

UNIVERZITET U BEOGRADU
STUDIJE PRI UNIVERZITETU
MULTIDISCIPLINARNE DOKTORSKE STUDIJE

Nenad Nedović

**Uticaj kognitivnih funkcija na karakteristike
hoda osoba starijeg životnog doba**

Doktorska disertacija

Beograd, 2024

UNIVERSITY OF BELGRADE

STUDIES AT THE UNIVERSITY
MULTIDISCIPLINARY DOCTORAL STUDIES

Nenad Nedović

**The influence of cognitive functions on gait
characteristics in elderly people**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2024

Mentori:

Prof. dr Fadilj Eminović, Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Univerzitet u Beogradu,
Beograd, Srbija

Dr Saša Radovanović, naučni savetnik, Institut za medicinska istraživanja, Univerzitet u Beogradu,
Beograd, Srbija

Članovi komisije za odbranu doktorske disertacije:

Prof. dr Ljubica Konstantinović, Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

Prof. dr Aleksandra Vidaković, Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

Dr Milica Đurić Jovičić, viši naučni saradnik, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu,
Beograd, Srbija

Datum odbrane: _____

Mentors and members of the examination board

Mentors:

Prof.dr Fadilj Eminović, Faculty of special education and rehabilitation, University of Belgrade,
Belgrade, Serbia

Saša Radovanović, MD, PhD, Principal Research Fellow, Institute for Medical Research, University
of Belgrade, Belgrade, Serbia

Members of the Examination Board:

Prof. dr Ljubica Konstantinović, School of Medicine, University of Belgrade, Serbia

Prof. dr Aleksandra Vidaković, School of Medicine, University of Belgrade, Serbia

Dr Milica Đurić Jovičić, senior scientific advisor, School of Electrical Engineering, University of
Belgrade, Serbia

Date of defense: _____

Zahvalnica

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr Fadilju Eminoviću čije je rukovođenje i doprinos neizmerno doprineo ovom radu, kao i njegovo strpljenje i ljubaznost bez kojih ove teze ne bi bilo. Veliko hvala mom komentoru, dr Saši Radovanoviću, i njegovoj nezamenljivoj povratnoj informaciji i organizacionoj pomoći u sprovođenju ovde opisanih eksperimenata. Zahvalan sam i kolegicama neurolozima Klinike za neurologiju Univerzitetskog kliničkog centra Srbije u Beogradu, dr Vladani Marković i dr Ivi Stanković, koji su svojim praktičnim znanjem i vremenom doprineli pažljivom odabiru testova i testiranju pacijenata uključenih u studiju.

Zahvalan sam svojoj majci, baki, kao i prijateljima koji su me ohrabрили da istrajem kroz probleme i stignem do cilja.

Hvala vam.

Nenad Nedović

Uticaj kognitivnih funkcija na karakteristike hoda osoba starijeg životnog doba

Sažetak:

Starenje je proces koji počinje samim rođenjem i traje do smrti jedinke. Iako je hod automatska radnja ona ipak zahteva angažovanje dodatnih resursa nervnog sistema zavisno od težine samog dodatnog zadatka tokom hoda. U starijem dobu, sposobnost hodanja postepeno opada zbog faktora kao što su narušena ravnoteža, smanjena snaga mišića, narušen vid i propiocepcija. Takođe, kognitivne funkcije igraju ključnu ulogu tokom hodanja i postepeno opadaju sa godinama. Postoji veća varijabilnost u parametrima hoda kada se zahtevi tokom hodanja povećaju, u situacijama sa dvostrukim i višestrukim zadacima.

Deo naše studije bio je poređenje tri grupe zdravih ispitanika (51-65, 66-75 i preko 76 godina) i njihovih postignuća na različitim zadacima hodanja kroz kvantitativnu analizu samog hoda pomoću GAITRite merne trake, ali i hoda u uslovima istovremenog obavljanja motornog ili mentalnog zadatka, kao i njihovom kombinacijom. Takođe, analizirane su i njihove kognitivne sposobnosti pomoću određenih neuropsiholoških testova (Addenbrook's cognitive examination (ACE-R), Trail Making Test (TMT - A deo), Ray Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) i The Hooper visual organization test).

Dobijeni rezultati govore o povećanju trajanja ciklusa hoda, dvostrukog oslonca, kao i smanjenje dužine koraka prilikom vršenja dodatnog zadatka kod najstarije grupe ispitanika. Kognitivni testovi su takođe pokazali lošije rezultate u grupi ispitanika preko 76 godina starosti.

Na osnovu rezultata možemo zaključiti da sa starenjem dolazi do značajnih izmena u kognitivnom funkcionisanju kao i u parametrima hoda posebno onda kada se on kombinuje sa vršenjem još nekog dodatnog zadatka. U odnosu na to, doprinos ovog istraživanja ogleda se u prepoznavanju pokazatelja koji bi uspešno mogli diskriminisati stare osobe koje se nalaze u riziku od razvoja kognitivnih poremećaja i posledičnih motornih posledica. Rano otkrivanje poremećaja hoda može pomoći u identifikaciji starijih osoba sa povećanim rizikom od padova. Korišćenje paradigme dvostrukog zadatka, tokom procene hoda kod zdravih starijih osoba, može pomoći u ranom otkrivanju kognitivnog oštećenja u toku poremećaja.

Ključne reči: starenje, hod, kognicija, dvostruki zadatak

Naučna oblast: Medicina

Uža naučna oblast: Biomedicinsko inženjerstvo i tehnologije

The influence of cognitive functions on gait characteristics in elderly people

Abstract:

Aging is a process that begins at birth and lasts until the death of an individual. Although walking is an automatic action, it still requires the engagement of additional resources of the nervous system depending on the difficulty of the additional task while walking. In older age, walking ability gradually decreases due to factors including impaired balance, reduced muscle strength, and impaired vision and proprioception. Further, cognitive functions play a key role during walking and gradually decline with age. There is greater variability in gait parameters when the demands during walking increase, in dual- and multiple-task situations.

Part of our study was the comparison of three groups of healthy subjects (51-65, 66-75 and over 76 years old) and their achievements with different walking tasks through quantitative analysis of walking itself using a GAITRite measuring mat, but also walking in conditions of simultaneous performance of motor or mental task, as well as their combination. Also, their cognitive abilities were analyzed using certain neuropsychological tests (Addenbrook's cognitive examination (ACE-R), Trail Making Test (TMT - Part A), Ray Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) and The Hooper visual organization test).

The obtained results indicate an increase in the duration of the walking cycle, double support, as well as a decrease in the length of the step when performing the additional task in the oldest group of subjects. Cognitive tests also showed worse results in the group of respondents over 76 years of age.

Based on the results, we can conclude that with aging there are significant changes in cognitive functioning as well as in gait parameters, especially when it is combined with the performance of some additional task. In relation to that, the contribution of this research is reflected in the recognition of indicators that could successfully discriminate old people who are at risk of developing cognitive disorders and the resulting motor consequences. Early detection of gait disorders can help identify elderly people at increased risk of falls. Employing a dual-task paradigm during gait assessment in healthy elderly subjects may help identify cognitive impairment early in the course of the disturbance.

Keywords: aging, gait, cognition, dual task

Scientific field: Medicine

Specific subfield: Biomedical engineering and technology

SADRŽAJ

I UVOD.....	1
1.1. Starenje i starost.....	2
1.2. Demografske karakteristike stanovništva	3
1.3. Fiziološke promene organizma u toku starosti.....	4
1.4. Promene u kognitivnom funkcionisanju	6
1.5. Percepcija.....	7
1.6. Pažnja	9
1.7. Pamćenje	10
1.8. Inteligencija	12
1.9. Učenje i brzina procesuiranja informacija	12
1.10. Donošenje odluka i rešavanje problema	13
1.11. Govor i jezik	14
1.12. Mehanizam hoda	16
1.13. Pokreti stopala tokom ciklusa hoda	23
1.14. Mogućnosti analize hoda	24
1.15. Kinematički sistemi.....	28
1.16. Klinička procena hoda.....	29
1.17. Fiziološka osnova hoda	33
1.18. Vremenski i prostorni parametri hoda	35
1.19. Kognitivni sistem tokom kretanja	37
II PROBLEM, PREDMET, CILJEVI, ZADACI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	39
2.1. Problem i predmet istraživanja.....	40
2.2. Ciljevi istraživanja	41
2.3. Zadaci istraživanja	42
2.4. Hipoteze istraživanja	43
III METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	44
3.1. Mesto i vreme istraživanja.....	45
3.2. Organizacija istraživanja	46
3.3. Postupak istraživanja i način prikupljanja podataka	47
3.4. Uzorak istraživanja	48
3.5. Instrumenti istraživanja.....	49

<i>IV STATISTIČKA ANALIZA I REZULTATI</i>	52
4.1. Statistička analiza	53
4.2. Rezultati	54
<i>V DISKUSIJA</i>	72
<i>VI ZAKLJUČAK</i>	84
<i>LITERATURA</i>	87
<i>PRILOG 1</i>	115
<i>PRILOG 2</i>	123
<i>PRILOG 3</i>	125
<i>PRILOG 4</i>	126
BIOGRAFIJA	130

I UVOD

1.1. Starenje i starost

Gerontologija je nauka koja proučava starost i starenje, odnosno kvalitet života i procese koji se dešavaju u starosti. Starenje je proces koji počinje samim rođenjem i traje do smrti jedinke. Starost se ne oseća ili ne izražava na isti način kod svih ljudi u istim godinama i znatno ju je teže definisati. Na proces starenja utiče više različitih faktora (materijalni, kulturološki itd.) ali i starost po sebi vrši značajan uticaj na društvenu sredinu. Ona je zavisna od vremena i podrazumeva određeno fiziološko stanje organizma (Orimo et al., 2006; WHO, 2018).

Najčešća periodizacija starosti je hronološka, prema kojoj početno staračko doba možemo ograničiti starosnom grupom od 65. do 75. godine, srednje od 75. do 85. godine, a kao duboku starost označiti onu iznad 85. godine (Levine, 2013).

Uzroci procesa starenja nisu još uvek dovoljno poznati i definisani i ne postoji jedinstveno i opšte prihvaćeno mišljenje o procesima starenja i faktorima koji tome doprinose. U literaturi možemo naći da postoji čak 28 teorija o starenju kao što su teorija nagomilavanja mutacija, teorija slobodnih radikala, teorija „genskog sata“ itd. (Kunlin, 2010).

Ako bismo kategorisali teorije u odnosu na naučne oblasti, onda bismo mogli da ih podelimo na:

- One koje objašnjavaju starenje kroz nivo ćelija, organa i organizma – to su biološke teorije,
- One koje objašnjavaju starenje kroz odnos pojedinca i društva, a opet kroz proces starenja – to su sociološke teorije,
- One koje objašnjavaju starenje kroz razlike u kognitivnim funkcijama i sposobnosti procesiranja informacija između starih i mladih osoba, a koje se javljaju zbog promena na telu i čulima – kognitivne teorije (Schaie & Willis, 2015).

Starenje se ne mora odnositi samo na grupu starih osoba već i na sve one procese koji pokrivaju skoro 70% života, a mi često opisujemo kao odraslo doba. U opisivanju psihološkog starenja često koristimo termin "ponašanje" da bi stavili do znanja da su to procesi kontrolisani od strane CNS-a, ali su uključeni i drugi sistemi kao npr. mišićno-skeletni sistem (Bengtson & Schaie, 1999). Funkcije CNS-a kao sistema koji se dovodi u vezu sa kognicijom, emocijama, socijalnim procesima i ličnošću, ali i generalno zdravljem, su uključene u studije koje se bave starenjem (Craik & Bialystok, 2006).

Starost možemo podeliti na: kalendarsku – izraženo vreme od rođenja do određenog mernog dana i biološku – izraz strukturnih, metaboličkih i funkcionalnih promena u organizmu (Levine, 2013; Dziechciaż & Filip, 2014).

Poboljšanje prilagođavanja procesu starenja doprinose očuvano zdravlje, stabilne finansije, pozitivna retrospektiva prethodnog života, emocionalna stabilnost, kvalitet međuljudskih odnosa i dr. (Li & Lindenberger, 2002).

1.2. Demografske karakteristike stanovništva

Ubrzano starenje populacije i povećanje broja starog stanovništva je globalni trend, ali zahvaljujući stalnom napretku medicine, kao i visokom životnom standardu, stopa smrtnosti se snizila, dok se prosečni životni vek populacije produžio. Posledica pomenutog procesa je demografsko starenje stanovništva (Aiken, 1995; United Nations, World Population Ageing, 2015).

Očekuje se da će do 2030. godine populacija starijih od 60 godina porasti sa 1 milijarde na 1.4 milijarde ljudi. Takođe se predviđa da će broj osoba starijih od 80 godina biti trostruko veći do 2050. godine, dostižući 426 miliona. Ove promene se odvijaju velikom brzinom (WHO, 2012).

Porast broja starih ljudi je prvo započeo u zemljama sa visokim standardom (npr. u Japanu je 30% stanovništva starije od 60 godina) dok su trenutno zemlje sa nižim životnim standardom one koje imaju najveći porast broja starih (WHO, 2022).

Starenje postaje fenomen koji zaokuplja sve veću pažnju stručnjaka, pogotovo na kraju XX i na početku XXI veka i smatra se da prerasta u prvorazredni društveni problem. Prema demografskim prognozama, proces starenja stanovništva u svetu, a i u Srbiji, biće sve intenzivniji u decenijama koje dolaze, a posledice takvog procesa su brojne, pogotovo na društveni i ekonomski razvoj zemlje (Đukić, 2012; Bond et al., 1993).

Uzimajući u obzir demografske karakteristike zemalja, Evropa je region sa najstarijim stanovništvom. U grupi od 25 zemalja s najstarijim demografskim profilom, sve osim Japana su iz Evrope. Među njima je i Srbija, koja ima visok udeo stanovništva starijeg od 65 godina (17,5%). U prošlosti, u 70-ima, procenat starijeg stanovništva u Srbiji bio je manji (12%), ali je tokom vremena kontinuirano rastao pa je popisom stanovništva 2002. godine dostigao 21,6% u odnosu na ukupan broj stanovnika. Ove promene se mogu objasniti paralelnim procesima smanjenja prirodnog priraštaja s jedne strane, uz istovremeno podizanje životnog standarda koji je doveo do produženja životnog veka, s druge strane. Kada se uzme sve ovo u obzir ističe se potreba za uspostavljanjem sistema koji će zadovoljavati potrebe starih osoba (Devedžić et al., 2015; European Union, Directorate-General for Economic and Financial Affairs. 2014).

1.3. Fiziološke promene organizma u toku starosti

Postoje mnogi faktori koji utiču na dugovečnost, a možemo ih podeliti na unutrašnje (genetika) i spoljašnje (sredinski faktori i stil života). Neke od teorija, starenje pripisuju oštećenju DNK materijala tokom vremena. Sposobnost popravke tih oštećenja doprinosi dugovečnosti kod živih bića (Bürkle et al., 2005). Neki spoljašnji faktori deluju negativno i uključuju oštećenja nastala radijacijom, mikroorganizmima, toksinima, a neki mogu da deluju pozitivno kao što je fizička aktivnost. Fokus na spoljašnje faktore pruža više optimizma na sam proces starenja i oni su manje-više pod našom kontrolom (Woollacott, 1989).

Neurobiološke promene karakteristične za staro doba obuhvataju promene u obimu moždane mase, izmene aktivacionih puteva i promene u kruženju neurotransmitera. Istraživanja su pokazala da dolazi da smanjenja obima bele materije što je povezano sa slabljenjem egzekutivnih funkcija, brzine obrade informacija i eksplicitne memorije (Cotman, 1990). Deo tog gubitka nastaje usled smrti neurona, smanjenjem njihove mase, uključujući i belu materiju. U okviru tog gubitka, čeonni režnjevi pokazuju najveći gubitak zapremine (Raz, 2000).

