

PROCENA DUŽINE I FREKVENCIJE KORAKA PRI TRČANJU RAZLIČITIM BRZINAMA KOD MUŠKARACA I ŽENA ¹

UDK: 796.422-055.1/.2:612.766.1

DOI: 10.5937/snp13-2-52230

Nada Ilić

Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, Srbija

Đorđe Hadži Pavlović

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Nebojša Ilić²

Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, Srbija

Apstrakt: Uspešnost u toku trčanja zavisi od mnogobrojnih faktora, a jedni od najbitnijih jesu dužina i frekvencija koraka. Prvi cilj ovog istraživanja je procena razlika dužine i frekvencije koraka između muškaraca i žena pri različitim brzinama trčanja. Drugi cilj jeste ispitivanje povezanosti morfoloških karakteristika muškaraca i žena sa dužinom i frekvencijom koraka. U ovom istraživanju su učestvovalе dve grupe od 37 rekreativnih trkača (22 muškaraca i 15 žena). Ispitanici su trčali na tredmilu noseći na svakom članku noge dva prenosiva Prosense akcelerometra. Protokol je podrazumevao 10 minuta trčanja i to: 3 minuta zagrevanja na 8 km/h, po jedan minut trčanja na 8, 10, 12 i 14 km/h (korišćeno za dalje analize) i 3 minuta trčanja na 8 km/h. Glavne varijable koje su se koristile su dužina i frekvencija koraka. Rezultati su pokazali da su žene imale veću frekvenciju koraka od muškaraca pri gotovo svim brzinama trčanja ($p < 0,05$), ali u dužini koraka nije bilo razlike između muškaraca i žena. Takođe, kod muškaraca su dobijene visoke i statistički značajne negativne korelacije visine i frekvencije koraka ($r > -0,59 < -0,66$), kao i niske do umerene pozitivne korelacije visine sa dužinom koraka ($r > 0,17 < 0,46$). Kod žena su dobijene niske do umerene negativne korelacije visine i frekvencije koraka ($r > -0,28 < -0,43$) i takođe niske do umerene pozitivne korelacije visine sa dužinom koraka ($r > 0,34 < 0,52$). Rezultati istraživanja kao i moderna tehnologija korišćena u ovom radu bi značajno unapredila trenažni proces trkača rekreativaca.

Ključne reči: akcelerometar, biomehanika, trčanje, kinematika, Smart4Fit

UVOD

Rekreativno trčanje je tokom godina doživelo potpuni procvat i postalo prepoznato kao najmasovnija fizička aktivnost rekreativaca (Scheerder et al., 2015). Isti autor navodi kako se sam pojam rekreativnog trčanja menja kroz godine i kako ga je moderno društvo stidljivo izbegavalo. Uviđanjem mnogobrojnih zdravstvenih benefita koje ovaj vid fizičke aktivnosti donosi (Wirnitzer et al., 2022) ono postaje sve prihvaćenije, a danas je sastavni deo života moderne zajednice. Pored uticaja na fizičko zdravlje bitno je istaći i ogromne benefite rekreativnog trčanja na psihičko stanje vežbača (Marković et al., 2020). Sastavni deo modernog društva su i moderne tehnologije koje olakšavaju život čoveku. U sferi rekreativnog trčanja, moderne tehnologije pružaju izvanredne mogućnosti svim korisnicima. Jedan od vidova primene moderne tehnologije je korišćenje prenosivih uređaja koji prate različite

¹ Rad primljen: 16.7.2024; korigovan: 20.8.2024; prihvaćen za objavljivanje: 22.8.2024.

² ✉ nebojsa.ilic@vss.edu.rs

parametre fizičke aktivnosti. Tačnost varijabli koje su prikupljene je dokazana u ranijim istraživanjima (Germini et al. 2022; Xiang et al., 2022; Aleksić et al., 2023; Hadži Pavlović & Nikolić, 2024) što rekreativcu pruža jasan oslanac za praćenje svog postignuća i trenutne fizičke spremne. Međutim, još uvek je oskudan broj istraživanja koji su prikupljali vrednosti dužine i frekvencije koraka koristeći sve popularnije i lako dostupne prenosive uređaje.

