

## Variabilnost časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje pri starejših ženskah

### Variability of spatio-temporal gait parameters in elderly women

Darja Rugelj<sup>1</sup>, France Sevšek<sup>1</sup>

#### IZVLEČEK

**Uvod:** Namen raziskave je bil ugotoviti, kako se variabilnost časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje razlikuje pri treh različnih hitrostih hoje: pri sproščeni, hitri in počasni hoji pri skupini starejših, v skupnosti živečih oseb. **Metode:** V raziskavi je sodelovalo 23 žensk ( $73,5 \pm 6,8$  leta). Preiskovanke so hodile po eliptični poti, dolgi 30 m, na eni vzdolžni stranici elipse je bila postavljena 7 m dolga elektronska preproga GAITRite. Podatke smo analizirali s pripadajočo programsko opremo za spremenljivke: trajanje levega in desnega koraka, dolžina levega, desnega in dvojnega koraka ter širina korakov. **Rezultati:** Variabilnost hoje je bila najmanjša pri hitri hoji in se je z upočasnjevanjem hoje povečala, tako da je bila pri zelo počasni hoji pomembno večja kot pri sproščeni in hitri hoji. Koeficient variabilnosti je bil največji pri počasni hoji, in sicer pri trajanju levega koraka ( $7,3 \pm 5,63$  odstotka) ter pri širini podporne ploskve ( $55,45 \pm 68$  odstotkov). **Zaključki:** Hitrost hoje značilno vpliva na variabilnost hoje, zato je treba pri interpretaciji podatkov o variabilnosti časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje upoštevati hitrost hoje.

**Ključne besede:** hoja, variabilnost, časovne in dolžinske spremenljivke, starejši.

#### ABSTRACT

**Introduction:** The purpose of our study was to determine the influence of gait speed on spatio-temporal gait parameters in three walking speeds: preferred, fast and slow walking speed in a group of elderly community dwelling women. **Methods:** Twenty-three women ( $73.5 \pm 6.8$  years) participated in the study. Participants were walking on 30 m elliptical path, one longer side of which included 7 m instrumented walkway GAITRite<sup>®</sup>. The data were analysed by Gaitrite software to determine the left and right step and stride times and lengths, and base of support widths. **Results:** Gait variability was the lowest for fast walking and increased with the decreasing gait speed. It was thus significantly larger at low speed as compared to preferred and fast walking speeds. Coefficient of variability was the largest at the low speed for the left step time ( $7.3 \pm 5.63\%$ ) and for the base of support width ( $55.45 \pm 68\%$ ). **Conclusion:** Gait speed significantly influenced gait variability. It is thus essential to take it into account when interpreting the spatio-temporal gait variability parameters.

**Key words:** gait, variability, spatio-temporal variables, elderly.

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

**Korespondenca/Correspondence:** doc. dr. Darja Rugelj, viš. fiziot., univ. dipl. org.; e-pošta: darja.rugelj@zf.uni-lj.si

Prispelo: 03.04.2015

Sprejeto: 04.05.2015

**UVOD**

Hoja je avtomatično, ritmično gibanje, kar pomeni, da so zdrave osebe med enakomerno hojo sposobne od koraka do koraka ponavljati med seboj primerljive koordinirane gibalne vzorce (1, 2). Pri človeku je hoja najbolj trajno povezano (angl. hard wired) gibanje, zato je pričakovana variabilnost prostorskih in časovnih spremenljivk hoje majhna. Ritmičnost hoje je namreč krmiljena iz jeder v medmožganih, ki imajo neposredno povezavo z generatorji vzorcev v hrbtenjači (3), zato je majhna časovna in dolžinska variabilnost korakov povezana z varno hojo in odraža avtomatično, ritmično značilnost hoje. Pri mladih zdravih osebah je variabilnost med posameznimi koraki okoli 3 odstotke (4, 5), pri starejših pa so opazili povečano variabilnost (6), zato je bilo v zadnjem času namenjeno več pozornosti variabilnosti med koraki (od koraka do koraka – angl. stride to stride) za različne časovne in dolžinske spremenljivke hoje.

Variabilnost med koraki pokaže, kakšna je ponovljivost gibov udov in je definirana kot varianca opazovane spremenljivke hoje okoli povprečja večjega števila korakov. V literaturi so opisane različne mere variabilnosti, kot na primer standardni odklon (7), koeficient variabilnosti (8) in fraktalna dimenzija (9). Poleg variabilnosti časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje pa je pomembna tudi stabilnost trupa med hojo, ki jo pogosto podajajo kot lokalno dinamično stabilnost (10, 11).