Starost je individualni proces koji se karakteriše opadanjem kapaciteta organizma ali se na njega može uticati kroz vođenje adekvatnog načina života. Zbog pomeranja životne granice smatra se da razlike u dužini života zavise od uzajamnog delovanja faktora genetike i faktora sredine (navike, ishrana, klima). Bez obzira na dejstvo različitih, često udruženih faktora, starenje ne mora podrazumevati pad u svim funkcijama, već samo u nekim. Kako čovek stari, tako se postepeno ograničava funkcionalnost i povećava broj hroničnih bolesti (srčana oboljenja, artritis, dijabetes, gojaznost, moždani udar), kao i broj faktora rizika i stepen invaliditeta (Bjorn, 2016). Skoro 80% osoba starijih od 65 godina boluje od najmanje jedne hronične bolesti, dok 50% pati od dve i više bolesti. Na prvom mestu, kao najčešći uzrok smrti nalaze se srčana oboljenja, potom rak, dok su na trećem mestu moždani udari, koji su zajedno odgovorni za preko 60% smrtnih slučajeva kod starih osoba (Centers for Disease Control and Prevention, 2003).

Istraživanje o fizičkim sposobnostima čoveka otkrilo je da one dosežu vrhunac oko tridesetih godina života. U pedesetim godinama, čovek koristi oko 70% maksimalnih fizičkih sposobnosti, dok je u sedamdesetim godinama ta brojka malo iznad polovine od ukupnog procenta (Milosavljević, 1999; Atienza, 2001).

Fizička dimenzija starenja podrazumeva promene koje organizam doživljava na telesnom planu: telesna visina se smanjuje za 3–5 centimetra, mišići vremenom postaju manje elastični, dolazi do postepenog gubitaka mišićne mase (sarkopenija), dok kontrola motorike i kognitivnih funkcija može značajno kompromitovati samostalno funkcionisanje osobe (Van der Bij et al., 2002). Kod

starih osoba vremenom dolazi do deformiteta kičmenog stuba, u koje kao najčešće ubrajamo: senilnu kifozu (krivljenje vrata s ramenima i glavom povijenom napred), degenerativnu skoliozu (lateralno krivljenje kičmenog stuba) i lumbalni sindrom (bol u lumbo-sakralnom delu kičme koji ograničava pokrete trupa, te osoba često zauzima nepravilan položaj) (Kane, 1984). Najprepoznatljivije fizičke karakteristike trećeg doba jesu uočljive promene držanja tela (posture) i načina na koji stara osoba hoda (lokomocije).

Hod kod starih osoba je prepoznatljiv po usporenoj brzini kretanja, većem broju dodatnih koraka za prelazak iste distance u odnosu na mlađe osobe, kao i širokoj bazi oslonca (Studenski, 1996).

Ranije tokom života uspostavljena brzina hoda se ne menja mnogo do 70ih godina života kada krene da opada svaku narednu deceniju za 15% (Leiper & Craik 1991). Iako mlade osobe mogu značajno da ubrzaju korak, maksimalna brzina koju možemo da postignemo opada ranije tokom života, za svakih deset godina po 20% počev od 50 godine i to se dešava na račun smanjenja dužine koraka (Finley et al, 1969).

Sa godinama, dolazi i do problema sa ravnotežom koje se odražava na neke vremenske parametre hoda kao što je vreme provedeno u dvostrukom osloncu koje se povećava i do 26% u odnosu na 20te godine života (Murray et al, 1969).

Sve ove promene: smanjenje dužine koraka, smanjenje brzine hoda, kao i povećanje trajanja dvostrukog oslonca su kod starih osoba povezane sa povećanjem straha da će pasti (Maki, 1997).

Brzina hodanja u korelaciji je sa opštim zdravstvenim i funkcionalnim stanjem u kojem se čovek nalazi, te ukoliko je brzina usporena, veći je rizik od doživljavanja pada, hospitalizacije, i mortaliteta (Fritz & Lusardi, 2009).

U toku starenja dešavaju se promene na koštano-mišićnom sistemu kod mnogih starijih osoba. Pad mišićne snage je evidentan sa godinama pa se snaga mišića donjih ekstremiteta može smanjiti i za 40% do neke 80-te godine (Aniansson et al., 1986). Izdržljivost mišića (sposobnost da se kontinuirano kontrahuju) takođe opada sa godinama, ali je bolje očuvana nego snaga. Starenjem mišići postaju manji jer se mišićno tkivo zamenjuje vezivnim i masnim tkivom. Ovo je izraženije na donjim nego na gornjim ekstremitetima. Funkcionalno, maksimalna mišićna sila opada i brže nastupa zamor, posebno onda kada se generišu koncentrične kontrakcije ili kada su one velike brzine. Mišićna masa i smanjena snaga u donjim ekstremitetima su značajni u predviđanju nekog većeg funkcionalnog poremećaja kod starih ljudi (Reid et al., 2008).

Obim pokreta je smanjen u mnogim zglobovima. Smanjen obim pokreta kičmenog stuba vodi kifotičnom držanju i pomeranju težišta tela ka petama. Neke bolesti, kao artritis, smanjuju obim pokreta, a bol koji se tada javlja pravi dodatne probleme (Horak et al., 1989). Kifotično držanje je

udruženo sa slabijim ekstenzorima kičmenog stuba, narušavanjem ravnoteže i hoda, koji postaje sporiji (Katzman et al., 2007).

S protokom godina dolazi do smanjenja senzacija iz receptora u mišićnom vretenu, Goldžijevom tetivnom organu, zglobovima i koži. Oslabljene su funkcije tih senzornih struktura, gube se distalna mijelizovana senzorna vlakna i receptori i dolazi do smanjenja distalne propiocepcije u donjim ekstremitetima, kao i umanjene sposobnosti razlikovanja dodira i vibracija (Shaffer & Harrison, 2007).

1.4. Promene u kognitivnom funkcionisanju

Odraslo doba nije obeleženo stabilnošću o čemu govori i meta-analiza longitudinalnih studija ličnosti i starenja, koju su uradili Roberts i saradnici (2006). Oni su došli do podataka da skoro sve osobine ličnosti pokazuju značajne promene tokom odrasle dobi osim nekoliko kao što su samopouzdanje, nezavisnost u socijalnom kontekstu i emocionalna stabilnost, koje se ne menjaju mnogo nakon 40. godine.

Socijalna kognicija predstavlja način na koji osoba vidi druge, ali i sebe kroz odnose sa drugima. Proučavanje aspekta socijalne kognicije je značajno za razumevanje procesa starenja i načina na koji stare osobe doživljavaju svet koji ih okružuje. Iako populacija starih može biti u značajnoj meri funkcionalna i vešta u interreagovanju sa svojim okruženjem, negativni stereotipi koji postoje o populaciji starih mogu znatno doprineti načinu na koji osoba percipira sebe i svoje odnose (Brewer et al., 1981). Istraživanja su pokazala da negativni stereotipi koji se odnose na memoriju starih osoba mogu doprineti smanjenju njihove učinkovitosti na zadacima zapamćivanja, takođe, značajno je napomenuti da su istraživači procesa starenja došli do zaključka da sporija i manje efikasna obrada informacija onemogućava osobama da primene poznate, usvojene forme socijalnog ponašanja i time se prilagode novim okolnostima (Hummert et al., 1994).

Na kognitivno funkcionisanje utiče i stanje čitavog organizma u pogledu fizičkog zdravlja gde kardiovaskularni, endokrini, neurološki i drugi poremećaji pokazuju svoj negativan uticaj na funkcionisanje mozga (Anstey & Christensen, 2000).

Kognitivne sposobnosti su mentalni mehanizmi koji nam dopuštaju da izvršavamo bilo koje zadatke. Oni omogućavaju osobi da bude aktivna u primanju, biranju, transformisanju i procesuiranju informacija, a time i orijentaciji u svetu i oko sebe. Latinski izraz "cognitio" se koristi za opisivanje različitih mentalnih procesa, uključujući mišljenje, pamćenje, pažnju i kompleksne perceptivne

funkcije. Najvažnije kognitivne funkcije su percepcija, pažnja, pamćenje, inteligencija, učenje i brzina procesuiranja informacija, govor, mišljenje i donošenje odluka (Best, 1999; Fisher et al., 2017).

Otkrića novijeg datuma o kogniciji i starenju govore da je kognitivna aktivnost jedan od faktora koji doprinosi odlaganju kognitivnog pada, da fiziološke i kognitivne funkcije pokazuju sinhronizavani pad, a da neki faktori kao ishrana i vežbanje pozitivno utiču na kognitivno starenje (Deary et al., 2009).

1.5. Percepcija

Percepcija predstavlja organizaciju, identifikaciju i interpretaciju senzornih informacija u cilju razumevanja istih. Percepcija uključuje signale koje dobijamo putem čula, a koja su sama podložna promenama tokom života (Schacter et al., 2011).

Sposobnosti vida, sluha, osećaja položaja tela i orijentacije, kao i čula ukusa, mirisa i dodira, opadaju kako starimo, što može uticati na naše kognitivne funkcije (Lindenberger, Baltes, 1997; Schiffman, 1997; Mobley et al., 2014).

Kada se govori o somatosenzornom sistemu, dolazi do povećanja praga za razlikovanje vibratornih stimulusa posebno na donjim ekstremitetima tj. sa godinama postaje sve teže registrovati ovakve nadržaje. Taktilna senzitivnost takođe opada, pogotovo registrovanje pritiska što se pripisuje promenama na Majsnerovim i Pačinijevim receptorima, gde dolazi do smanjenja njihovog broja (Kenshalo, 1979).

Istraživanja su takođe pokazala i promene na strukturi čula vida. Promene u strukturi oka (zadebljavanje rožnjače, smanjenje elastičnosti sočiva, замуćenje staklastog tela) su praćene i promenama u funkciji kao što su smanjenje oštine vida, akomodacije oka, kontrastne osetljivosti, suženja vidnog polja itd. (Atchison & Smith, 2000). Dolazi do gubitka vidnog polja, pada oštine vida i kontrastne senzitivnosti što pravi probleme u razlikovanju kontura predmeta i dubine. Ove promene koje dolaze sa godinama utiču na mnoge funkcije, posebno sposobnost održavanja uspravnog položaja (Sturnieks et al., 2008). Premda se vid može iskorigovati naočarima, stari ljudi slabije razlikuju detalje, a slabije se i adaptiraju na mrak. Periferni vid se pogoršava sa godinama što ugrožava svakodnevne aktivnosti kao što je vožnja auta (Owsley, 2011). Sve ovo navedeno što se događa sa čulom vida vrši uticaj na kognitivne zadatke vizuelne pretrage (prepoznavanje objekata, slova ili brojeva) kao i na složenije zadatke poput donošenja odluka (Lindenberger, Baltes, 1994). Neke studije, kao što je Berlinska studija o starenju, su pronašle vezu između promena na čulu vida i promena u kogniciji tokom vremena (Marsiske et al., 1999).

Ni čulo sluha nije pošteđeno jer vremenom dolazi do postepenog i progresivnog gubitka sluha tj. dolazi do pojave staračke nagluvosti (presbiakusis) (Robinson & Sutton, 1979). Oštećenje sluha se najviše ispoljava na prepoznavanju tonova visoke frekvencije i može biti primetno već u 30-im godinama kod muškaraca, a u 50-im godinama kod žena. Usled starosti, dolazi do gubitka ćelija bazilarne membrane i umanjene nervne provodljivosti zbog smanjenja broja neurona u sklopu auditornog nerva. Sve ovo može voditi problemima u razumevanju govora, a time i učestvovanju u svakodnevnim aktivnostima (Fozard & Gordon-Salant, 2001).

Vestibularni sistem doživljava promene tokom starenja tako što dolazi do gubitka nervnih ćelija u ovom sistemu za 40% do neke 70 godine (Rosenhall & Rubin, 1975). Dolazi do gubitka broja i veličine neurona što vodi promenama u vestibularnom funkcionisanju (Iwasaki & Yamasoba, 2015; Arshad & Seemungal, 2016). Ovaj sistem služi za kalibraciju drugih, ovde navedenih sistema tako što učestvuje u kontroli ravnoteže i to posebno kada nismo u mogućnosti potpuno se osloniti na taktilne ili vizuelne informacije. Sa godinama vestibularne informacije bivaju manje pouzdane što može da vodi pojavi vrtoglavica kod starih ljudi. Vrtoglavica može biti simptom raznih oboljenja unutrašnjeg uva, kao i degenerativnih procesa na otolitnim organima usled starenja, a sve zajedno vodi gubitku ravnoteže tokom hoda (Allum et al., 1994).

Posturalna stabilnost se može definisati kao sposobnost zadržavanja položaja tela (težišta) unutar specifične granice prostora. Posturalna stabilnost zahteva interakciju čulnog (vid, vestibularna i somatosenzorna funkcija) i muskuloskeletnog sistema (biomehanička svojstva telesnih segmenata, mišići i zglobovi). Starenje je povezano sa promenama u funkciji svakog od čulnih i muskuloskeletnih sistema koji doprinose posturalnoj stabilnosti (Rai & Mulley, 2007).

Prilikom stajanja naše telo nije totalno mirno već vrši minimalna pomeranja koja liče na njihanje. Kada stojimo sa zatvorenim očima, i time isključimo čulo vida, ovo pomeranje biva pojačano. To je vidljivije kod starih ljudi, posebno ako se stoji na nekoj suđerastoj podlozi. Sve ovo ukazuje na značaj koji imaju promene na pojedinim sistemima na održavanje uspravnog stava (Teasdale et al., 1991). Sposobnost predviđanja situacija vezanih za držanje tela omogućava da se selektuju odgovarajuće senzorne i motorne strategije i time spreči eventualni pad. Stari ljudi, kao i mladi, skladište određene vizuelno-prostorne informacije u vezi eventualnih prepreka na putanji i onda ih ponovo koriste kad se nađu u istoj prostoriji ili situaciji (Zettel et al., 2008).

Posturalna prilagođavanja su neophodna da bi se telo stabilizovalo pre nego se napravi voljni pokret. Sa godinama ljudima je teže da vrše ova prilagođavanja pa se javljaju teškoće pri dinamičkim aktivnostima, dok hodamo ili nosimo neki predmet, i tada obično dolazi do pada. Registrovana su kašnjenja u reakcijama posturalnih mišića, što ukazuje da stare osobe imaju problem da brzo reaguju pogotovo bez prethodnog uvežbavanja. Takođe, kada su suočeni sa situacijom da vrše više zadataka istovremeno, često nemaju dovoljno kapaciteta u pažnji da ovo odrade na najbolji način. Količina

pažnje koja je uključena zavisi od toga koliko je komplikovan taj zadatak. Proces starenja vrši štetan uticaj na održavanje uspravnog stava i hoda, što vodi povećanim zahtevima kognitivne kontrole istih (Gilchrist et al., 2008).

1.6. Pažnja

Pažnja je posebno pogođena procesima starenja i vremenom postaje sve lošija (Li & Lindenberger, 2002). Dva aspekta funkcije pažnje posebno važna za svakodnevno funkcionisanje i sam kvalitet života starih osoba jesu selektivnost i deljenje pažnje. Selektivna pažnja podrazumeva sposobnost fokusiranja, selekcije i procesiranja jednog stimulusa, dok se istovremeno ostali stimulusi ignorišu. Stare osobe, za razliku od mlađih osoba, sporije reaguju na testovima koji angažuju ovu funkciju pažnje (Addie & Proctor, 2004).

