

# UČINAK ZVUČNOG PODRAŽAJA NA RAVNOTEŽU SLABOVIDNIH ADOLESCENATA

---

**Bajan, Mihovil**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**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:117:363430>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-16**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

studij za stjecanje akademskog naziva: magistar kineziologije u edukaciji i  
kineziterapija

**Mihovil Bajan**

**UČINAK ZVUČNOG PODRAŽAJA NA**  
**RAVNOTEŽU SLABOVIDNIH ADOLESCENATA**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić**

Zagreb, rujan, 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ovo tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

Doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student:

---

Mihovil Bajan

# UČINAK ZVUČNOG PODRAŽAJA NA RAVNOTEŽU SLABOVIDNIH ADOLESCENATA

## Sažetak

Ravnoteža je složena sposobnost čiju uspješnost određuje veliki broj sustava. Za sada se najviše značaja pridaje vestibularnom, vidnom i somatosenzornom sustavu, no novija istraživanja uzimaju u obzir i slušni sustav. Primarni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitog zvučnog signala na ravnotežu slabovidnih adolescenata tijekom mirnog stajanja na nestabilnoj površini. Kako bi se osigurali jednaki uvjeti za sve ispitanike, svi zadaci provodili su se bez obuće, u čarapama. Ispitanici su provodili testove ravnoteže u tri uvjeta s različitim zvučnim podražajima: 1. tišina, 2. nasumični zvučni podražaji, 3. ritmični zvučni podražaji. Provedeno je jedno ponavljanje u svakom uvjetu, a redosljed testiranja u pojedinim uvjetima je za svakog ispitanika bio drugačiji. U obradi podataka koristile su se varijable dobivene Gyko uređajem: 1. ukupno prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska, 2. prosječno kvadratno odstupanje od početne točke i 3. prosječna frekvencija gibanja centra pritiska. Dobiveni rezultati obrađeni su u programu Statistica 14.0, a metode obrade koje su se koristile bili su Cohenov indeks i ANOVA za ponovljena mjerenja. Rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku u testovima ravnoteže između pojedinih uvjeta iako se može primijetiti tendencija pogoršanja rezultata u uvjetima kada su puštani nasumični zvučni podražaji. Takva tendencija podudara se s ostalim istraživanjima koja su provedena na ovu temu. Uzimajući u obzir dosadašnje spoznaje, možemo zaključiti da slušni sustav doprinosi sposobnosti održavanja ravnoteže, no potrebna su daljnja i detaljnija istraživanja koja će utvrditi kako i na koji način određena vrsta zvučnog podražaja utječe na održavanje ravnoteže.

**Ključne riječi:** posturalna stabilnost, posturalna kontrola, slušni sustav, propriocepcija, oštećenje vida

# THE EFFECT OF SOUND STIMULUS ON THE BALANCE OF VISUALLY IMPAIRED ADOLESCENTS

## **Abstract**

Balance is a complex ability whose success is determined by a number of systems. For now, vestibular, visual and somatosensory systems are of greatest importance, but more recent studies also take in consideration the auditory system. The main goal of this research was to determine the effect of various sound stimuli on balance of visually impaired adolescents while performing a steady standing stance task on an unstable surface. In order to ensure equal conditions for each subject all tasks were performed without wearing shoes, in socks. Subjects performed the given balance task in three conditions with different sound stimuli: 1. silence, 2. random sound stimulus, 3. rhythmic sound stimulus. One repetition was performed in each condition, and the order of testing in individual conditions was different for each subject. Variables obtained with Gyko device were used in data processing: 1. total distance, 2. average squared deviation from the starting point and 3. average frequency of movement of the centre of gravity. Obtained results were processed in Statistica 14.0 and the processing methods used were Cohen's index and repeated measures ANOVA. The results show no significant difference between the three conditions, although tendency to worsen the results can be observed when random sound stimuli was played. Thus, the tendency coincides with other research conducted on this topic. Considering previous research that has been carried out on this topic, it may be concluded that auditory system contribute to the ability of maintaining balance, but further, more detailed, research is needed to determine how and in what way a certain type of sound stimulus affects the maintenance of balance.

**Key words:** postural stability, postural control, auditory system, proprioception, visual impairment

## **SADRŽAJ**

<b>UVOD</b> .....	6
<b>METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	9
<b>Uzorak ispitanika</b> .....	9
<b>Mjerni instrument i uzorak varijabli</b> .....	9
<b>Opis protokola</b> .....	10
<b>Metode obrade podataka</b> .....	11
<b>REZULTATI</b> .....	11
<b>RASPRAVA</b> .....	15
<b>ZAKLJUČAK</b> .....	18
<b>LITERATURA</b> .....	19

## UVOD

Čovjek u svakodnevnom životu izvodi brojne aktivnosti, kako jednostavne (npr. sjedenje, ležanje) tako i složene (trčanje, skakanje, igranje s djecom). Da bi osoba uspješno izvodila sve navedene aktivnosti, potrebna joj je adekvatna sposobnost ravnoteže. Ravnoteža je sportaševa sposobnost koja se očituje u uspostavljanju i zadržavanju ravnotežnog položaja uspješnim suprotstavljanjem silama koje narušavaju ravnotežu. U različitim sportovima ravnoteža je iznimno važna jer o sposobnosti zauzimanja i očuvanja ravnotežnog položaja u statičnom ili dinamičnom režimu motoričkog djelovanja ovisi kvaliteta izvedbe trenažne vježbe ili natjecateljske aktivnosti (Milanović, 2013). U literaturi se vrlo često ravnoteža i posturalna kontrola koriste kao sinonimi.