Variabilnost lahko ugotovljamo pri več različnih časovnih ali dolžinskih spremenljivkah hoje. Opisane so variabilnost trajanja in dolžine enojnega in dvojnega koraka (12, 2), variabilnost trajanja dvojnega koraka (13, 8), širine korakov (7) in trajanja dvojne opore (14). Variabilnost različnih časovnih spremenljivk in variabilnost širine korakov odražata dve različni značilnosti hoje. Variabilnost trajanja enojnega in dvojnega koraka, ki je navadno nizka, kaže na konsistentnost cikla hoje in odraža sposobnost izvajanja ritmičnih ciklov hoje (6). Širina korakov in trajanje dvojne opore pa odražata mehanizme uravnavanja pokončne drže in ravnotežja (15). Velika variabilnost širine korakov kaže na ustrezne odzive in uravnavanje mehanizmov drže in ravnotežja, majhna variabilnost širine korakov pa je povezana

z nezmožnostjo prilagajanja ravnotežja in mehanizmov drže med hojo (6).

Prvotno je veljala variabilnost za biološki šum ali pa motnjo pri zajemanju podatkov, vendar se je kmalu pokazalo, da je variabilnost povezana z mehanizmi uravnavanja hoje (6), zato so jo začeli uporabljati kot klinični pokazatelj enakomernosti hoje (9, 16). Nedavne raziskave so pokazale, da je mogoče z ugotavljanjem variabilnosti hoje bolje razločiti med preiskovanci, kot je to mogoče s tradicionalnimi, navadno povprečnimi vrednostmi časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje. Variabilnost hoje se spreminja s starostjo in bolezenskimi spremembami (9). Znane so tudi povezave med variabilnostjo spremenljivk hoje in nekaterimi nevrodegenerativnimi boleznimi, kot sta na primer parkinsonova (17) in alzheimerjeva bolezen. Brach in sodelavci (7) so odkrili močno in pomembno povezavo med okvarami osrednjega in perifernega živčevja ter variabilnostjo spremenljivk hoje. Variabilnost trajanja faze enojne in dvojne opore je v pomembni korelaciji z možganskimi okvarami (7), pomembna pa je tudi korelacija med variabilnostjo širine koraka in okvaro somatske senzibilnosti (7). Poleg starosti in bolezni na variabilnost hoje vpliva tudi hitrost hoje. Povezavo med variabilnostjo hoje in različnimi hitrostmi hoje so pokazali tako pri mladih (2, 18) in starejših preiskovancih (19, 5, 2) kakor tudi pri otrocih (4, 2). Variabilnost hoje se navadno povečuje z zmanjševanjem hitrosti hoje, zato nas je zanimalo, kako se variabilnost časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje razlikuje pri treh različnih hitrostih hoje: sproščeni, hitri in počasni hoji pri skupini starejših, v skupnosti živečih oseb, kar je bil tudi namen naše raziskave.

**METODE****Preiskovanci**

V raziskavi je sodelovalo 25 udeležencev vadbe za ravnotežje (20). V skupini je bilo 23 žensk in 2 moška. Za nadaljnjo obravnavo smo upoštevali rezultate 22 preiskovank ženskega spola. Povprečna starost teh preiskovank je bila  $73,5 \pm 6,8$  leta, povprečen indeks telesne mase pa  $24,7 \pm 3,1$  kg/m<sup>2</sup>.