Sama uspešnost u toku trčanja zavisi od mnogobrojnih faktora koji utiču na različite varijable. Jedni od najbitnijih faktora pri analizi ove aktivnosti su dužina i frekvencija koraka. Dužina koraka označava rastojanje koje se pređe u periodu između dva koraka dok frekvencija koraka označava ukupan broj koraka u jednoj minuti. Analizom prethodnih istraživanja uviđa se tendencija porasta ove dve vrednosti sa povećanjem brzine trčanja (Rajkumar, 2020). Međutim, ono što su isti autori izdvojili kao zanimljivost je razlika u tendenciji porasta vrednosti između muških i ženskih trkača. Druga istraživanja ukazuju na mnogobrojne kinematičke, fiziološke, biomehantičke, ali i razlike u samoj motivaciji između muškaraca i žena prilikom trčanja (Bruening et al., 2020; Senefeld et al., 2021; Maksimović i Barić, 2022). Svakako da većina razlika počiva na antropometrijskoj različitosti između muškaraca i žena koja dovodi do različitih strategija savladavanja većih brzina prilikom trčanja na traci.

Usled razlika u strategijama savladavanja brzine postavlja se i pitanje da li trebaju da postoje zasebni pristupi pri treningu muških i ženskih rekreativnih trkača. Opšta je pojava da rekreativci nemaju sistematičan pristup treningu već da on predstavlja određeni vid relaksacije i rasterećenja usled stresnog modernog života. To otvara odlično područje za sve proizvođače prenosivih uređaja koji u sadejstvu sa pametnim telefonima mogu da doprinesu efikasnijem trenažnom procesu rekreativaca tako što bi im davali trenutne informacije o povećanju ili smanjenju dužine i frekvencije koraka bez dodatnog kognitivnog opterećivanja korisnika. Svakako da razlike u vrednostima ove dve varijable između muškaraca i žena počivaju na drugačijem kretanju centra mase tela kao i različitom kretanju donjih ekstremiteta usled značajne razlike u prosečnoj visini između polova.

S tim u vezi, prvi cilj ovog istraživanja je da proceni razlike u dužini i frekvenciji koraka između muškaraca i žena pri različitim brzinama trčanja. Drugi cilj jeste ispitivanje povezanosti morfoloških karakteristika muškaraca i žena sa dužinom i frekvencijom koraka pri različitim brzinama trčanja. Za oba cilja korišće se ProSense akcelerometarski senzori i Smar4Fit aplikacija. U skladu sa ciljevima, postavljene su i dve hipoteze. Prva hipoteza jeste da će muškarci pri povećavanju brzine trčanja povećavati dužinu koraka, a žene frekvenciju. Druga hipoteza je da će visina visoko pozitivno korelirati sa dužinom koraka, a negativno i visoko sa frekvencijom koraka i kod muškaraca i kod žena.

METOD

Ispitanici

Veličina uzorka određena je uz pomoć G*power programa. Za veličinu efekta od 0,25, alfa nivo 0,05 i statističku snagu od 0,95, ukupna preporučena veličina uzorka je 36 ispitanika. S tim u vezi, u ovom istraživanju je učestvovalo 37 rekreativnih trkača podeljenih u dve grupe po polovima (22 muškaraca i 15 žena). Svi učesnici su pre početka istraživanja obavešteni o protokolu i svrsi istraživanja. Dobrovoljno su pristali da učestvuju u istraživanju i potpisali su formular o saglasnosti. Istraživanje je sprovedeno u skladu sa Helsinškom deklaracijom. Antropometrijske mere učesnika su prikazane u Tabeli 1.

Procedure i protokol

U istraživanju su analizirane dve glavne varijable:

1. Prosečna dužina zasebnog koraka (dužina koraka);
2. Broj koraka u minuti za svaku brzinu trčanja (frekvencija koraka).