Posturalna kontrola je rezultat primanja aferentnih informacija iz perifernog živčanog sustava (PŽS), obrade pristiglih informacija te slanja eferentnih informacija iz središnjeg živčanog sustava (SŽS) prema periferiji. Točnije, informacije uključene u održavanje posturalne stabilnosti uključuju vizualne, vestibularne i somatosenzorne informacije. Vizualni sustav pruža informacije iz okoline koje su posljedica veze između očiju i horizonta. Vestibularni sustav daje informacije o položaju glave u odnosu na tijelo kao i povratne informacije o pomicanju površine oslonca. Somatosenzorni osjeti obuhvaćaju sve aferentne informacije s periferije uključujući propriocepciju, termorecepciju i bol (Page, 2010). Page (2010), prema Shumway-Cook i Woolacott (2000), također navodi da pažnja i kognitivni procesi, jednako tako, mogu utjecati na posturalnu stabilnost te svaki dodatni proces koji koristi kognitivnu obradu informacija može utjecati na smanjenje sposobnosti održavanja ravnoteže.

Prema Szafraniec (2018) za uspješnu posturalnu kontrolu, potrebna su dva mehanizma koja određuju sposobnost ravnoteže, a uključuju (1) sposobnost održavanja ravnoteže i (2) uspješnost odgovora nakon destabilizacije. Szafraniec (2018) također navodi da su navedeni mehanizmi mogući zbog koordiniranog rada posturalnih mišića, uključujući i mišiće trupa. Kako bi posturalna kontrola bila zadovoljena potrebna je suradnja više različitih sustava. Ravnotežu možemo podijeliti na ravnotežu u statičkim uvjetima koja je prisutna prilikom aktivnosti kao što su stajanje, sjedenje, ležanje te ravnotežu u dinamičkim uvjetima koja se prezentira prilikom kompleksnijih aktivnosti kao što su hodanje i trčanje. Za razliku od Page (2010), Peterka (2018) zaključuje da ravnoteža može biti promatrana kao zatvoreni sustav povratnih informacija u kojem dolazi do prikupljanja senzornih informacija iz različitih izvora

(receptora) te se, pri tome, najveći napor stavlja na procese senzorne integracije. Propriocepcija, kožni osjeti i mišići su važni izvori senzornih informacija za održavanje ravnoteže kod starijih osoba. Propriocepcija i kožni osjeti, kao primarne komponente somatosenzornog sustava, pridonose 60 % - 70 % u održavanju stojećeg položaja dok vizualni i vestibularni sustav pridonose ostatku (Song i sur. 2021).

Poznato je, iz dosadašnjih istraživanja, da osobe s oštećenjem vida imaju lošiju posturalnu kontrolu od osoba s očuvanim vidom (Lee i Scudds, 2003; Mürsepp i sur. 2018; Tomomitsu i sur, 2013). S obzirom na važnost vidnog sustava prilikom održavanja ravnoteže takvi podatci ne začuđuju, no prema novijim istraživanjima, osim već navedenih sustava, spominje se i slušni sustav kao još jedan izvor aferentnih informacija koje se obrađuju u SŽS-u te doprinose posturalnoj kontroli (Lubetzky i sur. 2020; Anton, Ernst i Basta, 2019).

Utjecaj auditornih (slušnih) podražaja na posturalnu kontrolu je relativno novo područje istraživanja. Trenutna istraživanja upućuju na to da ljudi koriste prostorno-vremenske informacije kako bi lokalizirali izvore zvuka, što može utjecati i na njihovu posturalnu kontrolu. Shodno tomu, Anton, Ernst i Basta (2019) zaključuju da konstantan (ne nasumičan) zvuk može povećati stabilnost tijekom hodanja. Rečeno čini osnovu za promjenu znanstvene paradigme po kojoj svaki zvuk narušava ravnotežu te otvara prostor za provedbu istraživanja u okviru kojih bi se istražio utjecaj različitih karakteristika zvuka (a pogotovo vremenske komponente) na posturalnu kontrolu čovjeka.

Carpenter i Campos (2020) prema Campos i sur. (2018) navode da nam osjet sluha pomaže prilikom lokaliziranja, praćenja i reagiranja na objekte i događanja u našoj okolini te da putem sluha percipiramo vlastito kretanje kroz prostor. Obzirom da slijepi i slabovidni ljudi imaju deficit u jednom od sustava koji sudjeluju u održavanju ravnoteže, za pretpostaviti je da će, zbog strategije reponderiranja, slijepi i slabovidne osobe više informacija dobivati iz preostalih sustava pa tako i slušnog. U preglednom radu, u kojem su u obzir uzete samo prirodno slijepi osobe, Parreira, Grecco i Oliveira (2017) su zaključili da (1) slijepi osobe posjeduju deficit u posturalnoj kontroli koji je istovremeno kompenziran intenzifikacijom ostalih sustava; (2) neuroplastične adaptacije se događaju duž cijele moždane kore; (3) senzomotorna stimulacija i transkranijaska istosmjerna stimulacija predstavljaju strategije rehabilitacije. Tome u prilog ide i istraživanje Stevens i sur. (2016), koji su mjerili posturalnu stabilnost bilježeći ljuljanje (engl. *postural sway*) prilikom stajanja ispitanika u mraku s vanjskim zvučnim podražajem i u tišini. Rezultati istraživanja pokazuju da se ljuljanje (engl. *postural sway*) smanjilo za 54 % u uvjetima s vanjskim zvučnim podražajem za razliku od stajanja u tišini što samim time podrazumijeva i bolju posturalnu stabilnost.



U slučaju oštećenja ili poremećaja jednog ili više sustava odgovornih za održavanje ravnoteže, sustavi koji su neoštećeni preuzimaju veću ulogu u pružanju senzornih informacija (reponderiranje). Vitkovic i sur. (2016) ukazuju da ispitanici s očuvanim sluhom auditorne podražaje koriste kako bi poboljšali posturalnu stabilnost dok osobe s deficitom vestibularnog sustava, također, u većoj mjeri iskorištavaju auditorne podražaje, što sugerira da se senzornim reponderiranjem više informacija obrađuje kroz auditorne podražaje ukoliko je prisutna smanjena senzorna redundantnost.