Selektivna pažnja se usmerava na jedan aspekt okoline i ignorisanje svega ostalog (Bucur et al., 2005). Može se proceniti tzv. Stropovim testom gde se ispitaniku pokazuje skup reči štampanih u boji, a on treba da imenuje boju te reči. U ovom testu sve je dodatno otežano time što neke od reči i same imenuju boje pa ispitanici u tom slučaju mnogo sporije reaguju npr. kada je reč crveno odštampana žuto (Scarpina & Tagini, 2017).

Podeljena pažnja se širi na više aspekata jedne situacije, kao kada se tokom vožnje auta razgovara mobilnim telefonom. Dokazano je da kada se podeli pažnja, jedan ili oba zadatka trpe. U slučajevima kada se vozi auto i priča mobilnim telefonom, posledice na bezbednost vožnje su te da je duže vremena je potrebno za kočenje (McEvoy et al., 2005).

Podeljena pažnja se može meriti kroz vršenje dva, obično jednostavna zadatka, npr. dok ispitanici slušaju neki zvuk da reaguju na pojavu vizuelnog stimulusa na kompjuteru ili npr. da hodaju i daju odgovore na postavljena pitanja, što se naziva dvostrukim zadatkom ("dual task" ili "dual tasking") (Verhaeghen et al., 2003).

Starije osobe su manje uspešne od mlađih na ovim zadacima čak i onda kad su u pitanju neki manje naporni zadaci kao što je šetnja (Verhaeghen & Cerella, 2002). Hodanje i stajanje su zadaci koji zahtevaju pažnju, a starije osobe ih slabije izvode kada ih dodatno oteža neki kognitivni zadatak (Kelly et al., 2008).

Hodanje sa dva zadatka, koje uključuje dodatni kognitivni zadatak, ometa pažnju potrebnu za posturalnu kontrolu tokom hodanja. Prethodne studije su izvestile o uticaju kognitivnog statusa na hodanje sa dvostrukim zadatkom u opštoj populaciji i drugim populacijama pacijenata. Studija na mladim odraslim osobama koristila je kombinovani pristup funkcionalne bliske infracrvene

spektroskopije (fNIRS) i subjektivnih mera za procenu kognitivnog opterećenja tokom hodanja sa dva zadatka (Hoang et al., 2020). Nalazi su pokazali da se performanse hodanja smanjuju kako je zadatak postao složeniji. Ovo istraživanje doprinosi razumevanju promena kognitivnog opterećenja tokom hodanja pod različitim nivoima težine.

Sposobnost promene pažnje koja se vezuje za procesiranje dve informacije, ili više njih istovremeno, kod starih osoba s godinama značajno opada. Za razliku od mlađe populacije, oni sporije izvršavaju dualne zadatke, kao što je istovremeno izvođenje motornog (hodanje) i kognitivnog (brojanje unazad) zadatka, u kojima se zahteva podeljenost pažnje (Theill et al., 2011).

U studiji Rapp-a i saradnika (2005) ispitanici su učili spisak reči dok su stajali na platformi koja je merila kretanje njihovog težišta. Oni su se značajno više njihali dok su izlagali reči i to je bilo u većoj meri izraženo kod starih osoba u odnosu na mlade. Ova studija je takođe dokazala da su starije osobe sklonije da u ovim slučajevima favorizuju motorni zadatak (stajanje) naspram kognitivnog (izlaganje reči) za razliku od mlađih kod kojih je situacija obrnuta. Starim osobama je teže održati više od jednog zadatka aktivnim (Engle et al., 1999).

Svakodnevna izloženost različitim stimulusima iz okoline nosi sa sobom široku lepezu zadataka koje moramo da izvršimo. U vezi sa tim, neophodna je kontrola izvršenja da bi izabrali zadatak pomoću kojeg možemo ispuniti ciljeve. Međutim, dokazano je da uspešnost izvršenja opada kada je pred nama više od jednog zadatka pa moramo da menjamo fokus pažnje (Allen et al., 2002).

Još jedna važna osobina podeljene pažnje je sposobnost prebacivanja pažnje sa jednog zadatka na drugi. Primer je običan dan na poslu : pisanje mejlova, pozivanje brojeva, bavljenje klijentima i dr. Starijim osobama je znatno teže da održe dva zadatka aktivnim i manje su prilagodljivi tokom prebacivanja sa jednog na drugi (Verhaeghen and Cerella, 2002).

1.7. Pamćenje

Pamćenje je jedan aktivan mehanizam gde ljudi komunicirajući sa svojim okruženjem prikupljaju informacije koje nisu uvek tačna replika događaja koji su se desili. Te informacije biramo u zavisnosti od toga koliko smo motivisani, zainteresovani i u kakvom smo emocionalnom stanju u tom trenutku. (Laurale, 2015). U svemu tome i pažnja igra važnu ulogu tj. bolje pamtimo stvari kojima smo posvetili više pažnje.

Pamćenje možemo podeliti na kratkoročno i dugoročno. Kratkoročno pamćenje ili radna memorija zadržava informacije kraće od 15 sekundi i služi kao radni prostor uma (Miyake, 1999). Bopp i Verhaeghen (2005) su otkrili da mlađe odrasle osobe mogu držati oko 4 predmeta u radnoj

memoriji, dok stariji odrasli mogu držati samo 3. Ova vrsta pamćenja uključuje informacije koje skladištimo i one koje procesuiramo. One koje skladištimo nazivamo primarnim pamćenjem i možemo ih ispitati jednostavnim testom pamćenja serije brojeva (digit span test). Procesuiranje s druge strane podrazumeva da se određena informacija zadržava u svesti dok istovremeno obavljamo neki drugi zadatak. Istraživanja su pokazala razliku koja se javlja sa godinama kod ove komponente kratkoročnog pamćenja (Bäckman et al., 2001).

Dugoročno pamćenje se može razmatrati na različite načine, ono nije svesno prisutno kao kratkoročno već se po potrebi koristi i vraća iz memorije. Često se pravi razlika između implicitnog i eksplicitnog pamćenja. Implicitno (proceduralno) pamćenje ne zahteva svesno i namerno traženje informacija u memoriji npr. kao kad naučimo da vozimo bicikl i taj motorni obrazac se automatski koristi iz memorije kad god sednemo na bicikl, a da ne moramo da razmišljamo o svakom pokretu. Osim motornih, obuhvata i kognitivne veštine (Stuart-Hamilton, 2011).

Eksplicitno pamćenje podrazumeva korišćenje memorije na svestan i promišljen način. Eksplicitno pamćenje može da se podeli na semantičko i epizodičko pamćenje. Semantičko pamćenje se odnosi na pamćenje opštih činjenica, slično kao u enciklopediji, dok se epizodičko pamćenje odnosi na pamćenje događaja i iskustava čiji smo bili deo. Kod semantičkog pamćenja je izgubljena veza sa kontekstom odnosno na koji način smo nešto naučili i ono predstavlja nakupljeno znanje. Pri ispitivanju ove vrste pamćenja nema mnogo dokaza o razlici između mladih i starih u pogledu organizacije znanja (Zacks et al, 2000).

Epizodičko pamćenje je povezano sa nekim kontekstom, kako ili gde se nešto desilo. Često se testira pomoću liste reči, a od ispitanika se traži da ih upamti i ponovi posle određenog perioda. Što je zadatak apstraktniji i zahteva više truda za zapamćivanje, starije osobe postižu lošije rezultate. Bolji rezultati se postižu kada se upotrebi rekognicija npr. da prepoznaju reči koje su trebali da upamte u sklopu neke liste reči. Stari ljudi imaju i greške (iluzije) u upamćivanju tj. da produkuju reč koja nije ni postojala u testu samo zato što je slična sa nekom prethodnom (Craik, 2000).

Istraživanjem Parka i saradnika (2002) otkrivena je velika razlika u epizodičkom pamćenju između prosečne osobe od 70 godina i prosečne osobe od 20 godina u korist mlađih, kao i nepostojanje razlike u semantičkom pamćenju. Slično je dokazao i Verhaeghen (2003) korišćenjem testova rečnika gde su stariji imali bolja postignuća u pogledu semantičkog pamćenja.

Pomenute vrste pamćenja su oblici sećanja koji beleže prošlost. Pamćenje koje gleda u budućnost se odnosi na zadatke koje tek treba neko da izvrši - spisak mentalnih obaveza (npr. zakazati sastanak). Starije odrasle osobe su bolje na ovim i sličnim zadacima od mlađih kada im se traži da u određeno vreme u budućnosti pozovu neki broj (Stuart-Hamilton, 2011).

1.8. Inteligencija

Inteligencija bi mogla da se definiše na različite načine, a u suštini predstavlja adaptivno ponašanje usmereno ka cilju. Ispitivanje inteligencije se može vršiti kroz longitudinalna istraživanja i jedna od najpoznatijih takvih studija je ona Warner Schaie iz 2005. koji je merio longitudinalne promene u 6 kategorija inteligencije (indukovano rezonovanje, prostorna orijentacija, perceptivna brzina, numerička sposobnost, verbalna sposobnost i verbalna memorija).

Ovo istraživanje otkriva da se najbolji rezultati u ovim nabrojanim sposobnostima javljaju kasnije nego što se do tada mislilo, npr. perceptivna brzina oko 40. godine, verbalna sposobnost i memorija oko 50. godine, a da većina sposobnosti pokazuje pad posle 60. godine. Ova studija je otkrila da ne postoji univerzalni obrasci promena, već se rezultati razlikuju od osobe do osobe (čak i u devetoj deceniji, retko koji ispitanik je doživeo pad u svim kategorijama inteligencije).

Radna memorija s vremenom postaje sve slabija, pa stara osoba ima problema sa zadacima koji zahtevaju aktivnu manipulaciju, reorganizaciju i integraciju informacija (Hasher & Zacks, 1988). Javljaju se teškoće u obavljanju svakodnevnih životnih zadataka, kao što su donošenje odluka, planiranje, rešavanje problema, a koji upravo zahtevaju reorganizaciju i integraciju različitih informacija. Problemi u dugoročnoj memoriji manifestuju se teškoćama starih osoba da se sete prošlih događaja ili kada su i šta čuli ili videli (Craik, 1994). Ove kognitivne promene koje se javljaju sa starenjem usko su vezane za morfološke promene na mozgu; posle 40-te godine života, kako starimo, tako se volumen i težina mozga postepeno smanjuju, brzinom od 5% tokom jedne decenije, a naročito nakon 70-te godine (Peters, 2006).

1.9. Učenje i brzina procesuiranja informacija

Brzina izvršavanja mentalnih zadataka varira od pojedinca do pojedinca i od zadatka do zadatka (npr. za teže zadatke je potrebno duže vremena za izvršavanje). Ova brzina se meri jednostavnim zadacima kojima se dokazalo da se vrhunac brzine dostiže rano u odrasloj dobi, a da se posle javlja pad (Lindenberger & Baltes, 1997).

Istraživanjima se dokazalo da su stariji ljudi sporiji od mlađih, kao i da to usporavanje u nekim slučajevima može da se predvidi, i to proporcionalno (npr. osoba koja ima 70 godina će biti prosečno 40% sporija od osobe koja ima 20 godina) (Cerella et al., 1980).

Ova brzina lako može da se proceni na testu pritiskanja kočnica automobila u idealnim uslovima i u uslovima smanjene vidljivosti, gde će u oba slučaja starijim osobama biti potrebno više vremena (Charness & Bosman, 1995).

Kasnija istraživanja su pokazala i veće usporavanje kod starih osoba ako su zadaci u njima bili povezani sa prostornim pretragama, npr. locirati neki predmet u pretrpanom okruženju. Smanjenje brzine obrade informacija kod starih osoba ima za posledicu smanjenje učinka i gubljenje informacija kada one počnu brzo da se smenjuju i postanu složenije. Ova promena kod starih može objasniti u velikom procentu razlike koje se dešavaju pri zaključivanju, pamćenju i percipiranju prostornih odnosa (Verhaeghen & Salthouse, 1997).

Uticaj starosti se posebno ispoljava na brzinu procesuiranja informacija jer je sa godinama usporeno sprovođenje nervnih impulsa, a samim tim i motornih i misaonih operacija. Što je zadatak komplikovaniji i uključuje više operacija, usporenje je veće (Salthouse, 1996).

Oblast učenja obuhvata različite zadatke poput učenja motoričkih veština do učenja jezika, a ono se definiše kao proces promena u ponašanju kao rezultat iskustva i onoga što se proučava (Anderson, 2000). To je dugotrajan proces promene u ponašanju i ne može se povezivati sa kratkotrajnim promenama poput zamora ili delovanja nekih lekova, a neraskidivo je povezan sa pamćenjem (Birren & Schaie, 2001). Od izuzetne je važnosti utvrditi specifičnosti procesa učenja kod starih da bi se oni mogli podučavati novim veštinama ili pomoći im u borbi sa različitim problemima (Craik & Salthouse, 2000).

1.10. Donošenje odluka i rešavanje problema

Efikasnost rešavanja problema se ne meri samo kroz broj tačnih odgovora na nekom testu već i kroz značaj problema u svakodnevnom životu za datu osobu i mogućnost njegovog rešavanja. Problemi koji se svakodnevno javljaju su obogaćeni kontekstom i individualizovanim informacijama za onog ko taj problem rešava (Berg & Meegan, 1999).

Trenutna istraživanja predlažu da rešavanje problema ima jaku socio-emocionalnu komponentu. Kako ljudi postaju stariji, njihovi ciljevi u rešavanju problema su više vezani za druge ljude. Sam kontekst u kome se situacija odvija ograničava broj mogućih rešenja i zahteva od osobe fleksibilne strategije prilagođavanja (Blanchard-Fields et al., 1995).

Pri ispitivanju efikasnog rešavanja problema uzimaju se u obzir moguća rešenja na neka pitanja koja se tiču svakodnevnih situacija. Vidljivi pad kod starih ljudi na ovim testovima je povezan sa padom kognitivnih sposobnosti i njihovom borbom sa time kako najbolje da ulože svoj

emocionalni i fizički preostali kapital da bi našli najbolji odgovor na problem (Carstensen et al., 1999).

Stariji ljudi tumače probleme drugačije nego mladi tako što se usmeravaju na interpersonalne zahteve problema koji se dešavaju u socijalnim okvirima. Ono oko čega se može diskutovati su tvrdnje da iskustvo i dobro poznavanje neke situacije utiče na kompenzovanje deficita pri donošenju odluke kod starijih ljudi. Te odluke se kod njih vrlo često donose u kontrolisanom emocionalnom stanju za razliku od mlađih ljudi (Dixon, 1992).

1.11. Govor i jezik

Mogućnost efektivne komunikacije na bilo kom uzrastu od suštinske je važnosti za normalno funkcionisanje, a starim osobama može biti od vitalnog značaja. Otežana komunikacija onemogućava starim osobama da na pravi način saopšte šta ih muči, koje simptome osećaju, što može dovesti do narušavanja zdravstvenog stanja. Ako uzmemo u obzir socijalni aspekt funkcionisanja, govor i jezik imaju nezamenljivu ulogu u održavanju slike o sebi, samopouzdanja, kao i vrednovanja sebe kroz svoju socijalnu ulogu i poziciju (Meyer, 1986).

Teškoće u oblasti senzornog aparata koje su posledica procesa starenja (slabija funkcija čula vida i čula sluha) mogu dovesti do teškoća na polju komunikacije (nemogućnost da se čuje sagovornik u bučnom okruženju ili pročitaju sitna slova), ali se pomenute teškoće često mogu rešiti ili ublažiti pomoćnim sredstvima i aparatima, kao što je nošenje slušnih aparata, odgovarajućih naočara za vid ili prilagođavanje okruženja (Bayles & Kaszniak, 1987). Međutim, istraživanja su pokazala da su teškoće u komunikaciji kod starijih osoba u njihovim 60-tim i 70-tim godinama (kao što je na primer sposobnost imenovanja određenog objekta tokom razgovora) izazvane ne samo senzornim, već i neurobiološkim i kognitivnim faktorima (Beasley & Davis, 1981). Najveći pad jezičkih sposobnosti kod starih osoba obuhvata nemogućnost razumevanja govora u određenim okolnostima (brz govor sagovornika, bučna sredina, razgovor putem telefona) i pronalaženja adekvatne reči tokom razgovora (osećaj da je reč „na vrhu jezika“) (Hamilton, 1999).