Osim toga, analizirane su i antropometrijske varijable visina i masa tela, kao i procenat masti.

Za prikupljanje podataka o telesnoj kompoziciji ispitanika korišćena je "Total InBody 720" bodi impedanca (masa tela i procenat masti) i antropometar po Martinu (visina tela). Na početku testiranja učesnicima je traženo da budu bos i u sportskoj opremi kako bi aparatura prikupila tačne podatke o njihovoj telesnoj kompoziciji. Prvi korak je merenje visine tela tako što ispitanici stoje ispravljani dok im se meri visina tela pomoću antropometra po Martinu. Redni broj ispitanika, telesna visina i godine starosti su uneti u program. U skladu sa protokolom koji

predlaže proizvođač aparature ispitanici su mirno stajali na aparaturi i pratili instrukcije koje su im zadavane. Bilo je neophodno da instrukcije budu pravovremene i tačne kako bi se obezbedio kontakt tela sa osam elektroda, po dve za svaku ruku i nogu. Kada se obezbedi pravilan položaj ispitanici stoje mirno, gledaju pravo i čekaju dalje instrukcije (Gibson et al., 2008).

Glavni deo protokola podrazumeva trčanje na tredmilu i rađen je po uzoru na prethodno istraživanje koja su koristila istu opremu u sličnim uslovima (Hadži Pavlović & Nikolić, 2024). On je sačinjen od desetominutne aktivnosti koja se sastoji od trominutnog zagrevanja (pri brzini od 8 km/h), nakon čega sledi trčanje u trajanju od 4 minuta. Trčanje kreće pri brzini od 8 km/h i svakog minuta se povećava za 2 km/h, prvo na 10 km/h, potom na 12 km/h i završava se sa 14 km/h. Nakon toga sledi rasterećenje u vidu trominutnog trčanja pri brzini od 8 km/h. ProSense senzori su prenosivi uređaji koji su prikupljali biomehaničke parametre. Po jedan senzor je prikacen na svakoj nozi kao što je prikazano na Slika 1.

Slika 1. Prikaz "ProSense" senzora u toku trčanja na tredmilu



Senzori su preko Bluetooth-a povezani sa Smart4fit Android aplikacijom za pametne telefone. Na ekranu telefona se prikazuju fiziološki parametri poput pulsa i kalorijske potrošnje. Kako bi aplikacija adekvatno radila neophodno je uneti tačnu telesnu masu i visinu ispitanika. Senzor je opremljen akcelerometrom, žiroskopom i magnetometrom, koji daju podatke o ubrzanju, ugaonoj brzini i brzini magnetnog polja (Zemlje) pri brzini uzorkovanja od 50 Hz. Oni takođe pružaju podatke o kinematičkim parametrima kao što su brzina, sila, energija i snaga, a što je važno za ovo istraživanje, pružaju i podatke o nestabilnostima (čak i malim) i varijacijama između pojedinih segmenata tela učesnika. Nakon završetka trčanja, sa aplikacije se izvoze sirovi podaci o biomehaničkim parametrima trčanja, u ovom slučaju dužina i frekvencija koraka.

Statistička analiza

Pre svih statističkih testova, deskriptivna statistika je izračunata kao srednja vrednost i standardna devijacija. Kolmogorov-Smirnov (KS) test i vizuelna inspekcija histograma i QQ plotova potvrdili su normalnost distribucije podataka. Takođe, T-test za nezavisne uzorke je primenjen kako bi se ispitale razlike između polova u broju godina i antropometrijskim varijablama.

Za potvrdu prve hipoteze, dvofaktorske analiza varijanse (ANOVA) su sprovedene za varijable dužina koraka i frekvencija koraka kako bi se ispitale razlike između brzine trčanja (8, 10, 12 i 14 km/h), pola (muškarci i žene) i njihove interakcije (brzina trčanja x pol). Bonferroni post hoc test je sproveden kako bi se ispitale dodatne razlike unutar grupa. Veličina efekta je prikazana putem eta kvadrata (η^2), gde su vrednosti od 0,01, 0,06 i iznad 0,14 smatrane malim, srednjim i velikim (Cohen, 1988). Alfa nivo je postavljen na $p < 0,05$.