### Zajemanje podatkov

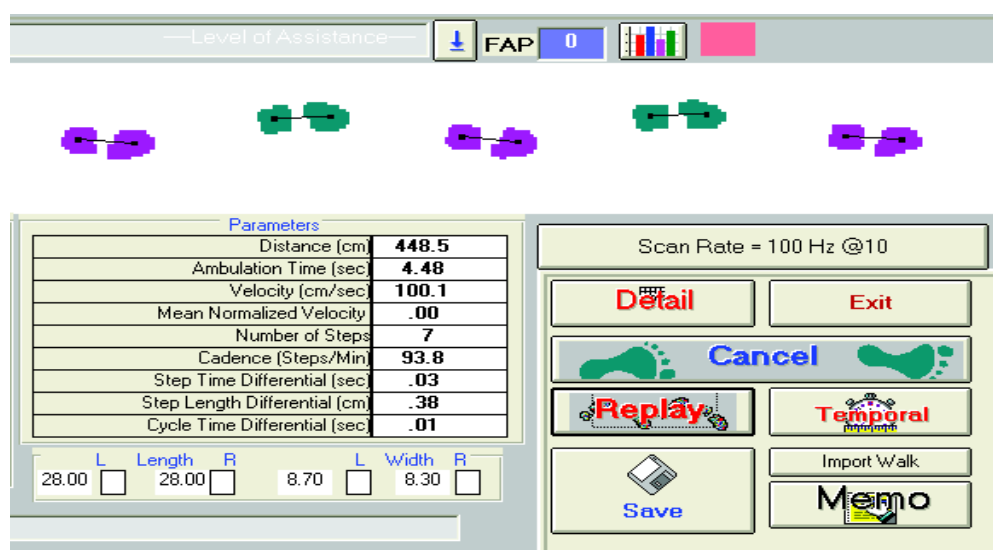
Prostor, v katerem so potekale meritve, je bil svetel, dolg in širok hodnik. Preiskovanci so hodili po eliptični poti, dolgi 30 m, na eni vzdolžni stranici elipse je bila postavljena 7 m dolga elektronska preproga GAITRite. Preiskovanci so skladno s priporočili za analizo časovno-dolžinskih značilnosti hoje in da bi bila zagotovljena enakomerna hitrost hoje med zajemanjem podatkov, začeli hoditi 2 m pred aktivnim delom preproge, kjer se meritev začne, in nadaljevali vsaj še 2 m po končani preprogi (21, 22).

Preiskovanci so hodili s tremi različnimi hitrostmi, najprej s svojo udobno hitrostjo, tako imenovano hitrostjo sproščene hoje, nato hitro, a še varno in končno še zelo počasi. Za navodila smo skladno s priporočili za klinično uporabo pri merjenju časovno-dolžinskih značilnosti hoje uporabili standardizirano obliko (21). Za normalno hitrost hoje so bila navodila taka: »Hodite tako, kot navadno hodite, na primer, kot da bi šli v trgovino.« Za hitro hojo: »Hodite, hitro kolikor hitro zmorete, na primer, kot da bi se vam mudilo na avtobus.« Za počasno hojo pa: »Hodite počasi, na primer, kot da bi si na sprehodu ogledovali naravo.« Preden smo začeli meritve, so preiskovanci prehodili eno eliptično pot in se tako seznanili z merskim postopkom ter z dolžino in obliko poti.

### Inštrumentarij

Za zajemanje podatkov smo uporabili elektronsko preprogo GAITRite (GAITRite® CIR Systems, Havertown, USA). GAITRite je elektronska preproga, povezana z osebnim računalnikom, ki je bila razvita za enostavno klinično analizo časovno-prostorskih spremeljivk hoje. Osnova uporabljenega sistema je 7 m dolga preproga, ki ima več kot 1000 za pritisk občutljivih, v mrežo razporejenih senzorjev. Za pritisk občutljivi del preproge je širok 61 cm in dolg 6,14 m. Signale zajema s frekvenco vzorčenja 100 Hz. Zajeti podatki se shranjujejo na računalniku, kjer s programsko opremo Gaitrite 4.0 določimo odtise korakov ter izračunamo časovne in dolžinske spremeljivke hoje (slika 1).

Elektronska preproga je veljavna (23) za merjenje časovnih spremeljivk hoje, McDonough in sodelavci (24) ter Binley in sodelavci (25) so poročali o visoki veljavnosti sistema tako za dolžinske kot za časovne spremeljivke hoje. Tudi ponovljivost meritev z elektronsko preprogo je dobra. Binley in sodelavci (25) so poročali o dobri kratkoročni zanesljivosti prostorskih in časovnih spremeljivk hoje, van Uden in Besser (26) pa o visoki zanesljivosti udobne in hitre hoje, ki sta bili izmerjeni v razmiku enega tedna, in sicer pri mladih preiskovancih. O odlični zanesljivosti poročajo tudi za starejše preiskovance (27). Sistem omogoča tudi zapisovanje in analizo podatkov za daljše časovno obdobje, na primer 7 minut hoje (28).



Slika 1: Primer zaslona za zajemanje podatkov s sistemom GAITRite in pripadajočo programsko opremo

**Analiza podatkov in metode statistične analize**

Analizirali smo eno časovno spremenljivko hoje – trajanje levega in desnega koraka – ter tri dolžinske spremenljivke – dolžino levega in desnega koraka, dolžino dvojnega koraka in širine korakov. Kot merilo variabilnosti smo uporabili standardni odklon (SO) časovnih in dolžinskih spremenljivk:

$$SO = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - POV)^2}$$

N posameznih vrednosti

obravnavane spremenljivke smo označili z  $X_i$ , njihovo povprečno vrednost pa s POV. Vrednosti standardnih odklonov smo izračunali za vse korake vsake osebe, poročamo pa o povprečju standardnih odklonov. Za lažjo primerjavo z rezultati iz literature smo za vse spremenljivke hoje izračunali tudi koeficient variacije (KV) kot relativni standardni odklon v odstotkih:  $KV = (SO/POV) \times 100$ .