Korišćenje i upravljanje različitim jezičkim oblastima (fonološka, leksička, sintaksička, semantička, pragmatička i oblast jezičkih diskursa) pokazuje tendenciju pada u starijem dobu. Promene u govoru starijih osoba u domenu fonološke oblasti proučavanja glasova kao govornih jedinica, podrazumevaju lošiju artikulaciju pojedinih glasova (prouzrokovanu drugačijom pozicijom određenih delova govornog aparata, pre svega usta i jezika), tiši i sporiji izgovor kao i teškoću procesiranja govornog inputa (Basso & Cubelli, 1999).

Leksikološka istraživanja, koja su se bavila proučavanjem reči kao jedinica značenja, su pokazala da su starije osobe postigle znatno slabije rezultate na testu produkovanja što većeg broja reči u okviru određene oblasti u datom vremenskom periodu. Osobe u svojim 70- tim, i starije, sporije su i prave veći broj grešaka pri imenovanju pojmova sa slike u odnosu na populaciju mladih. S druge strane, definisanje reči i saopštavanje njenog značenja ostaju kvalitativno nepromenjene, uz tendenciju bogaćenja rečnika i u kasnijem dobu (Connor et al., 2004).

Govor starijih osoba karakteriše pad sintaksičkih sposobnosti tj. mogućnosti kombinovanja reči u rečenice koji se manifestuje u korišćenju prostih rečenica (u većoj meri u odnosu na složene rečenice), slabijem razumevanju rečenica (naročito sintaksički složenih rečenica), parafraziranju i sposobnosti davanja odgovora na pitanja. Do sada istraživanja nisu pružila potvrdu o tome da li su teškoće u obradi složenih rečeničnih struktura kod starijih osoba posledica narušenog sintaksičkog znanja ili načina na koji se postojeće znanje koristi (Stine-Morrow et al., 2000).

Rezultati brojnih studija su pokazali da semantičke sposobnosti kod starijih osoba uglavnom ostaju nepogođene, odnosno nemaju tendenciju pada. Starije osobe su ostvarivale dobre rezultate na testovima vokabulara i prepoznavanja značenja reči. Čak i kada ne bi mogli da se sete određene reči koja im je „na vrhu jezika“, nuđenje određenih asocijacija dovelo bi do prepoznavanja značenja date reči (Kemper & Kliegl, 1999). Nemogućnost korišćenja i obrade složenih rečenica u domenu pragmatike doprinose da starije osobe ne mogu da se izbore i nose sa zahtevima okruženja, a ukoliko postoji i oštećenje čula sluha ili vida, komunikacija je dodatno otežana nemogućnošću prepoznavanja emocionalnog tona i drugih aspekata neverbalne komunikacije (izraz lica, mikro gestovi) (Ripich, 1991).

Postoje značajne razlike u korišćenju diskursa (usmene i pisane komunikacije) ne samo između populacije mladih i starih osoba, već i unutar populacije starih različitih godina, što otežava donošenje nekog opšteg zaključka. Razlike koje postoje odnose se na produkovanje diskursa težeg za praćenje, teškoća u prepričavanju događaja, davanju instrukcija i tendenciji starih osoba da budu nejasni u korišćenju uputnih izraza. Još uvek nije dokazano da li su pomenute razlike posledica pada u kognitivnim sposobnostima (memorije i pažnje), nemogućnosti razumevanja gledišta sagovornika (pragmatička sposobnost) ili teme razgovora (Nussbaum et al., 2000).

Senzorni, kognitivni i neurobiološki faktori i njihova međusobna interakcija doprinose promenama u govoru i jeziku starih osoba. Promene čula sluha i vida su najčešći pratilac procesa starenja. Različita oboljenja čula vida karakteristična za staro doba poput miopije, dijabetičke retinopatije, presbiopije i katarakte u značajnoj meri utiču na smanjenje efektivne komunikacije. Promene zahvataju širok raspon teškoća, od nemogućnosti da prepoznaju znake neverbalne komunikacije, teškoća u čitanju i pisanju do redukovanja socijalne interakcije. Oštećenja čula sluha (samog uva, slušnog nerva ili slušnog puta u mozgu) poput nagluposti ili potpune gluvoće dovode do

gubitka senzibilnosti za visoke tonove i nemogućnosti prepoznavanja govora u bučnom okruženju (Ulatowska, 1985).

Opadanje kognitivnih sposobnosti koje se dešava u starom dobu odražava se na kvalitet komunikacije populacije starih. Egzekutivne funkcije, radna memorija, brzina obrade i pažnja su elementi značajni za izvršavanje različitih jezičkih zadataka, a slabljene i opadanje pomenutih sposobnosti otežava starim licima korišćenje govora i jezika. Istraživanja su pokazala da sporija obrada informacija utiče na postizanje slabijih rezultata starih osoba na različitim jezičkim zadacima koja mere brzinu ili zahtevaju rad u ograničenom vremenskom periodu (imenovanje slika, nabranje, auditivno razumevanje). Takođe, ispitivanjem radne memorije kod starih osoba utvrđeno je da ostvaruju slabije rezultate zapamćivanja brojeva, oblika ili naziva dok simultano izvode drugi zadatak, npr. čitanje. Slabljenje egzekutivnih funkcija, poput planiranja, postavljanja ciljeva, usmerenog ponašanja i praćenja realizovanog, dovodi i do narušavanja jezičkih sposobnosti kao što je prebacivanje sa jedne na drugu semantičku subkategoriju (Perfect & Maylor, 2000).

Promene u domenu čulnog aparata i mozga utiču na promene kognitivnih funkcija što posledično rezultira promenama u govoru i jeziku starih osoba. Ipak, postoje hipoteze da mnoštvo individualnih faktora utiče na velike razlike koje postoje među starim osobama u pogledu uspeha na jezičkim zadacima i kvalitetu komunikacije. Socijalne varijable (uticaj pola, obrazovanja, socio-ekonomskog statusa), kao i uticaj motivacije, interesovanja, kognitivnog stila i depresivnog statusa tek treba da budu predmet kliničkih procena i eksperimentalnih studija (Poon et al., 1989).

1.12. Mehanizam hoda

Mobilnost definišemo kao mogućnost da se samostalno krećemo iz jednog mesta u drugo. Ona uključuje celo telo, koordinaciju mišića i zglobova, korišćenje senzornih informacija zbog kretanja u pretrpanim okruženjima. Hod predstavlja ponavljajući redosled pokreta nogu za kretanje tela unapred dok se istovremeno održava stabilnost oslonca, a ostvaruje se tako što se oslanjanje obema nogama menja sa oslanjanjem na jednu nogu. Takođe, podrazumeva sposobnost da se započne i završi kretanje, promeni brzina, pravac i izbegnu prepreke (Patla, 1991).

Kretanje se ogleda u 3 neophodna zahteva: progresija, posturalna kontrola i adaptacija:

1. Progresija - podrazumeva započinjanje i vođenje lokomocije u željenom smeru i završavanje lokomocije na krajnjoj ciljnoj tački;

2. Posturalna kontrola - uspostavljanje i održavanje odgovarajuće posture za lokomotiju kao i osiguravanje dinamičke stabilnosti tela u pokretu;
3. Adaptacija - prilagođavanja hoda u odnosu na postavljeni cilj i zahteve spoljašnjeg okruženja (Das & McCollum, 1988).

Ovi zahtevi moraju biti ispunjeni efikasnim strategijama koje će smanjiti stres na lokomotorni sistem i omogućiti njegovo dugotrajno korišćenje. Efikasnost hoda, između ostalog, zavisi i od mobilnosti zglobova i mišićne aktivnosti i za njegovo odvijanje nije potreban pun obim pokreta niti maksimalna mišićna aktivnost. Hodanje nudi mnogobrojne prednosti kao osnovna funkcija, pri čemu ljudi sa problemima hoda ulažu maksimalne napore za povratak ove sposobnosti. U slučajevima kada patološka stanja uzrokuju smanjenu mobilnost i mišićnu efikasnost, ljudi se trude da nadoknade izgubljene funkcije za hodanje, što može dovesti do veće potrošnje energije i smanjenja funkcionalnosti hodanja (Patla, 1997).

Ljudski hod može se podeliti na faze oslonca i zamaha u okviru kojih se ostvaraju određeni ciljevi da bi se ispunila tri prethodno navedena zahteva. Za vreme faze oslonca moramo da pomeramo telo u željenom pravcu i da se suprostavljamo sili zemljine težine. Faza zamaha podrazumeva kretanje noge u prostoru i repozicioniranje kao priprema za preuzimanje težine.

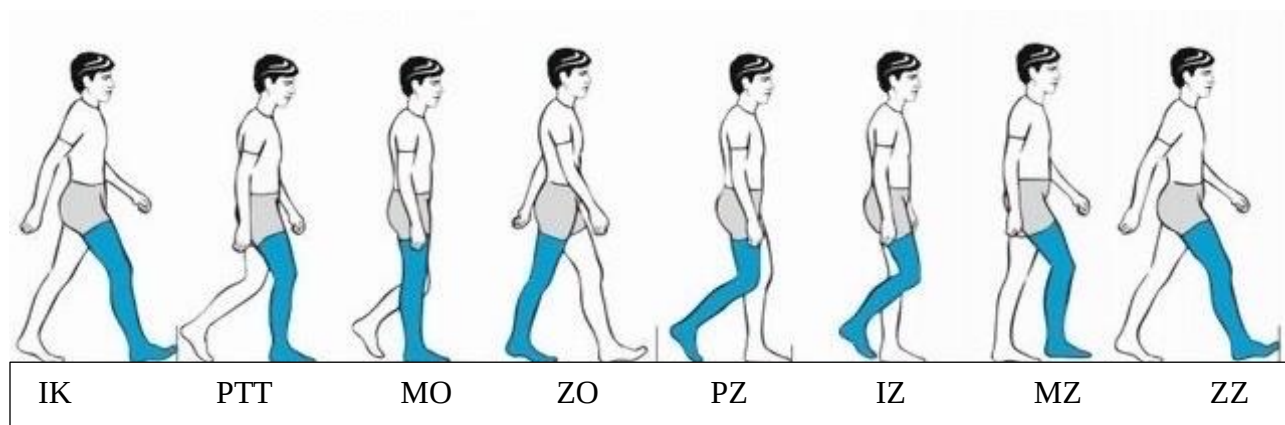
Lokomotorni sistem čoveka u kombinaciji sa receptornim sistemom je razvio strategije za ispunjenje zahteva u pogledu progresije, posturalne kontrole i adaptacije. Iako su prisutne i druge šeme kretanja (npr. skakanje) ljudi obično koriste simetrične naizmenične šeme hoda zbog omogućavanja dinamičke stabilnosti uz minimalne zahteve kontrole (Raibert, 1986). Ciklus hoda možemo definisati kao vreme između dva ipsilateralna kontakta pete stopala. Suprotna noga na sredini ovog puta počinje svoj ciklus.

Ciklus hoda čine dva glavna perioda: oslonac, koji počinje kada stopalo dodirne podlogu, i zamah, koje počinje kada stopalo napušta podlogu. Tokom normalnog hoda, 60% ciklusa hoda čini oslonac, a 40% zamah. Prvih i poslednjih 10% oslonca čini dvostruki oslonac, kada su oba stopala na tlu, dok se jednostruki oslonac dešava kada je samo jedno stopalo na tlu, obično u trenutku zamaha suprotne noge. (Murray et al., 1984).

Inicijalnim dvostrukim osloncem započinje se ciklus hoda. To je vreme kada su oba stopala na podlozi nakon inicijalnog kontakta sa podlogom noge koju posmatramo. Jednostruki oslonac započinje kad se kontralateralno stopalo odvoji od podloge za period zamaha i tokom njega ukupna telesna težina tela je na jednoj nozi. Završni dvostruki oslonac ili faza predzamaha započinje upravo pri kontaktu drugog stopala sa podlogom (kontralateralni inicijalni kontakt), a traje sve dok se noga koju posmatramo u periodu oslonca ne odvoji od podloge za period zamaha. Zamah je vreme kretanja noge unapred u slobodnom prostoru. Zamah započinje odvajanjem stopala od podloge i završava se u momentu ponovnog udara petom o podlogu kretanja (Murray, 1967).

Period oslonca je dalje podeljen na 5 faza (inicijalni kontakt, prihvatanje težine tela, međuoslonac, završni oslonac i predzamah), dok je period zamaha obično podeljen na 3 faze (inicijalan zamah, međuzamah i završni zamah) (Enoka, 2002):

- inicijalni kontakt označava momenat kada peta ili drugi deo stopala posmatrane noge prvi put dodirne podlogu, obeležavajući početak faze oslonca;
- prihvatanje težine tela sledi neposredno posle inicijalnog kontakta i karakteriše trenutak kada celo stopalo dolazi u kontakt sa podlogom, omogućavajući telu da napreduje dok suprotna noga napušta podlogu;
- međuoslonac je period kada noseća noga preuzima kompletnu težinu tela, a kontralateralna noga je u vazduhu;
- završni oslonac nastupa odmah posle kada peta noseće noge počinje da se odiže od podloge, označavajući kraj jednostrukog oslonca uz prenos težine na prednji deo stopala;
- faza predzamaha je poslednji deo oslonaca, počinje kada se peta odvoji od podloge, a noseća noga ostaje u kontaktu sa podlogom samo preko palca, predstavljajući drugi period dvostrukog oslonca;
- inicijalni zamah označava prvi deo zamaha, počevši od trenutka kada palac noseće noge napušta podlogu do momenta kada koleno dostigne maksimalnu fleksiju, sa natkolenicom koja se kreće napred;
- međuzamah je srednji deo zamaha, od maksimalne fleksije kolena do trenutka kada se potkolenica nalazi u vertikalnom položaju, sa kolenom koje se sada ekstendira i stopalom koje je očigledno podignuto;
- završni zamah ili faza deceleracije predstavlja poslednji deo zamaha, kada se referentna noga usporava pripremajući se za ponovni kontakt sa podlogom, prolazeći od vertikalne pozicije potkolenice do trenutka neposredno pre inicijalnog kontakta (Perry & Burnfield, 2010).



Slika 1. Ciklus hoda podeljen na faze: inicijalni kontakt (IK), prihvatanje težine tela (PTT), međuoslonac (MO), završni oslonac (ZO), predzadah (PZ), inicijalni zamah (IZ), međuzadah (MZ), završni zamah (ZZ). Izvor, modifikovano prema: Pirker, W., & Katzenschlager, R. (2017). Gait disorders in adults and the elderly. Wien Klin Wochenschr, 129, 81–95.

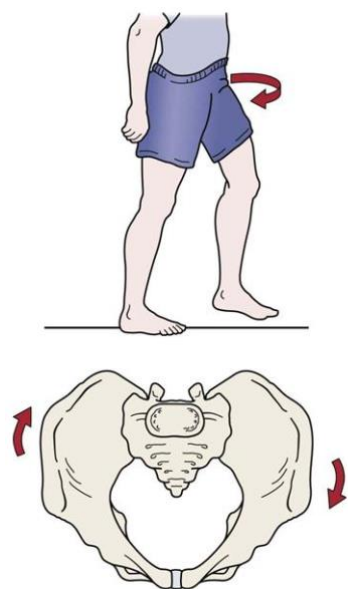
Jedan od načina za razmatranje normalni/abnormalni hod je kroz kinematiku ciklusa hoda tj. pokrete zglobova i segmenata tela kroz prostor. Koordinacija pokreta u svim zglobovima omogućuje da težište tela ima glatku sinusoidnu putanju, a time i celo telo.