Zapotvrdu druge hipoteze, Pirsonova korelacija je korišćena za ispitivanje poveznosti između antropometrijskih varijabli (visina, masa i procenat masti) i dužine odnosno frekvencije koraka pri četiri brzine trčanja. Korelacioni koeficijent je interpretiran prema Sugiyono (2013) i to: ispod 0,20 veoma niska korelacija; od 0.20 do 0.399 niska; od 0.40 do 0.599 umerena; od 0.60 do 0.799 visoka i od 0,80 do 1 veoma visoka.

Svi statistički testovi su sprovedeni korišćenjem Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, SAD) i SPSS 26 (IBM, Armonk, NY, SAD).

REZULTATI

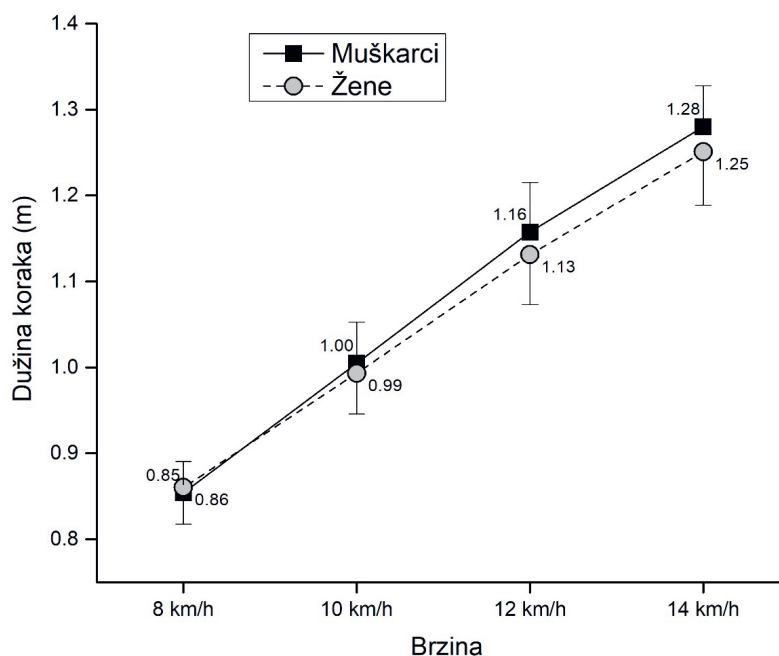
U Tabeli 1, prikazani su broj godina i deskriptivni pokazatelji antropometrijskih karakteristika muškaraca i žena. Takođe, T-testom za nezavisne uzorke ispitane su razlike između prikazanih varijabli.

Tabela 1. Broj godina, deskriptivni pokazatelji antropometrijskih karakteristika muškaraca i žena i razlike između polova u ovim varijablama

Varijabla	Pol	N	Srednja vrednost	Standardna devijacija	T-vrednost	Statistička značajnost (p)
Godine	Muškarci	22	23.18	2.28	-0.156	0.877
	Žene	15	23.33	3.62		
Visina (cm)	Muškarci	22	182.50	5.03	7.614**	<0.001
	Žene	15	169.86	4.86		
Masa (kg)	Muškarci	22	82.77	11.16	6.150**	<0.001
	Žene	15	62.80	6.94		
% Masti	Muškarci	22	24.83	3.04	3.580**	0.001
	Žene	15	21.73	1.70		

Dvofaktorska ANOVA primenjena na varijablu dužina koraka pokazala je značajan glavni efekat za brzinu trčanja [$F(3,35) = 1116,1$; $\eta^2 = 0,97$; $p < 0,001$], ali ne i za efekat pola [$F(3,35) = 5,68$; $\eta^2 = 0,14$; $p = 0,023$] i interakciju brzina trčanja x pol [$F(3,35) = 2,32$; $\eta^2 = 0,06$; $p = 0,091$]. Post hoc analiza (Grafikon 1) je pokazala da se dužina koraka značajno povećavala i kod muškaraca i žena sa porastom brzine trčanja ($p < 0,001$). Između muškaraca i žena nije bilo razlika u dužini koraka ($p > 0,05$).