Jednom kada je ravnoteža narušena, javlja se potreba za njezinim ponovnim uspostavljanjem koje se ostvaruje putem automatskih posturalnih reakcija. Horak i Nashner (1986) dijele navedene reakcije na tri karakteristične ravnotežne strategije: (1) strategiju gležnja, (2) strategiju kuka i (3) strategiju iskoraka koje se koriste kako bi se centar mase tijela vratio iznad površine oslonca. Strategija gležnja je središnja strategija koja se aktivira u slučaju manjih pomaka centra mase tijela. Strategija kuka se javlja kod većih pomicanja centra mase tijela te je češća kod starijih ljudi dok se strategija iskoraka javlja kao posljednja, u situacijama kada strategije gležnja i kuka nisu dovoljne za ponovno uspostavljanje ravnoteže.

U budućim istraživanjima važno je proučavati mehanizme i uvjete osjetilne strategije reponderiranja, odnosno mijenjanja omjera oslanjanja na različite izvore senzornih informacija temeljem kojih se centralno stvara algoritam održavanja ravnoteže. To je pogotovo važno istražiti u populaciji osoba s poremećajem vida kod kojih se omjer oslanjanja na periferne osjetilne kanale već razlikuje od standardne populacije. Činjenica da je ravnoteža kod slabovidnih i slijepih osoba znatno narušena također naglašava važnost istraživanja specifičnosti njihovih mehanizama održavanja ravnoteže kao osnova za preciznije planiranje programa vježbanja za razvoj posturalne kontrole.

U ovom istraživanju, ispitan je utjecaj različitog zvučnog podražaja na ravnotežu adolescenata s oštećenjem vida te se iznosi hipoteza da će ispitanici u uvjetima zvučnog signala konstantnog ritma i tempa postići statistički značajno bolji rezultat u testu ravnoteže, u dinamičkim uvjetima, u odnosu na uvjete bez zvuka i uvjete u kojima je zvučni signal promjenjivog ritma i tempa.

## METODE ISTRAŽIVANJA

### Uzorak ispitanika

U istraživanju je ukupno sudjelovalo 19 ispitanika muškog i ženskog spola (M - 13, Ž - 6). Ispitanici koji su sudjelovali bili su slabovidni adolescenti, ujedno i učenici od 2. do 4. razreda Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“. Raspon postotka preostalog vida kod ispitanika se kretao od 2 % do 40 % (što je ujedno i granična vrijednost za ostvarivanje prava kao slabovidna osoba u Republici Hrvatskoj). Prosječna dob ispitanika iznosila je  $17,9 \pm 1,5$  godina. Prosječna visina ispitanika iznosila je  $168,16 \pm 16,9$  cm dok je prosječna težina iznosila  $66,1 \pm 15,8$  kg. Svi deskriptivni pokazatelji prikazani su u Tablici 1. Od 19 ispitanika koji su sudjelovali u istraživanju, dvoje ih se izjasnilo kao aktivni sportaši koji se bave skijanjem, dok je ostatak ispitanika u slobodno vrijeme nedovoljno aktivno. Svi ispitanici su bili upoznati s protokolom testiranja te su svojevolumno pristupili istraživanju uz prethodno potpisanu suglasnost od strane roditelja/skrbnika.

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji ispitanika

	BR. ISPITANIKA	MIN	MAX
DOB	19	15	21
VISINA(cm)	19	118,5	199,0
TEŽINA(kg)	19	48,5	105,0

### Mjerni instrument i uzorak varijabli

U okviru ovoga istraživanja mjerila se sposobnost ravnoteže u dinamičkim uvjetima. Za mjerenje motoričke sposobnosti ravnoteže koristila se balansna platforma s mogućnošću antero-posteriornog gibanja te Gyko uređaj koji je bilježio antero-posteriorni pomak balansne platforme na kojoj je stajao ispitanik. Uređaj je postavljen u sredini ploče. Nakon provedbe istraživanja, koristili su se podaci dobiveni Gyko uređajem. Korištene varijable su: 1. ukupno prijedena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (PUT – cm), 2. prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (RMS – cm) i 3. prosječna frekvencija gibanja ploče (FR – Hz). Prikaz testova, promatranih varijabli i njihovih mjernih jedinica nalazi se u Tablici 2.

Tablica 2. Prikaz korištenih testova, promatranih varijabli i mjernih jedinica

TESTOVI	VARIJABLA	KRATICA	MJERNA JEDINICA
Stajanje s obje noge na pomičnoj platformi:	Ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska	PUT	centimetri (cm)
1.tišina	Prosječno kvadratno odstupanje od početne točke	RMS	centimetri (cm)
2.nasumični zvučni podražaj	Prosječna frekvencija gibanja ploče	FR	Hertz (Hz)
3.ritmični zvučni podražaj			

PUT - ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (cm); RMS - prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (cm); FR - prosječna frekvencija gibanja ploče (Hz)