*Tabela 1: Značilnosti hoje pri treh različnih hitrostih hoje. Podane so povprečne vrednosti in SO za vse preiskovanke.*

Značilnosti hoje	Prehrojena razdalja za analizo (cm)	Hitrost hoje (cm/s)	Število korakov za analizo	Kadence (število korakov na minuto)
Hitrost hoje				
Sproščena	1595 ± 41,6	132,6 ± 21,2	25,0 ± 3,6	122,4 ± 10,5
Počasna	1573 ± 172,0	85,7 ± 17,5	29,1 ± 4,9	93,1 ± 12,4
Hitra	1557 ± 94,1	169,4 ± 19,5	21,4 ± 2,6	138,5 ± 12,1

Povprečne vrednosti časovnih in dolžinskih spremenljivk vseh izmerjenih korakov za vse tri hitrosti hoje in njihove variabilnosti, izražene kot standardni odkloni (SO) za celo skupino preiskovank, so prikazane v tabelah 2 in 3. V tabeli 4 so predstavljene povprečne vrednosti

Podatke smo analizirali s programom SPSS.20 (SPSS Inc., Chicago, IL ZDA) in Microsoft Excel 2007 (Microsoft Inc, Redmond, WA, ZDA). Za ugotavljanje razlik med različnimi hitrostmi hoje smo uporabili analizo variance (ANOVA) za ponovljene meritve in LSD post hoc test. Stopnjo tveganja smo izbrali kot  $\alpha < 0,05$ . Za ugotavljanje povezave med različnimi hitrostmi hoje smo uporabili linearno regresijo.

**REZULTATI**

Povprečne vrednosti prehojene razdalje, ki je bila uporabljena za analizo hitrosti, števila korakov in kadence za vse tri izmerjene hitrosti hoje za celotno skupino, so dane v tabeli 1. Na podlagi teh meritev je bila izdelana analiza variabilnosti za časovne in dolžinske spremenljivke hoje za vse tri hitrosti hoje.

spremenljivk, povezanih z velikostjo podporne ploskve, to je kot levega in desnega stopala, ter širina korakov. V zadnjem stolpcu je dodana tudi variabilnost širine korakov, izražena kot standardni odklon vseh zaporednih korakov.

*Tabela 2: Povprečne vrednosti časovnih spremenljivk hoje za celo skupino in njihova variabilnost, izražena kot standardni odklon (SO) za levo (L) in desno (D) nogo*

Trajanje koraka	Trajanje levega koraka (s)	Trajanje desnega koraka (s)	SO trajanja levega koraka (s)	SO trajanja desnega koraka (s)
Hitrost hoje				
Sproščena	0,49 ± 0,04	0,49 ± 0,05	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Počasna	0,66 ± 0,09	0,65 ± 0,09	0,05 ± 0,05	0,08 ± 0,03
Hitra	0,44 ± 0,04	0,43 ± 0,04	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01

*Tabela 3: Povprečne vrednosti dolžinskih spremenljivk hoje za celo skupino in njihova variabilnost, izražena kot standardni odklon*

Dolžina koraka	Dolžina levega koraka (cm)	Dolžina desnega koraka (cm)	Dolžina dvojnega koraka (cm)	SO dolžine levega koraka (cm)	SO dolžine desnega koraka (cm)	SO dolžine dvojnega koraka (cm)
Hitrost hoje						
Sproščena	64,4 ± 7,4	65,3 ± 8,2	130,0 ± 15,0	2,3 ± 0,8	1,0 ± 0,7	3,6 ± 1,4
Počasna	55,6 ± 6,4	55,2 ± 6,5	110,4 ± 13,1	3,04 ± 2,6	3,2 ± 2,6	6,5 ± 7,4
Hitra	73,1 ± 7,9	73,9 ± 8,3	148,8 ± 16,8	2,4 ± 1,2	2,4 ± 0,9	3,7 ± 1,2

Tabela 4: Povprečne vrednosti spremenljivk, povezanih z velikostjo podporne ploskve, in njihova variabilnost, izražena kot standardni odklon za levo (L) in desno (D) nogo.