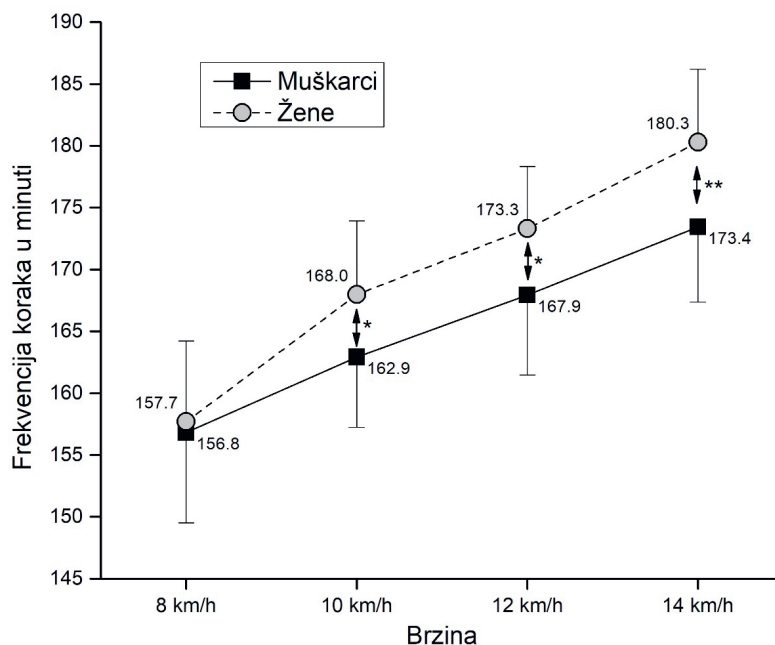
Grafikon 1. Razlike u dužini koraka u minuti za muškarce i žene pri trčanju različitim brzinama



Dvofaktorska ANOVA primenjena na varijablu frekvencija koraka pokazala je značajne glavne efekte za brzinu trčanja [$F(3,35) = 297,2$; $\eta^2 = 0,89$; $p < 0,001$], pol [$F(3,35) = 1,18$; $\eta^2 = 0,03$; $p = 0,284$] i interakciju brzina trčanja x pol [$F(3,35) = 7,06$; $\eta^2 = 0,17$; $p = 0,001$]. Post hoc analiza (Grafikon 2) je pokazala da se dužina koraka

značajno povećavala i kod muškaraca i žena sa porastom brzine trčanja ($p < 0,001$). Osim toga, žene su imale veću frekvenciju koraka pri brzini trčanja od 10 km/h ($p = 0,014$), 12 km/h ($p = 0,010$) i 14 km/h ($p = 0,002$).

Grafikon 2. Razlike u frekvenciji koraka u minuti za muškarce i žene pri trčanju različitim brzinama



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

U Tabeli 2 i 3 prikazane su korelacije između antropometrijskih varijabli (visina, masa i procenat masti) i dužine odnosno frekvencije koraka pri četiri brzine trčanja odvojeno za muškarce (Tabela 2) i žene (Tabela 3).