### Opis protokola

Testiranje je bilo provedeno u prostorima Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“. Prije samog testiranja od ispitanika su uzeti osobni podaci o visini, težini, dobi i tjelesnoj aktivnosti u slobodno vrijeme. Kako se radi o ispitanicima s oštećenjem vida, zadatak je najprije detaljno, verbalno, opisan nakon čega je uslijedila demonstracija. Prije službenog testiranja, svaki ispitanik je imao probni pokušaj kako bi se priviknuo na platformu. Testiranje je obuhvaćalo zadatak stajanja s obje noge na balansnoj platformi 25 sekundi. Zadatak se provodio u tri različita uvjeta te su u svim uvjetima ispitanici imali zatvorene oči. Uvjeti u kojima se provodio zadatak bili su: 1. stajanje u tišini, 2. stajanje s nasumičnim zvučnim podražajem, 3. stajanje s ritmičnim zvučnim podražajem (60 otkucaja zvuka u jednoj minuti – engl. *beat per minute*, bpm). Zvučni podražaji su bili reproducirani preko zvučnika koji je bio postavljen na udaljenosti od 2 metra iza ispitanika. Testiranje se provodilo na način da su ispitanici stali na balansnu platformu s obje noge i zatvorili oči. Kako bi se omogućilo umirivanje platforme, radi kalibracije, ispitanici su se zatvorenih očiju pridržavali za zid te su na zvučni signal odvojili ruke od zida i stajali 25 sekundi. Ispitanici su zadatak provodili po jedan put u svakom od uvjeta. Zadaci su bili izvođeni jedan za drugim uz pauzu od 5 do 10 sekundi između različitih uvjeta. Radi smanjenja mogućnosti utjecaja različitih zadataka međusobno jedan na drugog, koje bi moglo utjecati na rezultate u pojedinom uvjetu, redosljed zvučnih podražaja je za svakog ispitanika bio nasumičan. U slučaju gubitka ravnoteže i silaska s platforme, pokušaj se ponavljao. Kako bi se spriječili padovi i teže ozljede, jedan mjeritelj je stajao pored ispitanika. Ispitanici su zadatke provodili bosu, bez obuće.

## Metode obrade podataka

Rezultati su obrađeni u programu Statistica 14.0. Za sve varijable izračunati su osnovni i disperzivni statistički parametri (Tablica 3). Normalnost distribucije korištenih varijabli, utvrđena je Shapiro-Wilk W testom. Kako bi se utvrdila praktična značajnost razlika među promatranim varijablama u različitim uvjetima, izračunat je Cohenov indeks. Nakon izračunavanja Cohenov-og indeksa, provedena je ANOVA za ponavljana mjerenja na jednom faktoru (vrijeme) (*repeated measures ANOVA*). Cohenov indeks je izračunat na način da se završni rezultat oduzeo od početnog rezultata te je podijeljen sa standardnom devijacijom početnog stanja (u ovom slučaju, početno stanje je predstavljao uvjet tišine dok su završno stanje predstavljali uvjeti nasumičnih i ritmičnih zvučnih podražaja). Prilikom usporedbe uvjeta s ritmičnim i uvjeta s nasumičnim zvučnim podražajima, uvjeti s ritmičnim zvučnim podražajima su predstavljali početno stanje, a uvjeti s nasumičnim zvučnim podražajima završno. Veličina učinka od 0,2 smatra se malim učinkom, 0,5 umjerenim i 0,8 velikim učinkom (Cohen, 1992).

## REZULTATI

Tablica 3. Prikaz osnovnih i disperzivnih statističkih parametara promatranih varijabli

VARIJABLA	AS	MOD	MIN	MAX	SD
Tišina (PUT) - cm	95,65	Multiple	21,52	208,79	43,02
Tišina (RMS) - cm	1,01	1,38	0,46	2,01	0,37
Tišina (Fr) - Hz	0,74	0,72	0,29	1,69	0,30
Nasumično (PUT) - cm	104,33	Multiple	34,11	347,98	67,93
Nasumično (RMS) - cm	1,09	1,00	0,43	2,48	0,43
Nasumično (FR) - Hz	0,73	Multiple	0,35	1,92	0,38
Ritmično60 (PUT) - cm	96,78	Multiple	4,16	204,21	44,21
Ritmično60 (RMS) - cm	0,94	1,16	0,07	1,62	0,38
Ritmično60 (FR) - Hz	0,76	Multiple	0,39	1,02	0,195

PUT - ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (cm); RMS - prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (cm); FR - prosječna frekvencija gibanja ploče (Hz); AS – aritmetička sredina; MIN – minimum; MAX – maksimum; SD – standardna devijacija

Izračunate vrijednosti Cohenovo-og indeksa između promatranih varijabli tijekom stajanje u tišini i prilikom puštanja ritmičnih zvučnih podražaja prikazani su u Tablica 4.

Tablica 4. Cohenov indeks (ES) praktične značajnosti razlika tijekom stajanja u tišini i prilikom puštanja ritmičnih zvučnih podražaja

Varijable	Tišina (AS±SD)	Ritmično (60bpm) (AS±SD)	ES
PUT - cm	96,65±43,02	96,78±44,21	0,026
RMS - cm	1,00±0,37	0,94±0,38	0,209
FR - Hz	0,74±0,30	0,76±0,2	0,058

PUT - ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (cm); RMS - prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (cm); FR - prosječna frekvencija gibanja ploče (Hz), AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija

Također, izračunate su vrijednosti Cohenov-og indeksa između promatranih varijabli tijekom stajanja u tišini i puštanja nasumičnih zvučnih podražaja (Tablica 5) te tijekom puštanja ritmičnih zvučnih podražaja i puštanja nasumičnih zvučnih podražaja (Tablica 6).

Tablica 5. Cohenov indeks (ES) praktične značajnosti razlika tijekom stajanja u tišini i prilikom puštanja nasumičnih zvučnih podražaja

Varijable	Tišina (AS±SD)	Nasumično (AS±SD)	ES
PUT - cm	96,65±43,02	104,33±67,93	0,202
RMS - cm	1,00±0,37	1,09±0,43	0,208
FR - Hz	0,74±0,30	0,73±0,38	-0,048

PUT - ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (cm); RMS - prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (cm); FR - prosječna frekvencija gibanja ploče (Hz), AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija

Tablica 6. Cohenov indeks (ES) praktične značajnosti razlika tijekom puštanja ritmičnih zvučnih podražaja i prilikom puštanja nasumičnih zvučnih podražaja

Varijable	Ritmično (60bpm) (AS±SD)	Nasumično (AS±SD)	ES
PUT -cm	96,78±44,21	104,33±67,93	0,171
RMS - cm	0,94±0,38	1,09±0,43	0,384
FR - Hz	0,76±0,2	0,73±0,38	-0,162