Kot / širina	Kot stopala L (stopinje)	Kot stopala D (stopinje)	Širina podporne površine L (cm)	Širina podporne površine D (cm)	SO širine podporne površine L (cm)	SO širine podporne površine D (cm)
Hitrost hoje						
Sproščena	5,9 ± 5,5	6,5 ± 4,7	7,7 ± 2,1	7,3 ± 1,9	2,1 ± 0,4	2,2 ± 0,6
Počasna	6,2 ± 5,4	6,9 ± 6,6	7,5 ± 2,5	7,3 ± 2,5	3,4 ± 1,8	2,8 ± 1,6
Hitra	4,8 ± 5,2	6,1 ± 4,7	7,5 ± 1,7	7,2 ± 1,8	1,9 ± 0,6	2,2 ± 0,7

Variabilnost spremenljivk hoje pri treh različnih hitrostih smo izračunali na dva načina. Najprej kot standardni odklon vseh korakov, ki jih je vsaka posamezna preiskovanka naredila na preprogi. V tabelah 2, 3 in 4 so predstavljeni povprečne vrednosti in njihovi standardni odkloni za: variabilnost trajanje koraka z levo in desno nogo

posebej, za dolžino koraka z levo in desno nogo posebej in za širino koraka z levo in desno nogo posebej. Izračunali smo tudi koeficiente variabilnosti za trajanje in dolžino koraka z levo in desno nogo posebej ter za širino korakov. Ti rezultati so prikazani v tabeli 5.

Tabela 5: Koeficient variabilnosti za trajanje in dolžino korakov ter za širino podporne ploskve, izražen v odstotkih za levo (L) in desno (D) nogo

KV	Trajanje levega koraka	Trajanje desnega koraka	Dolžina levega koraka	Dolžina desnega koraka	Dolžina dvojnega k. L	Dolžina dvojnega k. D	Širina podporne ploskve L	Širina podporne ploskve D
Hitrost hoje								
Sproščena	3,1 ± 1,1	3,3 ± 1,1	3,6 ± 1,3	3,1 ± 1,3	2,9 ± 1,2	2,8 ± 1,1	29,9 ± 11,4	33,2 ± 15,6
Počasna	7,0 ± 5,6	6,9 ± 5,3	5,8 ± 5,4	6 ± 5,76	4,8 ± 4,0	4,7 ± 3,5	55,5 ± 68	53,2 ± 70,7
Hitra	3,2 ± 1,6	3,3 ± 1,6	3,3 ± 1,7	3,2 ± 1,4	2,6 ± 0,8	2,6 ± 1,1	27,2 ± 13,9	31,5 ± 13

KV: koeficient variabilnosti

Za primerjavo variabilnosti časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje, izraženih kot SO, med različnimi hitrostmi hoje smo izračunali enosmerno ANOVA za ponovljene meritve. Variabilnost trajanja levega koraka med različnimi hitrostmi hoje se je statistično pomembno razlikovala ( $F_{2,63} = 13,812$ ,  $p < 0,001$ ). Variabilnost trajanja desnega koraka je bila med različnimi hitrostmi hoje prav tako statistično pomembno različna ( $F_{2,63} = 14,991$ ,  $p < 0,001$ ). Dolžina desnega koraka se je med različnimi hitrostmi hoje pomembno razlikovala ( $F_{2,63} = 5,010$ ,  $p = 0,011$ ), dolžina levega koraka pa med različnimi hitrostmi hoje ni bila pomembno različna ( $F_{2,63} = 1,436$ ,  $p = 0,249$ ). Variabilnost dolžine dvojnega koraka se je tudi pomembno razlikovala med tremi hitrostmi hoje: dolžina levega dvojnega koraka  $F_{2,63} = 3,033$ ,  $p = 0,05$  in dolžina desnega dvojnega koraka  $F_{2,63} = 3,617$ ,  $p = 0,032$ . Variabilnost širine korakov leve noge se je pomembno razlikovala  $F_{2,63} = 11,031$ ,  $p < 0,001$ , variabilnost širine korakov desne noge pa se med različnimi hitrostmi ni razlikovala ( $F_{2,63} = 2,796$ ,  $p$

$= 0,068$ ). LSD post hoc test je pokazal pomembno večjo variabilnost pri počasni hoji v primerjavi z normalno in hitro hojo za vse pregledane spremenljivke pri  $p < 0,001$ .