Tabela 2. Korelacije između antropometrijskih varijabli i dužine i frekvencije koraka pri četiri brzine trčanja kod muškaraca

Varijabla	Visina (cm)		Masa (kg)		% masti	
	Korelacioni koeficijent (r)	Statistička značajnost (p)	Korelacioni koeficijent (r)	Statistička značajnost (p)	Korelacioni koeficijent (r)	Statistička značajnost (p)
Frekvencija koraka (8 km/h)	-0.625**	0.002	-0.218	0.329	0.044	0.845
Frekvencija koraka (10 km/h)	-0.590**	0.004	-0.164	0.465	0.075	0.740
Frekvencija koraka (12 km/h)	-0.659**	0.001	-0.255	0.252	0.021	0.926
Frekvencija koraka (14 km/h)	-0.602**	0.003	-0.208	0.352	0.047	0.837
Dužina koraka (8 km/h)	0.458**	0.032	0.048	0.831	-0.143	0.526
Dužina koraka (10 km/h)	0.175	0.437	0.116	0.607	0.051	0.822
Dužina koraka (12 km/h)	0.376	0.084	0.171	0.448	0.000	1.000
Dužina koraka (14 km/h)	0.446**	0.037	0.200	0.373	0.002	0.991

Tabela 3. *Korelacije između antropometrijskih varijabli i dužine i frekvencije koraka pri četiri brzine trčanja kod žena*

Varijabla	Visina (cm)		Masa (kg)		% masti	
	Korelacioni koeficijent (r)	Statistička značajnost (p)	Korelacioni koeficijent (r)	Statistička značajnost (p)	Korelacioni koeficijent (r)	Statistička značajnost (p)
Frekvencija koraka (8 km/h)	-0.335	0.223	-0.367	0.178	-0.279	0.314
Frekvencija koraka (10 km/h)	-0.279	0.314	-0.386	0.155	-0.337	0.219
Frekvencija koraka (12 km/h)	-0.434	0.106	-0.377	0.166	-0.210	0.453
Frekvencija koraka (14 km/h)	-0.305	0.268	-0.155	0.580	0.000	0.999
Dužina koraka (8 km/h)	0.460	0.084	0.108	0.703	-0.186	0.508
Dužina koraka (10 km/h)	0.343	0.211	0.182	0.516	0.007	0.979
Dužina koraka (12 km/h)	0.525*	0.044	0.231	0.408	-0.067	0.813
Dužina koraka (14 km/h)	0.471	0.076	0.280	0.313	0.033	0.906

DISKUSIJA

Ovo istraživanje imalo je za cilj da proceni razlike u dužini i frekvenciji koraka između muškaraca i žena pri različitim brzinama trčanja. Drugi cilj bio je ispitivanje povezanosti morfoloških karakteristika muškaraca i žena sa dužinom i frekvencijom koraka pri različitim brzinama trčanja. S tim u vezi, postavljene su dve hipoteze. Prva hipoteza da će muškarci pri povećavanju brzine trčanja povećavati dužinu koraka, a žene frekvenciju delimično je potvrđena. Naime, žene su imale veću frekvenciju koraka od muškaraca pri gotovo svim brzinama trčanja, ali u dužini koraka nije bilo razlike između muškaraca i žena. Druga hipoteza da će visina visoko pozitivno korelirati sa dužinom koraka, a negativno i visoko sa frekvencijom koraka i kod muškaraca i kod žena takođe je delimično potvrđena. Kod muškaraca dobijene su visoke i statistički značajne negativne korelacije visine i frekvencije koraka, kao i niske do umerene pozitivne korelacije visine sa dužinom koraka. Sa druge strane, kod žena su dobijene niske do umerene negativne korelacije visine i frekvencije koraka i takođe niske do umerene pozitivne korelacije visine sa dužinom koraka.

Očekivano, i frekvencija koraka i dužina se povećavaju kako se povećava brzina trčanja kao i u ranijim istraživanjima (Hunter et al., 2003; Barnes et al., 2013; Rajkumar, 2020), dok masa i procenat masti veoma nisko koreliraju sa dužinom i frekvencijom koraka kod muškaraca, a nisko i negativno kod žena što se delimično podudara sa tvrdnjama iz prethodnih radova (Šentija et al., 2011; Taylor-Haas et al., 2022).