PUT - ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (cm); RMS - prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (cm); FR - prosječna frekvencija gibanja ploče (Hz), AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija

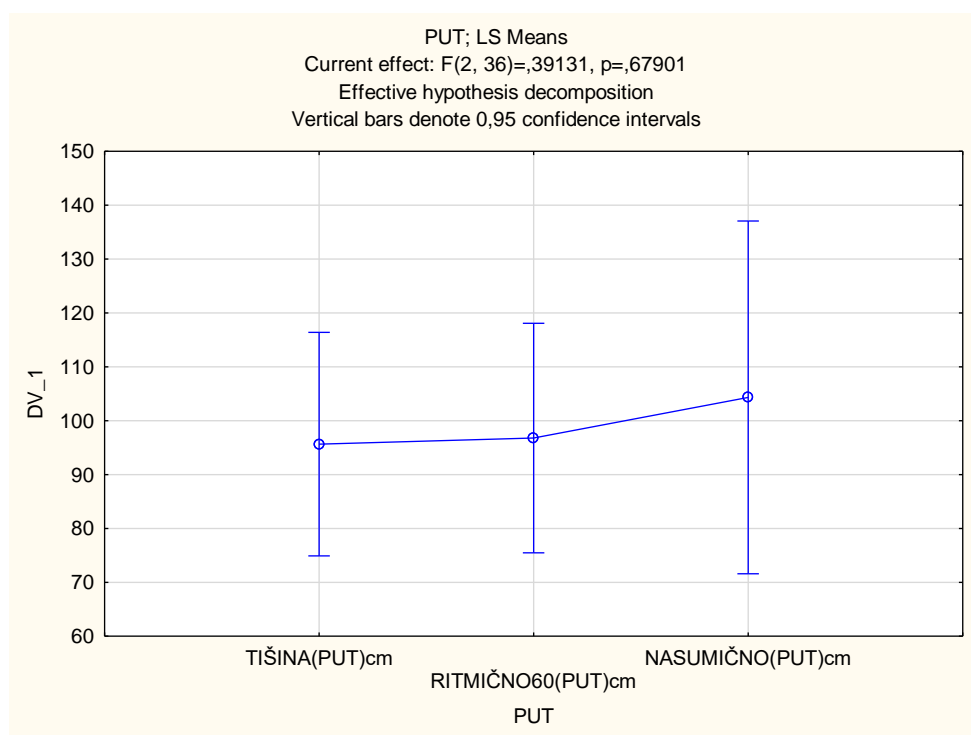
Nakon izračunavanja Cohenov-og indeksa, provedena je ANOVA za ponovljena mjerenja kojom nije utvrđeno postojanje statistički značajne razlike u promatranim varijablama između uvjeta u kojima su se provodili zadatci (Tablica 7).

Tablica 7. Prikaz rezultata ANOVA-e za ponovljena mjerenja za promatrane varijable u sva tri uvjeta

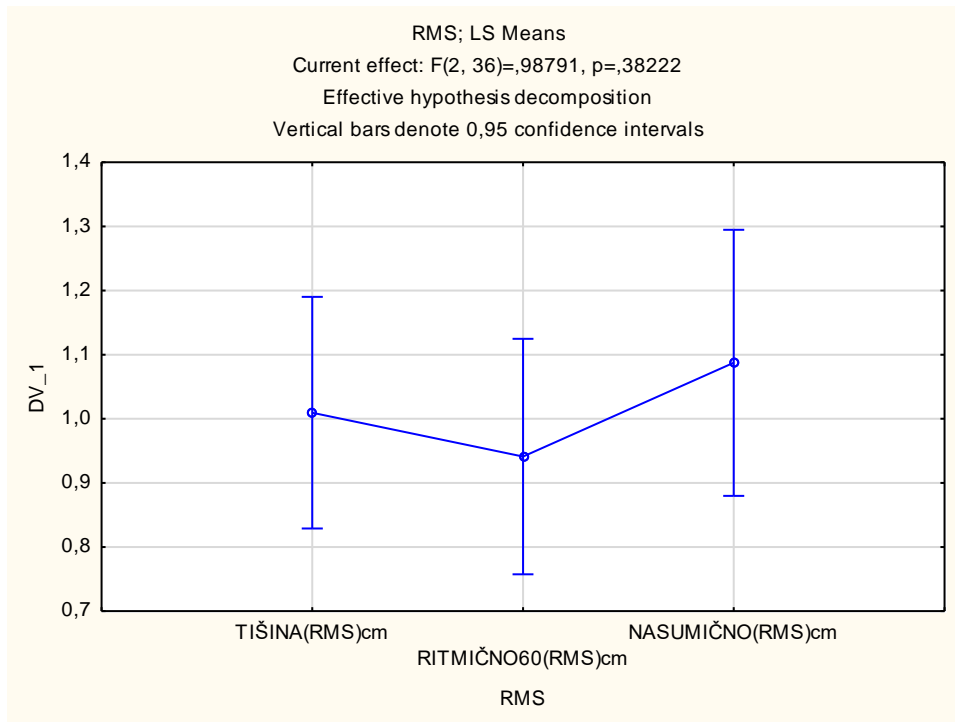
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
PUT -cm	846,0	2	423,0	0,39131	0,679014
RMS - cm	0,20366	2	0,10183	0,9879	0,382223
FR - Hz	0,00949	2	0,00474	0,0910	0,913257

Degr. Of Freedom – stupnjevi slobode, PUT - ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska (cm); RMS - prosječno kvadratno odstupanje od početne točke (cm); FR - prosječna frekvencija gibanja ploče (Hz); SS – suma kvadrata; MS – prosječna suma kvadrata; F – F vrijednost; p – razina statističke značajnosti.

