivanić-Grad i Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.

Bobić, G.; Tovernić, D. i Huljenić, D. (2020). Mali koraci koji život znače. U: T.Trošt Bobić, M. Marinčić, S. Janković i I. Šklempe Kokić (ur.), Zbornik radova 6. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Ivanić-Grad, 2020., (str. 13-19). Ivanić-Grad: Visoka škola Ivanić-Grad i Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.

Trošt Bobić, T.; Bobić, G.; Marinčić, M. (2019). Važnost kineziterapije za osobe sa reumatoidnim artritismom: pregled dosadašnjih spoznaja. U: I. Šklempe Kokić i S. Janković (ur.), Zbornik radova 5. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“, Vukovar, 2019., (str. 310-316). Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.

Filipović, B.; Trošt Bobić, T.; Zavoreo, I.; Ciliga, D.; Petrinović, L.; Bobić, G.; Bašić-Kes, V. (2018). Cerebrovascular risk factors and social anamnesis after stroke. U: M. Baić, W. Starosta, P. Drid i J.M. Konarski (ur.) , 14th International Scientific Conference of Sport Kinetics 2018 "Movement in Human Life and Health": proceedings, Poreč, 2018., (str. 392-392). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Novi Sad: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Novom Sadu.

- Bambić, J., Trošt Bobić, T., Bobić, G. (2017). Loša držanja studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik*, 32:40-50.
- Fudurić, M; Gladović, N.; Bobić, G. (2017). The effect of unilateral training on bilateral deficit. U: D. Milanović, G. Sporiš, S. Šalaj i D. Škegro (ur.), *Proceedings Book of the 8th international scientific conference on kinesiology, Opatija, 2017.*, (str. 29-31). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Petrinović. L., Trošt Bobić, T., Bobić, G. (2017). Knee injuries and overuse syndromes in European elite badminton players. Is there a link between injury and training hours?. U: D. Milanović, G. Sporiš, S. Šalaj i D. Škegro (ur.), *Proceedings Book of the 8th International Conference on Kinesiology, Opatija 10.5.-14.5.2017.*, (str. 47-51). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Trošt Bobić, T., Petrinović, L. i Bobić, G. (2017). Učestalost pojave bolnog ramena kod europskih juniorskih igrača badmintona. Implikacije za prevenciju. U: I Jukic (ur.), *Zbornik Radova 15. godišnje međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 24.2.-25.2.2017*, (str. 248-252). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
- Trošt Bobić, T., Bobić, G. i Tovernić, D. (2017). Pouzdanost varijabli za procjenu eksplozivne jakosti s obzirom na vrijeme njihovog izračuna. U: V. Findak (ur.), *Zbornik radova 26. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske na temu Kineziološke kompetencije u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije, Poreč, 27.6.-1.7.2017.*, (str. 181-186). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
- Tovernić, D. i Bobić, G. (2017). Utjecaj promjene zglobnog kuta te mase i položaja utega na sile koje djeluju prema zglobu. U: V. Findak (ur.), *Zbornik radova 26. Ljetne škole kineziologa Republike hrvatske na temu Kineziološke kompetencije u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije, Poreč, 27.6.-1.7.2017.*, (str. 527-532) . Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
- Trošt Bobić, T., Pezić, M., Bobić, G. (2016). Utjecaj treninga ravnoteže različitog modaliteta na eksplozivnu jakost tipa skočnosti. U: M. Smoljić i S. Jankovic (ur.), *Zbornik radova 2.*

međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellness-u“, Vukovar, 3.11. i 4.11.2016., (str.18.-27. ). Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru.

Zavoreo, I., Filipović, B., Bobić, G.; Bašić Kes, V. (2014). Evaluation of conventional cerebrovascular risk factors in population of kinesitherapy students. U: D. Milanović i G. Sporiš (ur.), *Fundamental and Applied Kinesiology – Steps Forward*, Zagreb, 2014. (str. 67-70). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Omrčen, D., Bobić, G. i Jurakić, D. (2011). Rukometno nazivlje - analiza izabраниh primjera. *Filologija: časopis Razreda za filološke znanosti Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti*, 56 (2011), 111-136.

Bašić, D., Bašić, M. i Bobić, G. (2010). Indijske palice u tjelesnom vježbanju sportaša, rekreativaca i učenika. U: V. Findak (ur.), *Zbornik radova 19. Ljetne škole kineziologa Hrvatske na temu Individualizacija rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije*, Poreč, 22.6.-26.6.2010., (str. 402-407). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

Bašić, D., Bobić, G. I Bašić, M. (2010). Primjena Jo-jo intervalnog testa oporavka za procjenu specifične aerobne izdržljivosti mladih nogometaša u svrhu individualizacije trenažnog programa. U: V. Findak (ur.), *Zbornik radova 19. Ljetne škole kineziologa Hrvatske na temu Individualizacija rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije*, Poreč, 22.6.-26.6.2010., (str. 79-84). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

Bašić, D., Bobić, G., Bašić, M. (2010). Procjena specifične aerobne izdržljivosti mladih nogometaša primjenom jo jo intervalnog testa oporavka u svrhu selekcije i orijentacije. U: M. Andrijašević i D. Jurakić (ur.), *Kineziološki sadržaji i društveni život mladih*, Zagreb, 2010., (str. 253-253). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Bobić, G. i Trošt Bobić, T. (2009). Utjecaj izvanškolskih športskih aktivnosti na motoričke i funkcionalne sposobnosti i antropometrijske karakteristike učenika 2. i 3. razreda srednje škole. U: B. Neljak (ur.), *Zbornik radova 18. Ljetne škole kineziologa Hrvatske na temu Metodčki organizacijski oblici rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije*, Poreč, 23.6.-27.6.2009. (str.114-119). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

- Bobić, G., Trošt Bobić, T. i Jurakić, D. (2008). Interes osnovnoškolaca za bavljenje sportskom-rekreacijskim aktivnostima. U: M. Andrijašević (ur.), Zbornik radova međunarodne znanstveno-stručne konferencije „Kineziološka rekreacija i kvaliteta života“, Zagreb, 2008., (str. 77-85). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Trošt Bobić, T., Nimčević, E. i Bobić, G. (2008). Razlike u nekim motoričkim i antropometrijskim varijablama između djevojčica i dječaka IV. Razreda O.Š. te utjecaj izvanškolskog tjelesnog vježbanja na iste učenike. U: B. Neljak (ur.), Zbornik radova 17. Ljetne škole kineziologa Hrvatske na temu Stanje i perspektiva razvoja u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije, Poreč, 24.6.-28.6.2008. (str. 225-233). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
- Bobić, G. (2006). Rukomet kao život. Biografije: 60. godišnjica rođenja Hrvoja Horvata. *Olimp*, 19 (2006), 4-5.
- Bobić, G. (2005). Ipak vedriji pogled u budućnost. Sportski grad: Ivanić Grad. *Olimp*, 16 (2005), 18-19.
- Bobić, G. i Čustonja, Z. (2005). Early Beginnings of Physical Education in Croatia. U: D. Milanović i F. Prot (ur.), Zbornik radova 4. međunarodne znanstvene konferencije o kineziologiji „Science and Profession – Challenge for the future“, Opatija, 2005. (str. 757-760). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.