Na osnovu ovoga postavlja se pitanje na osnovu kojeg parametra muškarci prate rast brzine trčanja. Pretpostavka je da muškarci drastično povećavaju silu kojom deluju na podlogu (sila reakcije podloge) kako bi ispratili uvećanje zadate brzine na tredmil. Kako je već dokazano u mnogobrojnim istraživanjima (Schubert et al., 2014; Yong et al., 2018; Farina et al., 2021) veći broj koraka u jednom minutu drastično smanjuje silu reakcije podloge koja se javlja pri trčanju što značajno umanjuje rizik od nastanka akutnih povreda donjih ekstremiteta. Ističe se da na razliku ovih vrednosti između polova ne utiču samo navedeni parametri već i drugi poput razlike u mehanici zglobova i celokupnog lokomotornog sistema koja je dokazana u ranijim radovima (Bruening et al., 2020; Rojano et al., 2021).

Na osnovu povezanosti ovih antropometrijskih mera i ispitanih varijabli možemo zaključiti da visina mnogo više utiče na broj koraka kod muškaraca nego što je to slučaj kod žena. To dodatno ide u prilog pretpostavci

da muškarci prate uvećanje brzine trčanja tako što uvećavaju silu kojom deluju na podlogu pri svakom zasebnom koraku. Takođe primećujemo da je kod žena sa uvećanjem mase tela primećen blagi pad u broju koraka što se podudara sa rezultatima prethodnog istraživanja (Luedke et al., 2021).

Ograničenje ovog istraživanja može biti korišćenje nove opreme (senzori i aplikacija), koja zahteva dodatno testiranje i verifikaciju kako bi se usavršila i proširila njena sveobuhvatna primena. Pored toga, time što smo uvideli da se dodatno povećavaju i brzina i frekvencija koraka, može se tvrditi da je sistem dovoljno osetljiv da uoči ove očekivane promene. Osim toga, jedno od ograničenja ove studije je i nedostatak ispitivanja još nekih varijabli koje bi doprinele boljem razumevanju mehanika trčanja kod muškaraca i žena.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati govore o značajnom uticaju visine tela na frekvenciju koraka kod muškaraca dok su te vrednosti kod žena nešto manje. Takođe primećuje se umeren do nizak uticaj visine tela na dužinu koraka kod oba pola što predstavlja zanimljivost u odnosu na druge radove koji govore o njihovoj visokoj povezanosti. Frekvencija koraka i dužina koraka jesu rasle kod obe grupe ispitanika, ali je skok frekvencije koraka kod žena drastično veći nego kod muškaraca. Veća frekvencija koraka smanjuje rizik od nastanka povrede jer nema potrebe za drastičnim uvećanjem sile reakcije podloge. Ovo predstavlja odličan prostor za dalja istraživanja koja mogu ispitivati i povezanost sile reakcije podloge sa frekvencijom i dužinom koraka. Moderna tehnologija korišćena u ovom radu bi značajno unapredila trenazni proces svih njenih korisnika dodatnom analizom spomenutih varijabli.