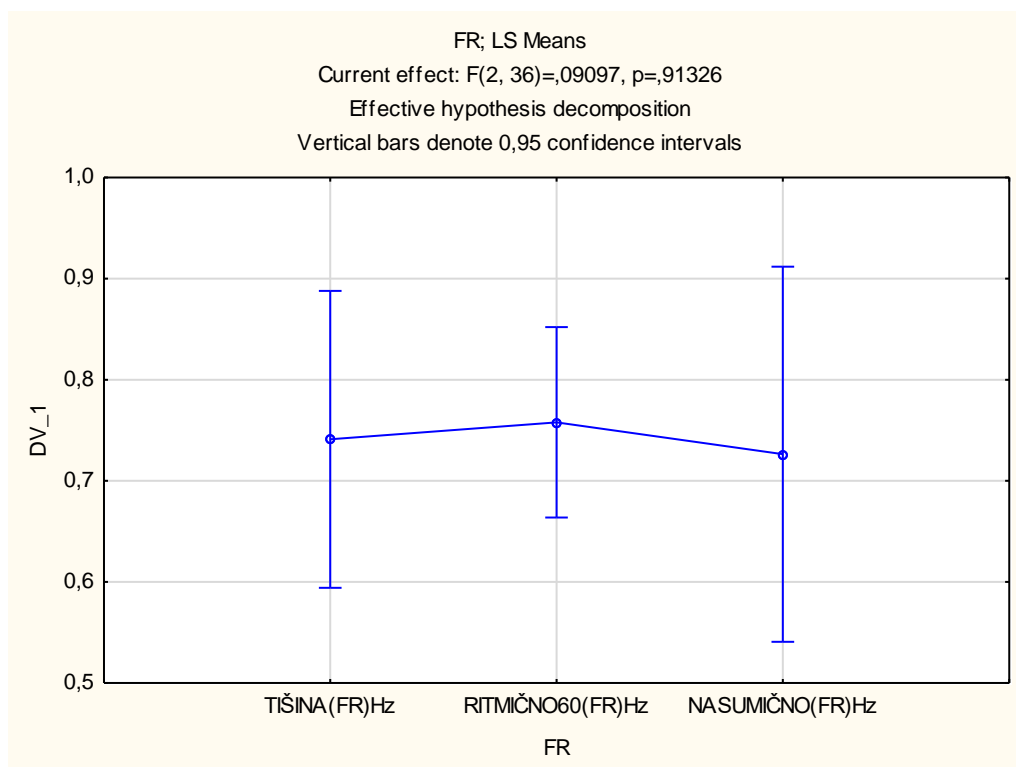
Iz grafičkih prikaza ANOVA-e za ponovljena mjerenja može se primijetiti tendencija pogoršanja rezultata u varijablama PUT (ukupna prijeđena antero-posteriorna udaljenost centra pritiska) (Slika 1) i RMS (prosječno kvadratno odstupanje od početne točke) (Slika 2) u uvjetu kada su puštani nasumični zvučni podražaji, dok se to ne može primijetiti u varijabli FR (prosječna frekvencija gibanja ploče) (Slika 3).



Slika 1. Grafički prikaz rezultata u varijabli „PUT“



Slika 2. Grafički prikaz rezultata u varijabli RMS



Slika 3. Grafički prikaz rezultata u varijabli FR

## RASPRAVA

Rezultati ovoga istraživanja ukazuju da ne postoji statistički značajna razlika u uspješnosti ravnoteže u uvjetima s različitim zvučnim podražajima. Iz gore prikazanih rezultata se može primijetiti tendencija pogoršanja rezultata u uvjetima nasumičnih zvučnih podražaja u usporedbi s uvjetima ritmičnih zvučnih podražaja i u uvjetima tišine. Ovakva tendencija ide u prilog malom broju dosadašnjih istraživanja koja su provedena na ispitanicima bez oštećenja vida, a koja također upućuju na poboljšanje posturalne kontrole u uvjetima kada je reproduciran zvučni podražaj. Seiwerth i sur. (2018) su zabilježili da su ispitanici (bez vidnog oštećenja) imali statistički značajno manje odstupanje od početne pozicije te statistički značajno manji kut rotacije tijekom izvođenja „Fukuda“ testa u uvjetima kada je puštan zvučni podražaj (65 decibela, dB) za razliku kada su izvodili test u tišini (karakteristika zvučnog podražaja nije definirana). Na kraju zaključuju da auditorne informacije imaju pozitivan utjecaj na vestibulospinalnu koordinaciju.

Vizualni sustav je primarni senzorni sustav koji omogućuje tijelu da procijeni vanjske faktore i prilagodi posturu shodno istima (Alghadir i sur, 2019 prema Cascio, 2010; Roth, 2009). U slučajevima oštećenja vida razvijaju se abnormalni posturalni i motorički obrasci koji vode prema posturalnim deficitima (Alghadir i sur. 2019 prema Jeon i Cha, 2013). Prilikom donošenja zaključaka valja uzeti u obzir radi li se o osobama s prirođenom sljepoćom ili sa stečenom sljepoćom. U istraživanju koje su proveli Schwesig i sur. (2011) pokazalo se da ne postoji statistički značajna razlika u testovima ravnoteže, provedenima na mekanoj i tvrdoj podlozi sa zatvorenim i otvorenim očima, između osoba s prirođenom sljepoćom i osoba bez oštećenja vida (kontrolna skupina). Isto istraživanje utvrdilo je statistički značajno lošije rezultate osoba sa stečenom sljepoćom u odnosu na kontrolnu skupinu u svim uvjetima. Ovakvi podaci pokazuju da postoji veliki broj faktora koji utječu na uspješnost ravnoteže kod slijepih i slabovidnih osoba te se ne mogu izvesti konkretni zaključci i samim time je potreban veći broj istraživanja u ovome području koja će utvrditi na koji način slijepi i slabovidne osobe nadomještaju deficit vizualnog sustava. U ovome istraživanju nije postojala kontrolna skupina koja bi omogućila utvrđivanje razlika u obradi auditornih informacija između osoba bez oštećenja vida i osoba s oštećenim vizualnim sustavom te je ovo ujedno i prijedlog za buduća istraživanja.