## RAZPRAVA

Namen te raziskave je bil ugotoviti, kako hitrost hoje vpliva na variabilnost časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje. Ugotovili smo, da je variabilnost hoje pri počasni hoji pomembno večja v primerjavi s sproščeno in hitro hojo za vse časovne in dolžinske spremenljivke, pri katerih je bila razlika med različnimi hitrostmi hoje statistično pomembna (variabilnost trajanja in dolžine koraka z levo in desno nogo posebej, pa tudi za dolžino dvojnega koraka in variabilnost širine korakov leve noge). Tudi Beauchet in sodelavci (2) poročajo o povečevanju variabilnosti z zmanjševanjem hitrosti hoje, pri čemer so kot glavni spremenljivki uporabili trajanje in hitrost dvojnega koraka za skupino zdravih odraslih preiskovancev. Variabilnost časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje je bila najmanjša pri hitri hoji,

kar je skladno s poročilom Jordana in sodelavcev (18) ter Beaucheta in sodelavcev (2).

Izražanje variabilnosti hoje s koeficientom variabilnosti ima prednost, saj je enota brez dimenzije, kar ji omogoča primerjavo med različnimi študijami. Variabilnost korakov je bila v naši skupini za dolžino levega koraka 3,62 pri sproščeni hoji in 3,26 pri hitri hoji. Brach in sodelavci (19) poročajo o nekoliko višji variabilnosti, in sicer za dolžino koraka 6,38 pri sproščeni hoji in 6,59 pri hitri hoji. Variabilnost širine koraka oziroma velikosti podporne ploskve je bila v naši skupini 33,2 odstotka pri sproščeni, 31,5 odstotka pri hitri in 53,2 odstotka pri zelo počasni hoji. Med tem ko Brach in sodelavci (19) poročajo o manjšem koeficientu variabilnosti za širino koraka, ki je bil 16,52 odstotka pri sproščeni hoji in 15,48 odstotka pri hitri hoji. Te razlike bi lahko vsaj delno pojasnili tudi z razliko v metodologiji merjenja širine koraka. Brach in sodelavci (19) so namreč merili širino korakov na zunanjem robu stopala, pri nas uporabljeni algoritem Gaitrite pa izmeri razdaljo od sredine do sredine podplata (29).

Pri ugotavljanju variabilnosti je pomemben tudi protokol zajemanja podatkov, saj je izračun odvisen od števila korakov in dolžine proge. Ugotovili so, da je izračunana variabilnost večja, kadar preiskovanci hodijo na krajše razdalje in je hoja med poskusi prekinjena v primerjavi z neprekinjeno hojo, kot je na primer pri hoji po eliptični poti (28). Ker so preiskovanci v naši raziskavi hodili po razmeroma veliki eliptični poti, predvidevamo, da na rezultate ni moglo vplivati zaustavljanje ali spreminjanje smeri. Dejstvo pa je, da je v vsakodnevem življenju hoja pogosto sestavljena iz krajših epizod, sestavljenih iz manjšega števila korakov, različnih hitrosti in spreminjanja smeri.

Variabilnost hoje pomembno prispeva k ugotavljanju ogroženosti za padce, saj je močno povezana z zgodovino padcev (8, 13). Toebees in sodelavci (11) poročajo o pomembni pozitivni korelaciji med variabilnostjo hoje in zgodovino padcev v skupini mlajših starejših preiskovancev, starih povprečno 63 let. Izmed 92 spremenljivk, ki opisujejo mišično zmogljivost, ravnotežje in hojo, je bila časovna variabilnost korakov tudi ena izmed

treh najpomembnejših spremenljivk, povezanih s padci starejših žensk s 74- do 76-odstotno občutljivostjo in specifičnostjo (30). Ugotavljajo, da je variabilnost hoje lahko samostojen napovedni pokazatelj za bodoče padce (8, 9). Variabilnost hoje je pomemben pokazatelj motene sposobnosti gibanja oziroma premikanja ali tako imenovane premičnosti. Večja variabilnost pri hoji je povezana z manjšim zaupanjem in nižjo stopnjo dnevne telesne dejavnosti (13) pri starejših osebah. Zavedati se je treba, da je tako prevelika kakor tudi premajhna variabilnost (13) povezana z oviranostjo v premičnosti in z zgodovino padcev.

Za klinično interpretacijo podatkov o variabilnosti časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje je pomembno tudi poznavanje klinično pomembne spremembe variabilnosti. Brach in sodelavci (12) so ugotovili, da je klinično pomembna variabilnost hoje, ki korelira s funkcijskimi testi za starejše osebe pri sproščeni hitrosti hoje, za SO trajanja zamaha in SO trajanja opore 0,01 s, za SO dolžine koraka 0,25 cm in za SO širine koraka 0,03 cm. Minimalna klinično pomembna sprememba neke spremenljivke pa je pomemben pokazatelj učinkovitosti pri vrednotenju različnih terapevtskih postopkov.