LITERATURA

1. Aleksić, J., Gkatzaveli, S., Tasić, L., Obrenović, M., Stojanović, N., & Ćuk, I. (2023). The concurrent validity of motion x-ray technology utilising polar verity sense to measure velocity, force and power – pilot study, *Teme - Časopis za društvene nauke*, 47(3), 717–733.
2. Barnes, K.R., Mcguigan, M.R., & Kilding, A.E. (2014). Lower-Body Determinants of Running Economy in Male and Female Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1289–1297.
3. Bruening, D.A., Baird, A.R., Weaver, K.J., & Rasmussen, A.T. (2020). Whole body kinematic sex differences persist across non-dimensional gait speeds. *PLOS ONE*, 15(8).
4. Farina, K.A., & Hahn, M.E. (2021). Increasing Step Rate Affects Rearfoot Kinematics and Ground Reaction Forces during Running. *Biology*, 11(1), 8.
5. Germini, F., Noronha, N., Borg Debono, V., Abraham Philip, B., Pete, D., Navarro, T., Keepanasseril, A., Parpia, S., de Wit, K., & Iorio, A. (2022). Accuracy and Acceptability of Wrist-Wearable Activity-Tracking Devices: Systematic Review of the Literature. *Journal of medical Internet research*, 24(1), e30791. <https://doi.org/10.2196/30791>
6. Gibson, A.L., Holmes, J.C., Desautels, R.L., Edmonds, L.B., & Nuudi, L. (2008). Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-component–model percentage body fat in Hispanic, black, and white adults. *The American journal of clinical nutrition*, 87(2), 332–338.
7. Hadži Pavlović, Đ., & Nikolić K. (2024). Application of presence sensors with motionxrays technology during recreational running. *Sinteza 2024 - International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science*. <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2024-342-346>
8. Hunter, J.P., Marshall, R.N., & McNair, P.J. (2004). Interaction of Step Length and Step Rate during Sprint Running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(2), 261–271.
9. Luedke, L.E., & Rauh, M.J. (2021). Factors Associated With Self-Selected Step Rates Between Collegiate and High School Cross Country Runners. *Frontiers in sports and active living*, 2, 628348. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.628348>
10. Maksimović, D., i Barić, R. (2022). Motivacija za vježbanje rekreativaca, polaznika škola trčanja - spolne razlike. *Hrvat. Športskomed. Vjesn*, 37, 59–72.
11. Marković, V., Pokrajčić, V., Babić, M., Radančević, D., Grle, M., Miljko, M., Kosović, V., Jurić, I., & Karlović Vidaković, M. (2020). The Positive Effects of Running on Mental Health. *Psychiatria Danubina*, 32(2), 233–235.

12. Rajkumar, R.V. (2020). Indirect estimation of the step length of walking and running performances on the treadmill. *Int J Physiother Res*, 8(2), 3407-3414.
13. Rojano, D., Berral Aguilar, A.J., & Berral de la Rosa, J.F. (2021). Bilateral asymmetries and sex differences in the kinematics of running gait cycle of a group of Andalusian recreational runners. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación*, 41(41), 512–518.
14. Scheerder, J., Breedveld, K., & Borgers, J. (2015). Who Is Doing a Run with the Running Boom? *Running across Europe*, 1–27. https://doi.org/10.1057/9781137446374_1
15. Schubert, A.G., Kempf, J., & Heiderscheit, B.C. (2014). Influence of stride frequency and length on running mechanics: a systematic review. *Sports health*, 6(3), 210–217.
16. Senefeld, J.W., Shepherd, J.R.A., Baker, S.E., & Joyner, M.J. (2021). Sex-based limits to running speed in the human, horse and dog: The role of sexual dimorphisms. *The FASEB Journal*, 35(5).
17. Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
18. Šentija, D., Rakovac, M., & Babić, V. (2012). Anthropometric characteristics and gait transition speed in human locomotion. *Human Movement Science*, 31(3), 672–682.
19. Taylor-Haas, J.A., Garcia, M.C., Rauh, M.J., Peel, S., Paterno, M.V., Bazett-Jones, D.M., Ford, K.R., & Long, J.T. (2022). Cadence in youth long-distance runners is predicted by leg length and running speed. *Gait & Posture*, 98(98), 266–270.
20. Wirnitzer, K., Boldt, P., Wirnitzer, G., Leitzmann, C., Tanous, D., Motevalli, M., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2022). Health status of recreational runners over 10-km up to ultra-marathon distance based on data of the NURMI Study Step 2. *Scientific Reports*, 12(1).
21. Xiang, L., Wang, A., Gu, Y., Zhao, L., Shim, V., & Fernandez, J. (2022). Recent Machine Learning Progress in Lower Limb Running Biomechanics With Wearable Technology: A Systematic Review. *Frontiers in neurorobotics*, 16, 913052.
22. Yong, J.R., Silder, A., Montgomery, K.L., Fredericson, M., & Delp, S.L. (2018). Acute changes in foot strike pattern and cadence affect running parameters associated with tibial stress fractures. *Journal of biomechanics*, 76, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.05.017>