Već je poznato da je uspješno održavanje ravnoteže rezultat adekvatnih odgovora na aferentne informacije iz vestibularnog, vizualnog i proprioceptivnog sustava te prema novijim istraživanjima i slušnog sustava. Prijašnja istraživanja su pokazala da se doprinos navedenih



senzornih sustava mijenja ovisno o perturbacijama tijekom stajanja i ovisno o okolišnim faktorima (Assländer i Peterka, 2014). Takva pojava se naziva senzorno reponderiranje te omogućuje osobi da održi ravnotežu u različitim, nepredviđenim, uvjetima.

Sukladno dosadašnjim istraživanjima, za očekivati je da će zvučni podražaji imati pozitivan učinak na održavanje ravnoteže kod osoba s oštećenjem vida. Easton i sur. (1998) su u svom istraživanju, provedenom na prirodno slijepim osobama i osobama očuvanog vida, zabilježili značajno manje „ljudanje“ tijela (engl. *body sway*) u obje skupine ispitanika u uvjetima kada su puštani kontinuirani zvučni podražaji preko slušalica na oba uha. Jednako tako, Zhong i Yost (2013) ukazuju na povezanost između prostornog zvuka i ravnoteže te navode da konstantni, fiksirani prostorni zvuk pruža povratne informacije koje SŽS koristi u svrhu bolje kontrole posturalne stabilnosti. U prilogu dodaju da slušni podražaji doprinose radu vestibularnog sustava, ali ipak u manjoj mjeri nego vizualni podražaji. Za razliku od Zhong i Yost (2013) u ovom je istraživanju zabilježen trend pogoršanja rezultata u uvjetima nasumičnog zvuka koji nije postigao statističku značajnost. Mogući razlozi zbog kojih nije postignuta statistička značajnost mogu biti u korištenim varijablama i mjernom instrumentu. Također, za razliku od navedenih autora, koji su u svom istraživanju koristili „Tandem Romberg“ test i „Fukuda Stepping“ test, u ovom istraživanju je korišten test stajanja na obje noge, a ujedno su korišteni i različiti zvučni podražaji. Dok su u ovome istraživanju korišteni ritmični i nasumični zvučni podražaji u gore navedenom istraživanju korišten je konstantni prostorni zvuk. Faktori koji utječu, između ostalog, na sposobnost ravnoteže uključuju dob, spol, fiziološka stanja i sobna akustika (Anton, Ernst, Basta, 2019).

Utjecaj zvučnog podražaja neupitno utječe na posturalnu stabilnost, no ostaje nerazjašnjeno koja vrsta zvučnog podražaja i na koji način doprinosi održavanju ravnoteže. Provedeno je nekoliko istraživanja u kojima su primjenjivani različiti tipovi zvučnih podražaja, a rezultati tih istraživanja su oprečni. Tako Anton, Ernst i Basta (2019) u istraživanju, u kojem je sudjelovalo 30 zdravih ispitanika (16 – 38 god.), zaključuju da se posturalna kontrola ispitanika značajno smanjila u uvjetima kontinuiranog zvuka dok se značajno povećala u uvjetima isprekidanog zvuka. Takvi rezultati objašnjeni su činjenicom da isprekidani zvuk, za razliku od konstantnog zvučnog podražaja, kontinuirano pruža povratne informacije (engl. *feedback*) o položaju tijela. Međutim, Yashima i sur. (2021) utvrđuju bolju posturalnu kontrolu u uvjetima konstantnog šuma (engl. *white noise*). Također navode da je šum pomogao onoj skupini koja je inicijalno imala slabije razvijenu sposobnost ravnoteže. Sukladno prethodnom istraživanju, u drugom istraživanju Anton, Ernst i Basta (2021), zaključuju da je ljudanje tijela (engl. *body sway*) kod

ispitanika bilo statistički značajno manje tijekom hodanja otvorenih očiju uz puštanje šuma nego kada su hodali u tišini.

Od velike je važnosti napomenuti utjecaj same tjelesne aktivnosti na razvoj posturalne kontrole, kako kod zdravih osoba tako i kod osoba s oštećenjem vida. Kons i sur. (2019) su u svom istraživanju pokazali da judaši s oštećenjem vida imaju bolju antero-posteriornu ravnotežu nego judaši s očuvanim vidom. Takvi rezultati ukazuju na važnost promoviranja tjelesne aktivnosti među slijepom populacijom i populacijom s oštećenjem vida.

Limiti ovog istraživanja su mali broj ispitanika te mali broj ponavljanja. Preporuka bi bila da se provedu tri ponavljanja u svakom od uvjeta kako bi se smanjila varijabilnost te dobili precizniji rezultati. Također, treba naglasiti da se radi o populaciji slabovidnih adolescenata koji su pretežno neaktivni što svakako utječe na razvoj svih motoričkih sposobnosti pa tako i ravnoteže. Tome u prilog, iako je mali uzorak, pokazalo se da dva ispitanika koja su aktivna u slobodno vrijeme imaju bolje rezultate od ostatka ispitanika što ide u prilog s dosadašnjim istraživanjima.

## ZAKLJUČAK

Glavni cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitog zvučnog signala na ravnotežu slabovidnih adolescenata tijekom mirnog stajanja na nestabilnoj površini. Dobiveni rezultati ne ukazuju na statistički značajnu razliku u testu ravnoteže u uvjetima s različitim zvučnim podražajima. Valja istaknuti da se može primijetiti tendencija pogoršanja rezultata u uvjetima s nasumičnim zvučnim podražajem, no potrebna su daljnja i detaljnija istraživanja.