Identifikovane su odrednice hoda koje omogućavaju čuvanje energije i smanjuju velika odskakanja u kretanjima težišta.

Ključni elementi koji oblikuju efikasan i energetski ekonomičan hod se nazivaju determinantama (odrednicama) hoda koje omogućavaju glatko kretanje centra gravitacije tela u svim ravnima. Oni uključuju:

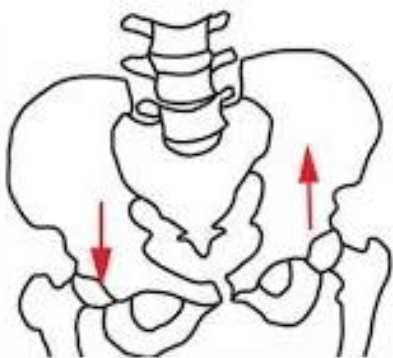
- rotaciju karlice,
- bočno nagnjanje karlice,
- fleksiju kolena u periodu oslonaca,
- mehanizam skočnog zgloba,
- mehanizam kolena i stopala,
- bočno pomeranje karlice i trupa (Saunders et al., 1991).

Kod prve odrednice hoda – rotacije karlice, karlica se okreće levo ili desno oko svoje vertikalne ose (u transverzalnoj ravni), odnosno napred i nazad, sa amplitudom od oko 4 do 5 stepeni u svakom smeru (ukupno 8 do 10 stepeni). Amplituda rotacije karlice se značajno povećava sa povećanjem brzine hoda. Ovi pokreti karlice se odvijaju u zglobovima kuka i lumbosakralnoj kičmi (i umereno na nivou sakroilijačnih zglobova). Nedostatak ili smanjena rotacija karlice vodi ka potrebi za povećanjem obima pokreta u kuku, porastu potrošnje energije za kretanje napred, kao i ka povećanom uticaju sila reakcije podloge na donje ekstremitete i trup (Inman et al., 1981).



Slika 2. Rotacija karlice u hodu. Izvor: Magee, D. (2008) Orthopedic physical assessment. 5th Edition, Saunders, Toronto.

Druga odrednica hoda predstavlja bočno nagnjanje karlice gde se karlica bočno nagnje za manje od 5 stepeni na strani noge koja je u zamahu. Ovo bočno nagnjanje karlice ka strani pokretne noge regulišu mišići abduktori kuka noge koja je u osloncu. Kako karlica pada na stranu pokretne noge, ta noga izgleda kao da je duža, a da bi se sprečilo da stopalo zahvata podlogu, pokretna noga se istovremeno skraćuje putem fleksije u kuku, kolenu i skočnom zglobu (Saunders et al., 1953).



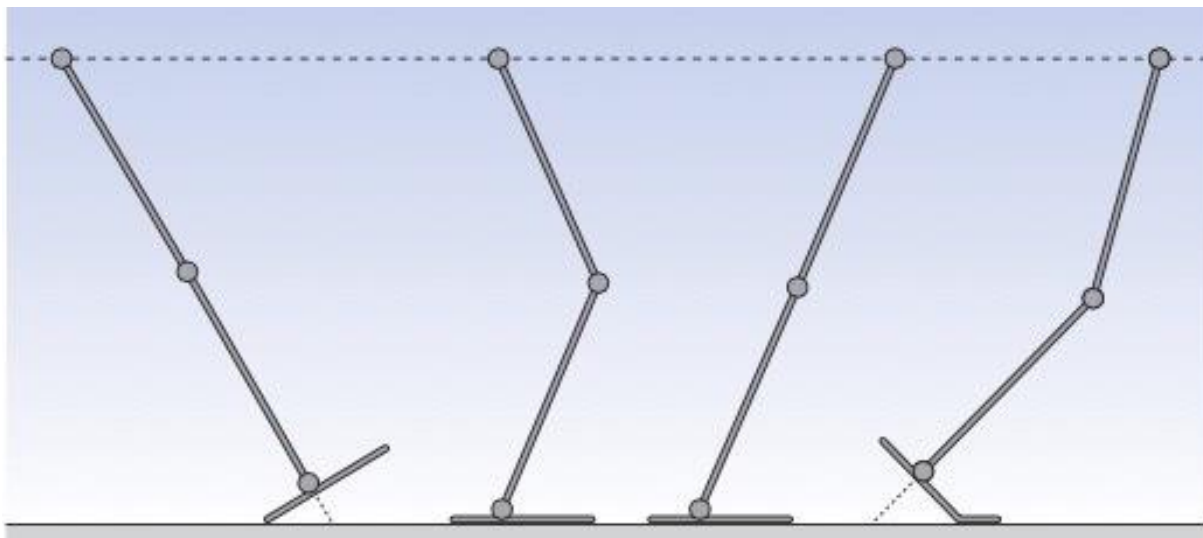
Slika 3. Bočno nagnjanje karlice. Preuzeto sa <https://samarpanphysioclinic.com/lateral-pelvic-tilt-treatment/> (pristupljeno 03.02.2024.)

Suprotnost drugoj odrednici hoda jeste podizanje karlice. Prekomerno podizanje karlice na strani pokretne noge, koje pokreću kontrakcije lateralnih fleksora trupa, započinje u početnoj fazi zamaha, nastavlja se kroz srednju fazu zamaha, te se koriguje u završnoj fazi zamaha. Ovo može dovesti do povećane rotacije karlice unapred radi ubrzanja u fazi zamaha (Rose & Gamble, 1994).

Kao treća odrednica hoda, fleksija kolena se događa u dva momenta tokom perioda oslonca: kao odgovor na udar pete o podlogu tokom kretanja i ponovo u trenutku odvajanja pete od podloge. Savijanje kolena smanjuje vertikalne oscilacije, a istovremeno povećava efikasnost apsorpcije udara. Ova reakcija se dešava pri udaru pete o podlogu tokom faze inicijalnog kontakta i faze prihvatanja težine tela (Perry, 1992).

Dorzalna fleksija stopala tokom perioda oslonca predstavlja četvrtu odrednicu hoda gde posmatramo tačku koja predstavlja centar rotacije skočnog zgloba koja se podiže i spušta tokom perioda oslonca obezbeđujući propulzivni pokret tela unapred. Dorzalna fleksija stopala tokom punog oslonca na jednu nogu predstavlja kretanje potkolenice u odnosu na fiksirano stopalo, i pri tome spušta težište tela (Perry, 1974).

Koordinacija pokreta kolena i stopala čini petu odrednicu gde koleno na nosećoj nozi počinje sa fleksijom pri udaru pete o podlogu, dok skočni zglob počinje sa plantarnom fleksijom, zatim se koleno ekstendira dok se skočni zglob dorzalno flektira u fazi međuoslonca. Zatim koleno na nosećoj nozi ponovo započinje fleksiju, a stopalo plantarno flektira u fazi završnog oslonca čekajući odvajanje palca od podloge. Koordinisanim pokretima kolena, skočnog zgloba i ostalih zglobova stopala sprečavaju se prekomerne amplitude kretanja težišta tela, poboljšavajući apsorpciju sila udara preko celog donjeg ekstremiteta (Kerrigan, 2003).



Slika 4. Koordinacija pokreta kolena i stopala tokom hoda. Preuzeto iz: Whittle M. (2007). Gait analysis: an introduction (4th ed.). Butterworth-Heinemann.

Lagano bočno pomeranje karlice i trupa čini šestu odrednicu hoda i iznosi do 2,5cm ka nozi u osloncu u trenutku kada se noga u zamahu prebacuje napred što je dovoljno za održavanje ravnoteže (Della Croce, 2001).



Slika 5. Bočno pomeranje karlice i trupa. Izvor: Magee, D. (2008) Orthopedic physical assessment. 5th Edition, Saunders, Toronto.

Prema teorijskim postavkama, rotacija karlice oko vertikalne osovine tokom hoda povećaće dužinu ciklusa hoda i smanjiće amplitudu oscilacija težišta tela što će rezultovati njegovoj putanji kretanja. Ako se ovom doda nagnjanje karlice ka napred, ta putanja će biti još više poravnata. To nagnjanje se dešava tokom zamaha noge. Tokom normalnog hoda postoji i bočno pomeranje karlice dok prebacujemo težinu sa noge na nogu, a širina koraka doprinosi veličini bočnog pomeranja.

Ovome treba dodati i pokret fleksije kolena tokom perioda oslonca koji smanjuje vertikalne pokrete težišta, a tokom zamaha gde smanjuje prividnu dužinu noge i sprečava zapinjanje stopala o podlogu kretanja.

Pokreti u skočnom zglobu doprinose efikasnosti hodanja tj. plantarna fleksija noge u osloncu omogućava glatko koraćanje i doprinosi brzini noge koja je u zamahu (Perry, 1992).

Takođe, pokreti u 3 glavna zgloba u stopalu doprinose posturalnoj kontroli i progresiji tokom hoda. U subtalarnom zglobu (spoj talusa i calcaneusa) se dešavaju pokreti inverzije i everzije. Everzija počinje sa kontaktom stopala o podlogu, a dostiže maksimum rano tokom sredine oslonca da bi onda došlo do promene sa najvećom inverzijom tokom početka zamaha. Tokom zamaha stopalo dolazi u neutralni položaj, a zatim ponovo u inverziju pre kontakta pete i podloge. Ti pokreti u subtalarnom zglobu su veoma važni i smanjena pokretljivost u ovom delu doprinosi stabilnosti stopala pri završetku oslonca. U mediotarzalnom zglobu (spoj prednjeg i zadnjeg dela stopala) tokom oslanjanja smanjuje se uzdužni svod, a time i sile koje deluju na stopalo, a pokreti u metatarzofalangealnim zglobovima smanjuju oslanjanje na vrhove prstiju (Perry & Burnfield, 2010).

Smanjenja vertikalnih pokreta težišta, njegova sinusoidna kretanja, kao i transfer energija (kinetičke i gravitacione), doprinosi metaboličkoj efikasnosti samog hoda (Saunders et al., 1953).

Zadatak mišića tokom oslonca je prihvatanje i progresija u kretanju tela dok su tokom zamaha aktivni na početku i na kraju perioda jer se noga tada kreće pendularno pod uticajem gravitacije (McMahon, 1984).

Na početku oslonca fleksija kolena apsorbuje sile reakcije podloge, kontakt sa podlogom se prenosi sa pete na celo stopalo. U ovom momentu ekscentrična aktivnost kvadricepsa kontroliše fleksiju kolena, a ekscentrična aktivnost dorzalnih fleksora (m. tibialis anterior) usporava stopalo pri spuštanju na podlogu. Ova njihova aktivnost se smanjuje kako se noga kreće ka međuosloncu. Kontrakcija ekstenzora kuka kontroliše pokrete ka napred koje prave glava, ruke i trup. Za generisanje propulzivne sile tokom kretanja zaslužni su mišići plantarni fleksori stopala (gastrocnemius i soleus) svojom koncentričnom kontrakcijom na kraju perioda oslonca uz pomoć fleksora kuka koji "povuku" nogu ka napred (Chen & Patten, 2008; Eng & Winter, 1995). Ovo generisanje od strane plantarnih fleksora čini polovinu metaboličkog utroška tokom hoda (Gottschall and Kram, 2003).

Energija dobijena na ovaj način se prenosi na trup koji obezbeđuje podršku za dalju progresiju tela (Kepple et al., 1997; Neptune et al, 2001; Winter, 1990). Ovde značajnu ulogu imaju ekstenzori kuka koji dodatno "guraju" telo i učestvuju u kontroli glave, ruku i trupa (Eng & Winter, 1995; Sadeghi et al., 2000).

Glavni zadatak mišića tokom zamaha je postavljanje noge na novo mesto na podlozi za nastavak kretanja što zahteva da prsti ne zapinju o podlogu i da noga dobije na brzini. Pre nego započne zamah noge, fleksori kuka uz pomoć bicepsa femorisa dovode koleno u fleksiju (Fox & Delp, 2010). Kvadriceps koncentričnom kontrakcijom, uz pomoć iliopsoasa, ubrzava fleksiju natkolenice ali njihova aktivnost se smanjuje do međuzamaha, a noga se kreće kao klatno.

Mišići zadnje lože se uključuju na kraju perioda zamaha da bi usporili kretanje natkolenice i pripremili nogu za kontakt sa podlogom, a mišići prednje strane potkolenice pomeraju stopalo u dorzalnu fleksiju. U ovom momentu se dešava i pasivna ekstenzija kolena (Winter, 1984).

Fleksije kuka, kolena i skočnog zgloba dovode do prividnog skraćanja noge koja je u zamahu i sprečavanju zapinjanja stopala o podlogu kretanja.

1.13. Pokreti stopala tokom ciklusa hoda

Termin dvokorak predstavlja rastojanje na podlozi od kontakta pete sa podlogom jedne noge do ponovnog kontakta pete sa podlogom iste te noge. U patološkim slučajevima može da se desi da je razlika u dužini ova dva koraka različita pa jedna noga ne može da prati drugu nogu i da prilikom iskoraka se postavlja pored noge koja je već iskoračila ili je iza nje. Što je onda često znak nekog odstupanja od normalnog hoda i treba ispitati kroz analizu hoda gde je problem. Širina koraka predstavlja rastojanje između unutrašnjih ivica stopala, odnosno medijalnih maleolusa i može biti povećano kod stanja gde je ravnoteža narušena ili nekada može biti i smanjeno u slučaju da, na primer,

hodamo na određeni način, kao što je to tandem hod gde želimo da ispitamo na primer, ravnotežu određene osobe (Inman, Ralston & Todd, 1981).

Kad razmatramo pokrete stopala tokom hoda polazimo od faze inicijalnog kontakta. Pri prvom kontaktu, skočni zglob je obično blizu neutralnog položaja, između plantarne i dorzalne fleksije. Stopalo je obično blago supinirano u ovom trenutku (najčešće kombinacija pokreta inverzije, addukcije i varus položaja stopala), a kod većine ljudi se vidi trag habanja na lateralnoj strani pete cipele. Mišić tibialis anterior je aktivan tokom perioda zamaha i u početnim faza oslonca, održavajući dorzalnu fleksiju stopala tokom perioda zamaha i pripremajući kontrolisani pokret plantarne fleksije koji nastaje nakon inicijalnog kontakta stopala.

Neposredno posle inicijalnog kontakta dolazi do faze prihvatanja težine tela i pomeranja tibije napred oko skočnog zgloba, dok stopalo ostaje fiksirano na podlozi. Skočni zglob se kreće iz položaja plantarne fleksiju u položaj dorzalne fleksije, a mišić triceps surae se kontrahuje ekscentrično.

Potom sledi faza međuoslonca koju karakteriše odizanje pete stopala kroz pokret plantarne fleksije skočnog zgloba, uz koncentričnu kontrakciju mišića triceps surae. Na kraju ove faze dolazi do premeštanja opterećenja sa sredine stopala ka zglobu palca koji će tokom naredne faze - predzamaha trpeti najveće opterećenje.

Posle faze predzamaha dolazi do odizanja stopala sa podloge koncentričnom kontrakcijom mišića tibialis anterior. Period zamaha ima tri faze, a započinje inicijalnim zamahom gde se najveći deo pokreta odvija putem fleksije kolena čime se sprečava zapinjanje stopala o podlogu kretanja. Nastavlja se dalje kroz fazu međuzamaha tokom koje stopalo prolazi ispod tela, a zapinjanje stopala o podlogu kretanja se sprečava aktivnošću mišića tibialis anterior-a i drugih mišića dorzalnih fleksora. Period zamaha se završava fazom završnog zamaha gde se stopalo priprema za novu fazu inicijalnog kontakta, a položaj noge i aktivnost mišića je slična kao tokom te faze. Ovaj detaljni opis pokazuje kompleksnost pokreta skočnog zgloba i povezanosti sa mišićnom aktivnošću tokom različitih faza hoda (Rose & Gamble, 1994).