Na hitrost hoje vpliva tudi dodatna kognitivna naloga (31), zato je eden od dejavnikov, ki jih pri hoji opazujejo, tudi variabilnost in njena povezava z različnimi dodanimi kognitivnimi nalogami. Beauchet in sodelavci (32) poročajo, da se pri starejših osebah variabilnost hoje med izvedbo dodatne kognitivne naloge pomembno poveča. Lamoth in sodelavci (33) so s pomočjo pospeškometrov ugotovili, da se poveča variabilnost dvojnega koraka pri starejših osebah, kadar med hojo izvajajo dodatno kognitivno nalogo. Variabilnost hoje se najbolj poveča pri osebah, ki imajo pri kratkem poskusu spoznavnih sposobnosti izraženo večjo prizadetost.

Variabilnost odraža uravnavanje hoje z ritmičnim mehanizmom krmiljenja korakov, ki je odvisen od bazalnih ganglijev in centralnih generatorjev vzorcev hoje v hrbtenjači (34). Majhna variabilnost odraža avtomatizirane procese uravnavanja, ki so povezani z učinkovitim nadzorom in varnostjo hoje, povečana variabilnost časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje pa je povezana z višjimi nivoji

udeleženi pri upravljanju hoje. Beauchet in sodelavci (2) menijo, da je mogoče povezati povečanje variabilnosti hoje s povečano kontrolo na ravni možganske skorje. Opazna je tudi povezava med porabo kisika oziroma oksigenacijo hemoglobina in hitrostjo hoje. Pri počasni hoji je korelacija med variabilnostjo trajanja koraka in maksimalno oksigenacijo hemoglobina v precentralnem delu možganske skorje in suplementarni motorični skorji. Ti rezultati podpirajo hipotezo, da je variabilnost hoje povezana s povečano stopnjo možganske aktivnosti pri upravljanju počasne hoje (35).

### ZAKLJUČKI

- Variabilnost hoje je pri počasni hoji pomembno večja kot pri sproščeni in hitri hoji.
- Pri interpretaciji podatkov o variabilnosti hoje je treba upoštevati hitrost hoje, saj se variabilnost povečuje z zmanjševanjem hitrosti hoje.
- Upoštevanje hitrosti hoje je še posebno pomembno, kadar variabilnost hoje uporabljamo za napovedovanje padcev pri starejših osebah.
- Za ugotavljanje napovedne veljavnosti variabilnosti časovnih ali dolžinskih spremeljivk hoje so potrebne nadaljnje prospektivne študije na reprezentativnem vzorcu starejših oseb.

### LITERATURA

1. Newell KM, Vanemmerik, REA Lee D (1993). On postural stability and variability. *Gait & Posture* 1(4): 225–230.
2. Beauchet O, Annweiler C, Lecordroch Y, Allali G, Dubost V, Hermann FR, Kressig R, W (2009). Walking-speed related changes in stride time variability: effect of decreased speed. *Journal of Neuro Engineering Rehabil*, 6: 32.
3. Shumway-Cook A, Woollacott M. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
4. Hausdorff JM, Zeman L, Peng CK, Goldberger AL (1999). Maturation of gait dynamics: stride-to-stride variability and its temporal organization in children. *J Appl Physiol* 86 (3): 1040–1047.
5. Owings TM, Grabiner MD (2004). Variability of step kinematics in young and older adults. *Gait & Posture* 20 (1): 26–29.
6. Lord S, Howe T, Greenland J, Simpson L, Rochester L (2011). Gait variability in older adults: A structured review of testing protocol and clinimetric properties *Gait & Posture* 34 (4): 443–450.
7. Brach JS, Studenski S, Perera S (2008). Stance time and step width variability have, unique contributing impairments in older persons *Gait & Posture* 27 (3): 431–439.
8. Maki BE (1997). Gait changes in older adults: Predictors of falls or indicators of fear? *J. Am. Ger. Soc.* 45 (3) 313–320.
9. Hausdorff JM (2007). Gait dynamics, fractals and falls: finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. *Hum Mov Scie* 26. 555–589.
10. Dingwell JB, Cavanagh PR (2001). Increased variability of continuous over ground walking in neurophatic patients is only indirectly related to sensory loss. *Gait & Posture* 14: 1–10.
11. Toebes, MJP, Hoozemans, MJ M, Furrer R, Dekker J, van Dieen JH (2012). Local dynamic stability and variability of gait are associated with fall history in elderly subjects. *Gait & Posture* 36 (3): 527–531.
12. Brach JS, Perera S, Studenski S, Katz M, Hall C, Verghese J (2010). Meaningful change in measures of gait variability in older adults *Gait & Posture* 31(2): 175–179.
13. Brach JS, Berlin JE, Van Swearingen JM, Newman AB, Studenski SA (2005). Too much or too little step width variability is associated with a fall history in older persons who walk at or near normal gait speed. *J Neuroreorg Rehabil* 2.
14. Callisaya ML, Blizzard L, Schmidt MD, Martin KL, McGinley JL in sod. (2011). Gait, gait variability and risk of multiple incident falls in older people: a population-based study. *Age Ageing* 40: 481–487.
15. Gabel A, Nayak U (1984). The effect of age on variability of gate. *J Gerontol* 39: 662–666.
16. Dubost V, Kressig RW, Gonthier R, Herrmann FR, Aminian K, Najafi B, Beauchet O (2006). Relationship between dual-task related changes in stride velocity and stride time variability in healthy older adults. *Hum Mov Sci* 25: 372–382.
17. Frenkel-Toledo S, Giladi N, Peretz C, Herman T, Gruendlinger L, Hausdorff JM (2005). Effect of gait speed on gait rhythmicity in Parkinson's disease: variability of stride time and swing time respond differently. *J Neuroengineering Rehabil* 2: 23.
18. Jordan K, Challis JH, Newell KM (2007). Walking speed influences on gait cycle variability. *Gait & Posture* 26: 128–134.
19. Brach JS, Berthold R, Craik R, VanSwearingen JM, Newman AB (2001). Gait variability in