Iz dosadašnjih spoznaja, tri sustava se navode kao primarna za održavanje ravnoteže: vizualni, vestibularni i proprioceptivni sustav. Novija istraživanja, u sve većoj mjeri, potvrđuju pozitivan utjecaj pojedinog zvučnog podražaja te sudjelovanje i slušnog sustava u održavanju ravnoteže. S obzirom na izrazitu kompleksnost ravnoteže kao motoričke sposobnosti, teško je donijeti zaključke koji će utvrditi koji sustavi i u kojoj mjeri doprinose njenoj uspješnosti. Uzimajući u obzir da se navedeni sustavi, strategijom reponderiranja, nadopunjuju i u različitim uvjetima, više ili manje, doprinose ravnoteži, nemoguće je utvrditi je li jedan sustav važniji od drugoga. Osobe s oštećenjem vida posjeduju deficit u vizualnom sustavu te se pokazalo da kod takvih osoba ostali sustavi „pojačavaju“ svoju aktivnost i u većoj mjeri doprinose uspješnijoj ravnoteži. Iako ne postoji puno istraživanja koja pokazuju koji zvučni podražaji i na koji način sudjeluju u održavanju ravnoteže, smatra se da je u svakodnevnom životu, osobama s oštećenjem vida, svaki zvučni podražaj koristan i pomaže da se osoba bolje orijentira u prostoru. Također je važno za naglasiti da, kao i svaka druga motorička sposobnost, i ravnoteža zahtjeva trening kako bi se unaprijedila te samo sustavnim treningom ravnoteže možemo razviti i sustave koji pridonose njenom održavanju.

## LITERATURA

- Alghadir, A. H., Alotaibi, A. Z. i Iqbal, Z. A. (2019). Postural stability in people with visual impairment. *Brain and behavior*, 9(11), e01436.
- Anton, K., Ernst, A. i Basta, D. (2019). Auditory influence on postural control during stance tasks in different acoustic conditions. *Journal of Vestibular Research*, 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*, 31(3), 143-149.
- Assländer, L. i Peterka, R. J. (2014). Sensory reweighting dynamics in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 111(9), 1852-1864.
- Campos, Jennifer, Robert Ramkhalawansingh i M. Kathleen Pichora-Fuller. "Hearing, self-motion perception, mobility, and aging." *Hearing research* 369 (2018): 42-55.
- Carpenter, M. G. i Campos, J. L. (2020). The effects of hearing loss on balance: a critical review. *Ear and Hearing*, 41, 107S-119S.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155> ovdje citirajte
- Easton, R. D., Greene, A. J., DiZio, P. i Lackner, J. R. (1998). Auditory cues for orientation and postural control in sighted and congenitally blind people. *Experimental brain research*, 118(4), 541-550.
- Horak, F. B. i Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of neurophysiology*, 55(6), 1369-1381.
- Kons, R. L., Sakugawa, R. L., Rossato, M., Diefenthaler, F. i Detanico, D. (2019). Neuromuscular and postural control in visually and nonvisually impaired judo athletes: case study. *Journal of exercise rehabilitation*, 15(1), 60.
- Lubetzky, A. V., Gospodarek, M., Arie, L., Kelly, J., Roginska, A. i Cosetti, M. (2020). Auditory input and postural control in adults: a narrative review. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 146(5), 480-487.
- Lee, H. K. i Scudds, R. J. (2003). Comparison of balance in older people with and without visual impairment. *Age and ageing*, 32(6), 643-649.

- Milanović, D. (2013). Teorija treninga. Zagreb: Kineziološki fakultet sveučilišta u Zagrebu.
- Müürsepp, I., Arjokesse, R., Ereline, J., Pääsuke, M. i Gapeyeva, H. (2018). Impact of visual impairment on static and dynamic postural control and habitual physical activity in children aged 10–16 years. *British Journal of Visual Impairment*, 36(3), 227-237.
- Page, P., Frank, C. C. i Lardner, R. (2010). Assessment and treatment of muscle imbalance: The Janda approach. Champaign: Human kinetics
- Parreira, R. B., Grecco, L. A. C. i Oliveira, C. S. (2017). Postural control in blind individuals: A systematic review. *Gait & Posture*, 57, 161-167.
- Peterka, R. J. (2018). Sensory integration for human balance control. *Handbook of clinical neurology*, 159, 27-42.
- Schwesig, R., Goldich, Y., Hahn, A., Müller, A., Kohen-Raz, R., Kluttig, A. i Morad, Y. (2011). Postural control in subjects with visual impairment. *European journal of ophthalmology*, 21(3), 303-309.
- Song, Q., Zhang, X., Mao, M., Sun, W., Zhang, C., Chen, Y. i Li, L. (2021). Relationship of proprioception, cutaneous sensitivity, and muscle strength with the balance control among older adults. *Journal of Sport and Health Science*, 10(5), 585-593.
- 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.
- 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.
- Stevens, M. N., Barbour, D. L., Gronski, M. P. i Hullar, T. E. (2016). Auditory contributions to maintaining balance. *Journal of Vestibular Research*, 26(5-6), 433-438.
- Szafraniec, R., Barańska, J. i Kuczyński, M. (2018). Acute effects of core stability exercises on balance control. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 20(3).
- Tomomitsu, M. S., Alonso, A. C., Morimoto, E., Bobbio, T. G. i Greve, J. (2013). Static and dynamic postural control in low-vision and normal-vision adults. *Clinics*, 68, 517-521.

- Vitkovic, J., Le, C., Lee, S. L. i Clark, R. A. (2016). The contribution of hearing and hearing loss to balance control. *Audiology and neurotology*, 21(4), 195-202.
- Yashima, J., Kusuno, M., Sugimoto, E., i Sasaki, H. (2021). Auditory noise improves balance control by cross-modal stochastic resonance. *Heliyon*, 7(11), e08299.
- Zhong, X. i Yost, W. A. (2013). Relationship between postural stability and spatial hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24(09), 782-788.