1.14. Mogućnosti analize hoda

Određivanje aspekata hoda kroz posmatranje predstavlja najčešću metodu analize i otkrivanja problema u hodu u kliničkom okruženju. Pacijent se podvrgava hodu u različitim uslovima - hod u cipelama, bez njih, sa ili bez pomagala. Pregled obuće je bitan, omogućujući otkrivanje obrasca nošenja cipela.

Pacijent se ispituje na različite načine hoda - na prstima, petama, sa inverzijom, i everzijom stopala. Nesposobnost izvođenja određenih pokreta može ukazivati na slabost mišića, ograničenje

pokretljivosti, nestabilnost zglobova, ili mogući bol. Pacijent se podstiče da hoda različitim tempom, s obzirom na činjenicu da izbor brzine hoda zavisi od energetske karakteristike pacijenta. Opservacija hoda ne zahteva specijalnu opremu, osim organizovane evaluacije i razumevanja biomehanike hoda. Uprkos izvesnim ograničenjima posmatra se nekoliko aspekata: interakcija sa okolinom, pozicija tokom hoda, korišćenje pomagala kao i prilagođavanje različitim podlogama (Sutherland, 2001).

Bitno je razumeti primarni uzrok devijacija u hodu i fokusirati se na njegovu efikasnu terapiju, umesto na sekundarne devijacije koje su proizvod kompenzacije. Ovo podrazumeva poznavanje abnormalnih signala i simptoma, različitih uzroka i kompenzacija u lokomociji (Sutherland, 2002).

Analiza hoda se koristi radi pomoći u tretmanu samih pacijenata kao i u boljem razumevanju samog hoda.

Metode koje se koriste u analizi kreću se od jednostavnih koje ne zahtevaju korišćenje tehnologije, do onih složenih gde se koristi sofisticirana oprema. Iako je mišljenje da je savremena tehnologija bolja u ovu svrhu korišćenja, nekada jednostavni načini procene hoda mogu biti praktičniji i jeftiniji.

Najjednostavniji način analize hode je prostim posmatranjem. Ovakav način ima ograničenja jer golim okom ne mogu da se uoče neke brze promene i zahteva dobru uvežbanost onog koji posmatra. U prethodnim studijama, ovakav način analize je označen kao umereno pouzdan, jer izostaje uočen određeni broj devijacija u hodu (Krebs et al., 1985).

Kompletna vizuelna analiza bi značila posmatranje pacijenta tokom hoda i to gledajući ga sa svih strana i tražeći prisustvo ili odsustvo nekih abnormalnosti. Tokom analize treba da poredimo amplitude pokreta koje smo prethodno izmerili na samom pregledu (Rose, 1983).

Minimalna dužina hodnika po kome se hoda bi trebala da bude oko 10 m, ali može biti i kraća za one koji hodaju sporije ili imaju određene poteškoće u hodu. Širina hodnika treba da bude oko 3 m ili malo šire ako se dodatno sprovodi i snimanje kamerom.

Tokom analize pacijenti hodaju brzinom kojom inače hodaju, jer svako nametanje brzine pravi probleme prirodnosti hoda a posebno kod onih koji imaju problem u motornoj kontroli. Vizuelna analiza hoda u potpunosti zavisi od sposobnosti osobe koja je izvodi da vidi detalje. Pojava devijacije u hodu je obično posledica nekog problema na mišićno-skeletnom sistemu, koji je kompenzovan od strane pacijenta da bi mogao sto uspešnije da se kreće (Rose, 1983).

Drugi način posmatranja hoda je putem snimanja kamerom, gde je mnogo lakše detaljno uočiti neka odstupanja u hodu, a moguće je i samom pacijentu prezentovati njegov hod. Analiza parametara hoda na osnovu video snimka osobe koja hoda može biti jednostavna pod uslovom da osoba prolazi dva prepoznatljiva obeležja na podlozi. Jedan od načina je da osoba hoda preko dve linije na podu, postavljene na poznatoj razdaljini, a označene lepljivom trakom. Trebalo bi obezbediti dovoljno prostora za ubrzanje pre prve linije i usporavanje nakon druge. Prilikom gledanja snimka, meri se

vreme koje je potrebno da se pređe razdaljina, a mogu se brojati i koraci (Sutherland, 2005). Ovo i dalje nije objektivni način analize hoda, jer nije moguće ništa kvantitativno izraziti. Značajno je ipak to što postoji snimak, koji može kasnije biti analiziran u nekoj novoj proceni. Korišćenje snimanja omogućuje pacijentima da manje koračaju tokom procene, što može biti korisno kada je prisutan bol ili zamor. Takođe, na ovaj način studenti tokom nastave, mogu bolje da uoče devijacije zato što je moguće posmatrati usporen snimak. Pre samog zvaničnog merenja, potrebno je da ispitanik napravi nekoliko testnih šetnji, da bi razumeo šta se od njega traži. Od pomoći može biti postavljanje određenih markera na telo, tj. određene anatomske tačke da bi se bolje videli pokreti u svim ravnama.

Vreme ciklusa hoda, dužina koraka i brzina hoda se menjaju tokom različitih poremećaja na lokomotornom sistemu, u smislu da će pacijent sa produženim ciklusom hoda obično hodati sporo i kraćim koracima. Sve ovo pruža uvid u sposobnosti ispitanika i treba biti interpretirano u odnosu na godine života, pol i druge faktore.

Postoji mnogo sistema za merenje vremenskih parametara hoda, a jedan od njih je pomoću mernih traka sa senzorima gde je moguće izmeriti trajanje oslanjanja i poziciju stopala na podlozi. Merne trake mere vreme dodira stopala sa podlogom, položaja stopala na zemlji ili oboje. Merne trake sadrže veliki broj senzora koji detektuju položaj stopala kao i njegovog odvajanja od podloge. Ovo ima prednost u tome što nisu potrebni nikakvi kablovi, a moguće je merenje npr. dužine koraka i brzine hoda. Postoji niz komercijalnih sistema koji vrše ovu vrstu merenja, a jedan od takvih koji je u širokoj upotrebi i predstavlja zlatni standard, naziva se - GAITRite (Menz et al., 2004). Ova metoda se ističe u poređenju s drugim metodama zbog svojih prednosti koje podrazumevaju da pacijent nije povezan žicama za kompjuter, a moguće je meriti dužinu koraka.

Merenje pritiska stopala na podlogu tokom hoda može biti važan parametar, pogotovo kod nekih neuroloških ili reumatskih stanja. Ovakvi sistemi mogu biti u formi prostirke po kojoj se hoda ili uloška koji se stavlja u obuću. Autori navode da je kod ovih merenja važno napraviti razliku između sile i pritiska, koji predstavlja silu po jedinici površine. Tokom ovakvih merenja nedostatak je taj što će pacijenti izbegavati oslonac preko bolnih mesta, što se može pokazati kao zona sa smanjenim pritiskom tokom hoda. Kao jedan detalj uočava se potreba da se prilikom analize hoda pacijent savetuje da nosi stare cipele, jer se inspekcijom cipela sa svih strana mogu dobiti informacije o tome kako se stopalo ponaša tokom hoda. (Lord et al, 1986)

Dodatni element u analizi hoda mogu biti podaci dobijeni snimanjem električnih potencijala mišića, odnosno elektromiografijom. Elektromiografski nije moguće da se stekne uvid u tipove kontrakcija mišića u različitim fazama hoda. Jedan od najpraktičnijih načina merenja elektromiografske aktivnosti je pomoću površinskih elektroda, koje se lepe na kožu preko mišića. Ovaj način merenja nije pogodan za mišiće koji su duboko smešteni. Kod ovakvih merenja prisutno je i mešanje signala susednih mišića, pa je nekad bolje očitavanje signala većih grupa mišića.

Nedostatak elektromiografske metode je taj što nemamo podatke o samoj snazi mišićnih kontrakcija pojedinačnih mišića, kao i to što zahteva dobru uvežbanost ispitivača u smislu lociranja mišića i postavljanja elektroda na kožu (Kleissen et al, 1998).

Još jedan podatak koji nam može biti od značaja je merenje potrošnje energije, kroz merenje utroška kiseonika tokom vršenja hoda. Potrošnja kiseonika se meri analizom ekspiriranog vazduha, a od značaja je količina produkovanog ugljen-dioksida na osnovu koga se može doneti zaključak o samom metaboličkom utrošku. Tokom ovakvih merenja potrebno je da pacijent nosi masku koja mu prekriva lice, a analiza ekspiriranog vazduha se sprovodi kroz crevo koje je prikačeno na aparat/kompjuter za analizu.

Ovakav vid analize energetske potrošnje može biti zamenjen mnogo praktičnijim načinom merenja srčane frekvence, koja može da se sprovodi pomoći pulsmetra pričvršćenog pomoću trake za grudni koš ili pomoću satova koji imaju mogućnost da to mere (Rose, 1983).

Akcelerometri su pomoćni instrumenti, obično lagani i malih dimenzija, koji mogu da mere ubrzanje u jednoj ili više ravni. Oni mogu da izmere kratkotrajna i brza dešavanja u hodu, kao što je kontakt petom sa podlogom po kojoj se krećemo. Korišćenje ovih uređaja je u širokoj primeni pri kinematičkim analizama pokreta ekstremiteta, prilikom promene pozicije, gde oni mere ugaono ubrzanje (Morris, 1973). Ovakvi akcelerometri se mogu koristiti za merenje opštih parametara hoda a rade po principima klasičnog pedometra.

Dodatak akcelerometrima su žiroskopi koji mogu biti korišćeni da bi se merila orijentacija telesnih segmenata u prostoru i time dobila bolja slika o ubrzanju i ugaonoj brzini segmenata tela u različitim fazama ciklusa hoda (Nene et al, 1999).

Platforme sile mogu biti korišćene u svrhu procene hoda i to na način da osoba hoda preko njih. Na samoj platformi se nalazi veliki broj senzora koji se koriste da izmere fine promene na gornjoj površini platforme kada se primeni neka sila na nju. Izlazni signal se prikuplja na kompjuteru, a platforme često znaju biti ugrađene ispod nivoa podova. Da bi se pravilno snimilo ispitanik mora celim stopalom da se osloni na platformu. Potrebno je da imamo povezano više platformi po kojima bi ispitanici hodali, da bi se na ovaj način mogao analizirati hod (Gage, 1984).

Pri merenju hoda korišćenjem platformi sile treba da imamo na umu da sile koje se prenose preko stopala su izvedene od strane ukupne težine tela i platforme prezentuju u tri dimenzije ubrzanje težišta tela u celini. Nekada ovaj pristup može predstavljati izazov da se izmeri neki prolazni momenat, kao što je kontakt petom stopala prilikom iskoraka.

Prava vrednost platforme kao mernog instrumenta dolazi do izražaja kada se reakcija sile podloge kombinuje sa kinematičkim podacima. Platforme sile mogu biti korišćene i u merenju ravnoteže, odnosno posturalnog njihanja koje je prisutno u većoj meri kod određenih patoloških stanja.

1.15. Kinematički sistemi

Kinematika je merenje pokreta, a u analizi hoda se koristi da bi se zabeležili položaji određenih telesnih segmenata, njihova ubrzanja kao i uglovi između zglobova (Della Croce et al, 2005).

Kinematička merenja mogu biti prezentovana u dve ili tri dimenzije korišćenjem kamera. Kamera se postavlja pod uglom od 90 stepeni u odnosu na ravan u kojoj se izvodi pokret, na izvesnoj udaljenosti. Da bismo postigli preciznost u merenju, sistem mora biti kalibrisan, a merenja moraju biti sprovedena iz više uglova. Softver se koristi da se izračuna odnos između položaja određenih tačaka u sve tri dimenzije (Capozzo et al, 2005).

Preciznost u merenju zavisi od toga koliko je vidno polje same kamere. Kinematički sistemi se pokazuju kao dobri za merenje položaja, ali lošiji za merenje ubrzanja. Greške pri merenju položaja određenih tačaka često mogu da se dese zbog pomeranja markera na koži u odnosu na okolno tkivo. Postoje dva načina za postavljanje markera na ekstremitete. Jedan od načina je da se postavljaju direktno na određene anatomske tačke, a drugi način je da se postavljaju na određene čvrste strukture u tri dimenzije.

Pored kinematičkih mogu da se koriste fotografski sistemi. U ovu svrhu se koriste posebne kamere velike brzine, koje se takođe koriste i pri snimanju nekih sportskih događaja. Ispitanik se snima korišćenjem jedne ili više kamera dok hoda ili izvodi neku drugu aktivnost. Nakon snimanja moguće je analizirati snimak u više frejmova.

U upotrebi su takođe određeni televizijsko-kompjuterski sistemi koji za analizu hoda koriste fluroscentne oznake, koje se postavljaju na telesne segmente što bliže zglobova ili negde na samim ekstremitetima. Kada se takvi markeri osvetle, oni zasijaju poput znakova na putu, da bi potom bili snimljeni kamerom koja je povezana na interfejs ploču koja analizira svaki televizijski frejm (Whittle & Levine, 1997).

Moguće je da se neki od ovih kinematičkih sistema upare sa platformama sile, koje predstavljaju kinetičke sisteme i tada dobijamo velike mogućnosti za merenje i analizu različitih parametara. Sistem sprovodi kalkulacije tako što analizira momente sila svih većih zglobova.

Da bi se sprovedla analiza potrebno je imati opremljenu laboratoriju za kinetičko i kinematičko snimanje i to često sa mogućnošću snimanja EMG-a. Takođe, u takvim laboratorijama bi trebalo da postoji mogućnost snimanja video zapisa kao i merenja potrošnje kiseonika tokom hoda (Crosbie et al, 1997).

1.16. Klinička procena hoda

Kliničkom procenom hoda hoćemo da sagledamo kako osoba hoda tj. da dokumentujemo njegovo trenutno stanje i planiramo tretman.

Tokom donošenja kliničke procene treba proći kroz nekoliko nivoa. Na početku treba imati uvid u istoriju bolesti, sakupiti što više informacija od pacijenta i zatim tražiti od pacijenta da proba da hoda.

Nakon uočenih devijacija u hodu ćemo formirati neku pretpostavku o mogućem uzroku problema koji vodi ka tome da pacijent pokušava da kompenzuje taj problem i hoda što pravilnije. Testiranje te naše hipoteze možemo sprovesti u samoj laboratoriji korišćenjem video snimaka, kinematičkih merenja, platformi sile, elektromiografije itd. (Rose, 1983).

Različiti načini analize hoda procenjuju različite aspekte i obično daju najbolji rezultat kada se kombinuju. Najkorisniji podaci su oni koji se tiču momenata sile u zglobovima i elektromiografskih podataka.

Mnogi stručnjaci koji se bave kliničkom procenom hoda imaju probleme u pronalaženju uzroka zašto neko hoda nepravilno zbog mnoštva kompenzacija koje su prisutne. Kada pacijent dođe na pregled trebalo bi da mu se uzmu osnovne antropometrijske vrednosti a zatim da mu se snimi hod sa svih strana.

Veliki broj laboratorija se koristi snimanjem elektromiografije na određenim velikim mišićnim grupama ili specifičnim mišićima, koje zavisi od osobe do osobe (Gage et al, 1984). Zavisno od stanja pacijenta hod može da se odvija u različitim uslovima, na različite načine.

Opšti parametri hoda služe da se odredi stepen oštećenja ili efekat bilo kakvih pomagala za kretanje. Interpretacija analize hoda prolazi kroz analizu uglova između segmenata, momenata sile tipa mišićne kontrakcije koja je prisutna i elektromiografskih podataka (Davis, 1988).