- community-dwelling older adults. *JAGS* 49: 1646–1650.
20. Rugelj D, Tomšič M, Sevšek F (2012). Effectiveness of multi-component balance specific training on active community-dwelling elderly. *HealthMed* 6 (11): 3856–3865.
  21. Kressig RW, Bauchet O (2006). Guidelines for clinical applications of spatio-temporal gait analysis in older adults. *Aging Clinical Experimental Research*, 18: 174–176.
  22. Puh U (2014). Test hoje na 10 metrov. *Fizioterapija*, 22 (1): 45–54.
  23. Cultip RG, Mancinelli C, Huber F, DiPasquale J (2000). Evaluation of an instrumented walkway for measurement of the kinematics parameters of gait. *Gait & Posture* 12: 134–138.
  24. McDonough AL, Batavia M, Chen FC, Kwon S, Ziai J (2001). The validity and reliability of the GAITRite system's measurements. A preliminary evaluation. *Arch Phy Med Rehabil* 82: 419–425.
  25. Binley B, Morris M, Webster K (2003). Concurrent related validity of the GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait& Posture* 17: 156–159.
  26. van Uden CJT, Besser MP (2004). Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite). *BMC Musculoskeletal Disorders* 5: 13.
  27. Menz H, Latt M, Tiedemann A, Kwan M, Lord S (2004). Reliability of the GAITRite walkway system for the quantification temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait Posture* 18: 20–25.
  28. Paterson K, Hill K, Lythgo N (2011). Stride dynamics, gait variability and prospective falls risk in active community dwelling older women. *Gait & Posture* 33: 251–255.
  29. CIR Systems: The Gaitrite Electronic Walkway Measurements & Definitions (2006) <http://www.cometasystems.com/cometasystems/images/Downloads/GAITRite%20Measurement%20Definitions.pdf> <2. 4. 2015>.
  30. König N, Taylor WR, Armbrrecht G, Dietzel R, Singh NB (2014). Identification of functional parameters for the classification of older female fallers and prediction of 'first-time' fallers.
  31. Rugelj D, Tomšič M, Sevšek F (2013). Do functionally fit elderly community-dwelling subjects have enough time to safely cross the road? *Promet (Zagreb)* 25 (1): 55–62.
  32. Bauchet O, Allali G, Poujol L, Bartelomy JC, Roche F, Annweiler C (2010). Decrease in gait variability while counting backward. A marker of »magnet effect«? *J Neural Transm* 117: 1171–1176.
  33. Lamothe CL, van Deudekom FJ, van Campen JP, Apples BA, de Vries OJ, Pijnapples M (2011). Gait stability and variability measures show effect of impaired cognition and dual tasking in frail people. *J Neuroengeneer Rehabil* 8: 2.
  34. Nutt JG, Marsden CD, Thompson PD (1993). Human walking and higher-level gait disorders, particularly in the elderly. *Neurology* 43: 268–279.
  35. Kurz MJ, Wilson, TW Arpin DJ (2012). Stride-time variability and sensorimotor cortical activation during walking. *Neuroimage* 59 (2): 1602–1607.