Kada se detaljno utvrdi pacijentov problem u hodu odlučuje se o odgovarajućem tretmanu. Kada se sprovede tretman i posle određenog perioda ponovo se izvodi procena hoda. Svrha ove procene je da se sagleda uspeh tretmana i odrede budući koraci koji bi mogli da se sprovedu u pogledu fizikalne terapije ili neke druge terapije.

Parametri kojima možemo da procenjujemo uspeh neke terapije su određeni opšti parametri kao što je brzina hoda ili nivo energetske potrošnje. Brojne nepravilne šeme hoda su često rezultat loših navika osobe da tako hoda nego što je to odraz specifične patologije (Westock et al, 2003).

Treba znati razlikovati nešto što je stvar loše navike od onoga što je direktno posledica nekog patološkog procesa. Varijabilnost u hodu može da ukaže na uticaj neke loše navike, dok konstantnost određenog abnormalnog hoda ukazuje na prisustvo patološkog procesa.

Potrebno je dokumentovati svaki postupak u proceni da bismo mogli što preciznije kvantifikovati pacijentovu nesposobnost. To može da se sprovodi u toku samo jednog postupka odnosno viđanja sa pacijentom, ili je nekada potrebno sprovođenje serije procena da bi se sagledao i pratio napredak u terapiji korekcije hoda.

Za onog koji procenjuje pacijenta nekada je potrebno poznavanje mnogo detalja u vezi sa načinom hoda te osobe da bi doneli adekvatnu odluku. Rezultati procene nam služe da otkrijemo oblasti na koje se ne može dovoljno dobro delovati tretmanom ili možemo otkriti određeni plato u progresiji pozitivnih efekata tretmana.

Pored svega ovoga procenom možemo delovati motivišuće na pacijenta u onim situacijama kada on sam nije uveren u uspeh tretmana hoda (Hicks et al, 1988). Svaka objektivizacija praćenja progresije tretmana je dobra i u slučajevima kada se aplikuju određene relativno neispitane i alternativne metode za koje ne znamo do kakvih efekata mogu da dovedu. Procena hoda treba da bude deo svake procene kod stanja koja uključuju bilo kakva oštećenja na sistemu za kretanje.

Oštećenja u hodu mogu biti detektovana rano čime se omogućava rano delovanje, što dalje vodi prepoznavanju sličnih situacija kod određenog medicinskog stanja. Analizom uticaja sila reakcija podloge kretanja koja može biti slikovito predstavljena određenim grafikonom pomoću koga se može pratiti i progresija u rehabilitaciji (Roberts et al, 1999).

Mnogi autori upućuju na to da je analiza hoda važna prilikom procene pacijenata sa različitim bolestima ili kod onih koji sami imaju više zglobova pogođenih određenom bolešću. Tako možemo imati situaciju da kod jedne osobe problem smanjene pokretljivosti u jednom zglobu vodi situaciji kompenzacije i tako će se taj nedostatak u obimu pokreta odraziti na preveliko opterećenje u susednom zglobu ili kontralateralno. Ovo može rezultirati pojačanim simptomima na tom susednom zglobu, što može zamaskirati primarni problem.

Preporuka je da se sprovode detaljna procena hoda i adekvatna analiza dobijenih podataka, na osnovu koje sagledavamo primarni problem i u skladu sa tim sprovodimo određene akcije. Rešenje primarnog problema će dovesti do smanjenja simptoma na susednom zglobu, koji trpi veće opterećenje, i time pomoći pacijentu da koriguje hod i bude funkcionalniji u aktivnostima svakodnevnog života (Prodromos et al, 1985).

Drugi primer gde primarni problem može biti zamaskiran je da u situaciji povrede prednjeg ukrštenog ligamenta, elektromiografskom analizom okolnih mišića, se može uočiti povećana aktivnost mišića zadnje lože.

Ova elektromiografska merenja nam mogu služiti kao dijagnostički parametar ili parametar kojim mi možemo pratiti uspeh određene hiruške procedure kojom se sanira navedena povreda prednjih ukrštenih ligamenata. U situaciji navedene povrede mi možemo i kinematičkom analizom utvrditi neka odstupanja kao što je smanjenje u ekstenzionom momentu zgloba kolena, što može ukazati na smanjenje snage kvadricepsa. Ovakva promena u mišićnog snazi kvadricepsa često može voditi povećanju bola i disfunkciji većoj nego ona do koje dovodi povreda samog ukrštenog ligamenta (Berchuck et al, 1990).

Drugi autori ukazuju na mogućnosti procene hoda kroz merenje pritiska stopala u odnosu na podlogu kao pomoć pri izradi odgovarajućih uložaka za cipelu. Proizvodnja ovakvih uložaka može biti uz pomoć kompjutera i svaka buduća analiza pritisaka na stopalu može poslužiti da bi se proverila efikasnost njihovog korišćenja. Osim uložaka pomoću platformi sile moguće je pratiti simetričnost oslanjanja, što može poslužiti određivanju odgovarajućeg tipa obuće koju će pacijent koristiti. Takođe, analiza pritisaka može poslužiti u praćenju oporavka pacijenata kod različitih oštećenja ili povreda stopala (Lord et al, 1986).

Svrha korišćenja analize pritisaka na stopalu postaje značajna i u situacijama kada neko boluje od dijabetesa. Osobe s dijabetesom često pate od dijabetične neuropatije, gde se kao posledica mogu javiti rane od prevelikog pritiska na stopalo. Procenom hoda kroz procenu pritisaka na stopalu je moguće sagledati zone povećanog pritiska pre nego što se uopšte pojave rane koje mogu dovesti do infekcije i posledično amputacije stopala ako se adekvatno ne tretiraju. Otkrivanjem ovih mesta prevelikog pritiska možemo delovati tretmanom na njegovo smanjenje kroz određene uloške za obuću ili odgovarajuću obuću (Cavanagh et al, 1985).

Postoje i druge kategorije pacijenata koje mogu imati koristi od merenja pritisaka stopala na podlozi. Jedna takva kategorija pacijenata su pacijenti sa reumatološkim oboljenjima kojih ima u populaciji veliki broj. Posebna je ona populacija pacijenata sa reumatoidnim artritisom, kao oblikom reumatološkog oboljenja, pogođena promenama na malim interfalangijalnim zglobovima stopala koje vode formiranju deformiteta prstiju stopala. Ovi deformiteti značajno narušavaju hod pacijenata i posledično mogućnost obavljanja aktivnosti svakodnevnog života i njegov kvalitet. Procena hoda kod ovih pacijenata omogućava bolji uvid u njihovo trenutno stanje i prirodu oštećenja, a stručnjacima koji rade sa njima pruža vredne podatke u svrhu planiranja intervencija i fizioterapijskog tretmana kojim bi se ta oštećenja otklonila ili umanjila (Whittle, 2007).

Fizioterapijskim tretmanom je moguće delovati u situaciji kada npr. slabost određenih mišića ili određenih mišićnih grupa može dovesti do kompenzatornog mehanizma većeg opterećivanja nekih drugih mišićnih grupa u hodu.

Delovanje se sprovodi na taj način što ćemo za početak individualno raditi na ojačavanju slabih mišića, a onda povećanje u njihovoj snazi pokušati uklopiti u promenu šeme patološkog hoda

u fiziološku šemu hoda. Ovaj proces zahteva aktivno učešće pacijenta, prvo kroz razumevanje samih kineziterapijskih procedura a potom i motivisanost pacijenta za uporno vežbanje do postizanja zadovoljavajućih rezultata. Rezultate primenjenih fizioterapijskih i kineziterapijskih procedura možemo pratiti i analizirati kroz sveobuhvatnu procenu hoda praćenjem kinetičkih, kinematičkih, elektromiografskih, energetskih i drugih varijabli (Jefferson & Whittle, 1989).

Procena hoda pokazuje svoju vrednost posebno u oblastima gde se primenjuju određena protetička i ortotička pomagala. Tako npr. prilikom planiranja aplikovanja proteza objektivna procena i analiza hoda može pomoći da se proteza adekvatno pozicionira i podesi, a ponovljena merenja mogu pomoći da se navedena podešavanja sprovode sve dok proteza ne bude idealno postavljena (Lehmann et al, 1987).

Takođe, u slučajevima kada je iz razloga neke povrede ili reumatološkog oboljenja sprovedeno ugrađivanje endoproteze određenog zgloba, jednostavna procena i analiza hoda može pomoći da se ispita funkcija prisutnog veštačkog zgloba u svim fazama hoda. Analiza hoda može značajno pomoći da se ispita čuvanje i oslobađanje energije od strane same proteze i na taj način da se vidi koliko određena vrsta ili tip proteze zadovoljava potrebe te kategorije pacijenata (Hicks et al., 1985).

Budućnost sa sobom nosi mogućnosti primene veštačke inteligencije u različitim aspektima života, uključujući i procenu hoda. Ovakvi matematički modeli mogu nam na osnovu pretpostavke dati određene podatke koji se tiču dejstva određenih momenata sile na meka tkiva i zglobove. Da se ne bi sve zasnivalo samo na pretpostavkama, potrebno je navedene podatke proširiti podacima koji se ne mogu pretpostaviti kao što je npr. elektromiografsko ponašanje mišića (Whittle, 2007). Sa razvitkom novih tehnologija procena hoda postaje jednostavnija i pristupačnija, tako da korišćenje određenih video sistema ne zahteva prevelika ulaganja.

Razni kinematički i kinetički sistemi su sve više prihvaćeni od strane stručnjaka, kako onih koji pre svega rade sa osobama koje imaju različite medicinske probleme tako i onih koji rade sa zdravim ljudima odnosno sportistima. Pomaci u korišćenju dostupne tehnologije vode ka tome da ona neće biti samo korišćena u proceni i analizi hoda već i pri analizi drugih ponašanja sistema za kretanje.

1.17. Fiziološka osnova hoda

Studije na životinjama su pokazale da postoje centralni generatori šeme hoda u kičmenoj moždini i igraju važnu ulogu u kreiranju pokreta tokom hodanja (Smith, 1980; Wallen, 1995).

Neki takvi centralni generatori programiraju ritmičnu naizmeničnu feksornu i ekstenzornu aktivnost ekstremiteta tokom lokomocije. Međutim, i pored ove funkcije, silazni putevi i podaci iz viših centara CNS-a sa dodatkom informacija sa perifernih receptora omogućavaju varijacije hoda i prilagođavanje uslovima sredine i zadatka. Postoje dokazi da kod osoba koje su doživele povredu kičmene moždine postoje doprinosi centralnih generatora šeme u njihovom hodu na treditru sa delimičnim osloncem (Dietz, 1997; Zehr & Duysens, 2004).

Najuverljiviji dokazi o postojanju centralnih generatora šeme hoda kod ljudi vidljivi su kod tek rođenih beba gde se silazni putevi iz mozga nisu još razvili. Tako se kod njih može javiti koraćanje kao rezultat refleksne reakcije (Pang & Yang, 2001, 2002; Pang et al., 2003). Dokazi iz istraživanja ukazuju da opterećenje ekstremiteta aktivira receptore (neuromišićno vreteno i Goldžijev tetivni organ) koji regulišu šemu hoda kod tek rođene dece (Pang & Yang, 2000; Zehr & Duysens, 2004). Sposobnost adaptacije hoda različitim sredinama je jedan od zahteva hoda čemu doprinose informacije iz senzornih receptora. Kada su prilikom istraživanja na životinjama ove informacije blokirane, šema hoda je bila drugačija, veoma spora i sa umanjenim balansom. Ove razlike su pomogle da se otkrije uloga senzornih informacija tokom hodanja (Smith, 1980).

Osim što ove informacije utiču na broj koraka i trajanje ciklusa hoda, one uz pomoć receptora iz zglobova i mišića doprinose poziciji zgloba kuka pre nego započne period zamaha (Grillner & Rossignol, 1978; Pearson, 1995; Smith, 1980). Ovakva istraživanja su iznela uticaj neuromišićnog vretena u fleksorima kuka, kao i Goldžijevog tetivnog organa u ekstenzorima kuka, na neurone koji generišu ritam koraka.

Sve je ovo ukazalo da su spinalni refleksi i posturalni automatizmi integrisani u različite faze ciklusa hoda i da se izazovu vrlo brzo (za 100 msec) kada se receptor nadraži (Nashner, 1980).

Za vreme hoda, glava, trup i ekstremiteti čine posebnu funkcionalnu jedinicu koja je balansirana aktivnošću proksimalnih mišića trupa i kuka koji postaju posebno značajni u trenutku kad se naruši normalan hod i dođe do spoticanja. U tim situacijama oni se aktiviraju rano i to 4 do 9 puta brže nego u normalnom hodu (Tang et al., 1998).

Pokreti ruke su uključeni tako da služe održavanju ravnoteže npr fleksija ruke sprečava padanje težišta unazad prilikom spoticanja ili se rukama uhvatimo, odnosno dočekamo da bi sprečili pad.

Vrsta strategije koja se koristi da bi sprečili pad zavisi u kom momentu perioda zamaha je došlo do spoticanja pa npr. ako do toga dođe rano u periodu zamaha obično će doći do podizanja noge u roku od stotinak milisekundi (Eng, 1994).

Za vreme ljudske lokomocije ima više načina kako čulo vida učestvuje u modifikovanju hoda. Pored toga što služi detektovanju brzine kretanja vizuelni podsticaji utiču na poziciju tela u odnosu na gravitaciju i okolinu tokom hoda (Lackner & DeZio, 1992).

Važan deo kontrole hoda je vezan za stabilizaciju glave. U glavi se nalaze već pomenuto čulo vida, ali i vestibularni sistem koji svojim otolitnim organima (utrakulus i sakulus) detektuje ugaonu poziciju glave u odnosu na gravitaciju (Berthoz & Pozzo, 1994).

Vid se upotrebljava da bi se uočile i izbegle moguće prepreke u okolini, a zatim predviđanjem da se izbegne destabilizacija kao onda kad radimo više zadataka istovremeno npr. dok hodamo da nosimo neki predmet. Ova kontrola putem vida je moguće da se koristi u bilo kom okruženju i može da se podeli na strategije izbegavanja (promena pozicije stopala, podizanje stopala, promena pravca kretanja i zaustavljanje) i strategije prilagođavanja koje su dugotrajne (npr. skraćenje dužine koraka kada hodamo po ledu) (Patla, 1997).

Vizuelno procesuiranje se koristi zajedno sa ostalim podacima i povećava se i do tri puta kada hodamo po neravnim površinama (Patla, 1997; Patla et al., 1996). Ljudi najviše koriste informacije iz centralnog vidnog polja ali i periferno vidno polje je takođe važno za kontrolu donjih ekstremiteta i izbegavanje prepreka dok hodamo, a utiče i na brzinu hoda i dužinu koraka (Graci et al., 2009).

1.18. Vremenski i prostorni parametri hoda

Hod se obično opisuje kroz jednostavnu formu i to u odnosu na vremenske i prostorne parametre kao što su brzina, dužina koraka, učestalost koraka (iliti kadenca), dužina ciklusa hoda. Brzina hoda se definiše kao prosečna horizontalna brzina tela merena tokom jednog ili više ciklusa i izražava se metrički kao npr. metri po sekundi (Perry & Burnfield, 2010). Trajanje ciklusa ili učestalost koraka se može odrediti korišćenjem štoperice i brojanjem pojedinačnih koraka u poznatom vremenskom okviru, kako je opisano od strane Robinsona i Smidta 1981. godine. Iako danas postoje automatske metode, ova merenja se mogu obaviti i pomoću štoperice, metra ili pudera. Uobičajeno se bira period od 10 ili 15 sekundi radi praktičnosti. Kod problema sa hodom postoji veza između trajanja ciklusa hoda, dužine koraka i brzine hoda. Osoba je upućena da prirodno hoda, postizujući svoju punu brzinu pre nego što posmatrač počne brojati korake.

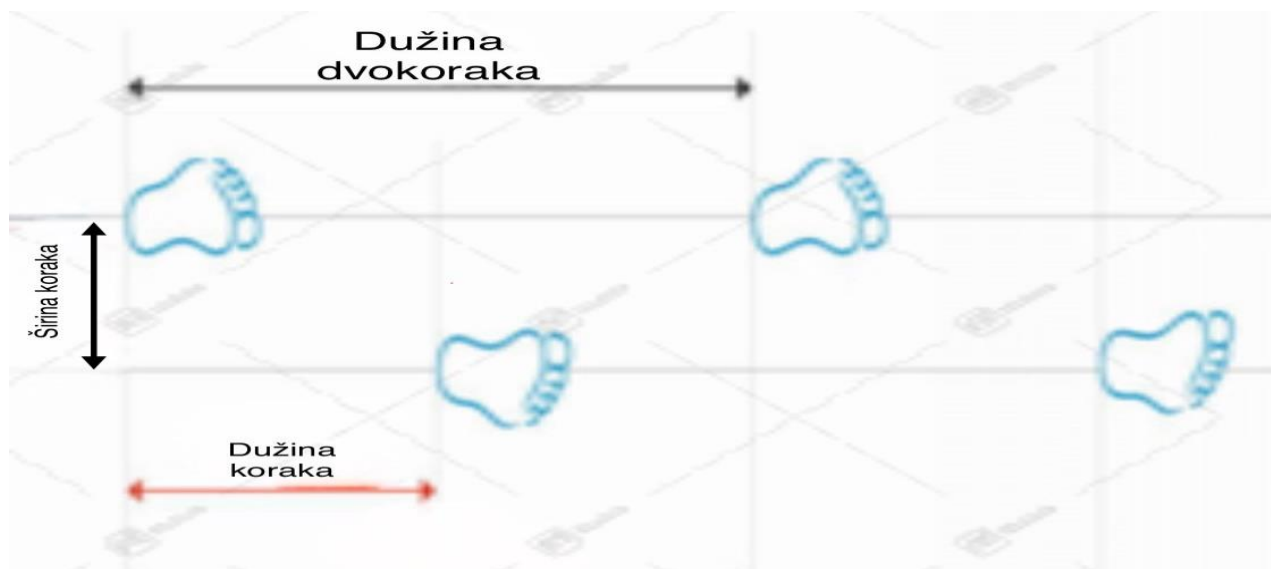
Kadenca je broj koraka u određenom vremenu i često se predstavlja numerički kao broj koraka u minuti. Dužina koraka je rastojanje od kontakta stopala o podlogu jedne noge do kontakta stopala o podlogu druge noge. Dužina ciklusa hoda predstavlja rastojanje od kontakta stopalom jedne noge do ponovnog kontakta stopalom iste te noge. Mlade osobe hodaju prosečnom brzinom oko 1.46 m/sec, prosečnom kadencom od 1.9 koraka u sekundi i prosečnom dužinom koraka od 76.3 cm (Craig, 1989).

Određivanje dužine koraka može se izvoditi na dva načina: direktnim merenjem ili indirektno ako se uzme u obzir brzina i vreme ciklusa hoda. Najjednostavnija metoda direktnog merenja podrazumeva brojanje koraka dok ispitanik prelazi određenu distancu. Drugi način je da ispitanik hoda sa stopalima koja su posuta talkom preko polirane podloge ostavljajući otiske stopala kako bi se mogla izmeriti dužina koraka leve i desne noge kao i širina površine oslonca. Kao alternativa, umesto pudera, na stopala se mogu zalepiti lepljivi jastučići natopljeni različitim bojama (Rose, 1983).

Brzina hoda je u funkciji dužine koraka i kadence. Kada ljudi povećavaju svoju brzinu hoda, oni obično produžavaju korak i povećavaju tempo. Izabrana brzina hoda ljudi se kreće u okviru malog opsega od oko 110 koraka u minuti za muškarce i oko 115 koraka u minuti za žene (Finley & Cody, 1970; Murray et al., 1984). Tokom kretanja dolaze do izražaja pendularne sposobnosti noge i elastične karakteristike mišića pa zato period zamaha zahteva malo energije tokom normalnog hoda, dok je pri manjim ili većim brzinama hoda potrošnja veća (Mochon & McMahon, 1980).

Prilikom merenja brzine hoda, merimo vreme za koje osoba pređe određenu udaljenost, kao npr. između dva obeležja na podu ili između dva stuba u hodniku. Udaljenost na kojoj merimo hod je obično u rasponu od 6–10 m, a važno je da ispitanik hoda nekim svojim uobičajenim tempom hoda.

Kako povećavamo brzinu hoda, odnosi između perioda oslonca i zamaha se menjaju na račun oslonca koji se smanjuje. Odnos oslonca i zamaha od 60% prema 40% tokom hoda, a prelazi u 40% prema 60% tokom trčanja tako što se vreme dvostrukog oslonca smanjuje i nestaje tokom trčanja (Herman et al., 1976).



Slika 6. Prostorni parametri hoda: dužina koraka, širina koraka i dužina dvokoraka. Izvor, modifikovano prema: Pirker, W., & Katzenschlager, R. (2017). Gait disorders in adults and the elderly. Wien Klin Wochenschr, 129, 81–95.

1.19. Kognitivni sistem tokom kretanja

Možda su hodaње i kontrola držanja tela (posture) automatske radnje one ipak zahtevaju angažovanje dodatnih resursa nervnog sistema zavisno od težine samog zadatka. U istraživanjima sa dvostrukim zadatkom uspostavljena je hijerarhija težine zadataka tokom hoda/održavanja posture zavisno od nivoa pažnje koja je neophodna. Najmanje zahteva sedeći položaj, pa posle stojeći, zatim tandem stojeći sa zatvorenim očima, onda hod, hod sa izbegavanjem prepreka i hod sa ometanjima sa strane (Lajoie et al., 1993; Chen et al., 1996).

Naučnici su proučavali uticaj dodatnog zadatka tokom stajanja ili hoda i promene koje se dešavaju kako tokom ovog motornog tako i tokom tog dodatnog zadatka. Ebersbach i saradnici (1995) su proučavali efekat koji dodatni zadatak ima na kontrolu hoda kod mladih ljudi. Merili su parametre hoda (trajanje ciklusa hoda, trajanje dvostrukog oslonca) za vreme običnog hoda i hoda uz vršenje dodatnih zadataka koji su bili: pamćenje brojeva, otkopčavanje i zakopčavanje dugmeta, kombinovano brojevi i dugme i taping prstima. Jedino se prilikom tapinga prstima uočilo smanjenje u trajanju ciklusa hoda dok se vreme dvostrukog oslonca značajno povećalo tokom kombinovanog zadatka. Ove promene su male i ukazuju da neki dodatni zadatak tokom vršenja jednostavne radnje kao što je hod neće poremetiti stabilnost kod mladih ljudi.

Neka otkrića o problemu dvostrukog zadatka i starenju ukazuju da stari imaju sposobnost da koriste kognitivne resurse kako bi nadoknadile opadanje u senzornim i motoričkim funkcijama kao i da starije odrasle osobe pokazuju povećanu nestabilnost tokom obavljanja dva zadatka istovremeno u poređenju sa rezultatima obavljanja jednog zadatka. Onda kada su somatosenzorne informacije bile narušene ispitanici su održavali isti nivo kontrole posture tako što bi koristili resurse za izvođenje kognitivnog zadatka (Doumas et al., 2008).

Takođe, promene u senzomotornom sistemu i kogniciji u vezi sa uzrastom mogu uticati na prilagođavanje hoda, posebno kada se lokomocija kombinuje sa kognitivnim zadatkom. Određivanje prioriteta zadataka postaje ključno kod starijih osoba kada obavljaju dvostruki zadatak, jer zahteva prebacivanje pažnje između više zadataka (Vervoort et al., 2019).

Pored toga, studija Theill i sar. (2013) je proučavala efekte istovremeno sprovedenog kognitivnog i fizičkog treninga kod starijih osoba. Rezultati su pokazali poboljšanja u merama selektivne pažnje, sugerišući da trening sa dvostrukim zadacima može imati pozitivne efekte na kognitivne funkcije kod starijih osoba.

Rezultati studije Wrightson i sar. (2016) su pokazali da je obim pokreta trupa bio pod uticajem brzine hoda i vrste kognitivnog zadatka koji se obavlja tokom hoda sa dva zadatka. Ovo

sugerije da se kognitivni procesi mogu preusmeriti sa hoda na kognitivni zadatak, što dovodi do promena u obimu pokreta u trupu.

Takođe, kada je proučavano vreme reakcije na zvuk zaključeno je da je vreme reakcije bilo bolje što je dodatni motorni zadatak bio jednostavniji npr reakcija je bila brža tokom sedenja u odnosu na stajanje (Lajoie et al., 1993).

Podela pažnje na više od jednog zadatka utiče i na situacije kada treba da se izbegne neka prepreka na putu pa će kontakt sa preprekom biti češći onda kada nam je pažnja dodatno opterećena (Chen et al., 1996).

Izvršena su brojna istraživanja koja su proučavala promene u hodu povezane sa starenjem, a posebno su istražena istraživanja koja su sprovedli Murray i njegovi saradnici 1969. godine. Ova istraživanja su se fokusirala na analizu hoda muškaraca sve do 87 godina.

Hod starijih osoba podleže uticaju samog procesa starenja, kao i patoloških stanja poput osteoartritisa i parkinsonizma, koji postaju učestaliji sa starijim uzrastom. Ukoliko pažljivo isključimo pacijente sa patološkim stanjima, hod starijih osoba čini se kao 'usporena' verzija hoda mlađih (Murray et al., 1969).

Promene u hodu usled starenja počinju u periodu između 60. i 70. godine. Dolazi do smanjenja dužine koraka, varijabilnog, ali generalno produženog ciklusa hoda (smanjene učestalosti koraka) i povećanja širine koraka. Iako se mogu primetiti brojne druge promene, poput relativnog povećanja trajanja faze oslonca u odnosu na ciklus hoda, većina njih proističe iz promena u dužini koraka, trajanja ciklusa hoda i širine koraka. Brzina hoda gotovo uvek opada kod starijih osoba.

Promene u hodu starijih su nastale radi poboljšanja sigurnosti hodanja. Smanjenje koraka i povećanje širine koraka olakšava održavanje ravnoteže. Produženje vremena ciklusa (smanjenje učestalosti koraka) smanjuje period kada je samo jedna noga u osloncu, poboljšavajući tako stabilnost (Murray et al., 1970).

Smanjenje obima pokreta kuka, kolena i skočnog zgloba je prilagođeno dužini koraka i vremenu ciklusa. Ova posmatranja potvrdila su i Nigg i saradnici (1994) proučavajući trodimenzionalne pokrete zglobova pri hoda na ispitanicima od 20 do 79 godina.

U zrelijoj dobi, primetno je povećanje bočnog pomeranja glave, verovatno kao rezultat prilagodljivosti koraka i širine koraka. Peta se manje podiže tokom predzamaha, a položaj stopala je horizontalniji pri prvom kontaktu, pri čemu su ove promene povezane sa skraćanjem koraka. Povećan je i ugao koji stopala zaklapaju sa podlogom, kao i izmenjen položaj i pokreti ruku, gde su lakat zglobovi blaže savijeni, a ramena nešto više ispružena (Nigg et al., 1994).

II PROBLEM, PREDMET, CILJEVI, ZADACI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

2.1. Problem i predmet istraživanja

Predmet istraživanja koji je osnova disertacije je analiza poremećaja hoda kod 3 grupe ispitanika različite starosne dobi (51-65, 66-75 i preko 75 godina) kao posledice eventualnog smanjenja kognitivnog kapaciteta. Dva glavna problema koji doprinose onesposobljavanju i smanjenju kvaliteta kao i dužine života su umanjenje funkcija kognicije i promene hoda uzrokovane promenama nervnog, mišićnog i skeletnog sistema. Ove promene su značajni faktori koji doprinose povećanju rizika za padove (Van Iersel et al., 2004).

Egzekutivne funkcije (opažanje, pažnja, pamćenje, inteligencija, mišljenje sa važnom koordinacionom ulogom govora i svesti) su nezamenljiv kognitivni resurs potreban za normalno odvijanje hoda. Takođe je pokazano da su oštećenja u kogniciji povezana sa nastankom demencije i povećanim rizikom od pada (Yogev-Seligmann et al., 2008).

Smanjenje sposobnosti da se istovremeno govori dok se hoda može biti pokazatelj budućih padova kod starijih osoba, što je i pokazano kod osoba koje borave u staračkim domovima (Lundin-Olsson et al., 1997). Procena uključenosti kortikalnih procesa vezanih za pažnju i egzekutivne funkcije tokom hoda može otkriti oštećenja mozga (Montero-Odasso et al., 2009). Očuvana kontrola hoda zahteva efikasnu integraciju mnogih neuronskih sistema, uključujući motorne, senzorne i kognitivne procese, i kognitivne podsisteme kao što su memorija, pažnja i egzekutivne funkcije (Scherder et al., 2007).

2.2. Ciljevi istraživanja

Cilj ovog istraživanja je da se korišćenjem baterije neuropsiholoških testova i podataka sakupljenih pri hodu po stazi sa sensorima razvije precizan metod praćenja karakteristika hoda kod starijih zdravih ispitanika i utvrđivanje rizika od sledstvenih padova pod uticajem eventualno narušenog kognitivnog funkcionisanja. Ovo istraživanje je i korisno i sa aspekta korišćenja datih testova u praktične svrhe jer ćemo proceniti i njihovu primenljivost u praksi, kao i prediktivnost.

2.3. Zadaci istraživanja

Cilj istraživanja operacionalizovan je kroz sledeće zadatke:

1. proceniti putem staze sa senzorima parametre hoda kod tri grupe ispitanika
2. proceniti kognitivno funkcionisanje tri grupe ispitanika tokom hoda pomoću merne trake za ispitivanje hoda
3. proceniti kognitivno funkcionisanje tri grupe ispitanika pomoću neuropsiholoških testova

2.4. Hipoteze istraživanja

U odnosu na postavljene ciljeve, hipoteze istraživanja glase:

- Kompleksnost kognitivnih funkcija i njihovo eventualno narušavanje utiče na određene karakteristike i parametre hoda.
- Određeni vremensko-prostorni parametri hoda i njihov varijabilitet mogu biti narušeni kod već narušenog kognitivnog funkcionisanja.
- Zajedničko izvođenje više kognitivnih i motornih zadataka istovremeno dodatno narušava parametre hoda.
- Narušenost karakteristika hoda kao i kognitivnih funkcija može posledično predvideti sledstvene padove i povrede.

III METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

3.1. Mesto i vreme istraživanja

Istraživanje je planirano i sprovedeno počev od 2018. pa do 2019. godine na Klinici za neurologiju u okviru Univerzitetskog kliničkog Centra Srbije. Istraživanje je odobreno od strane Etičkog komiteta Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (br. dozvole 2650/X-10, 10.04.2018.), a pismeni informisani pristanak potpisao je svaki učesnik pre nego što je uključen u ovo istraživanje. Istraživanje je sprovedeno u skladu sa etičkim standardima Deklaracije iz Helsinkija i njenih kasnijih dopuna. U istraživanju su bili uključeni saradnici Klinike za neurologiju kao i Instituta za medicinska istraživanja Univerziteta u Beogradu.

3.2. Organizacija istraživanja

U periodu 2016-2017. godine na osnovu dostupne domaće i strane literature označeni su oni radovi koji su za ciljnu grupu imali osobe trećeg životnog doba, a kao predmet istraživanja procenu hoda i kognitivnih funkcija. Tokom ovog perioda se takođe vršila analiza dostupnih testova, za procenu kognitivnih funkcija, koji su se koristili u samom istraživanju, a koje je realizovano u periodu 2018-2019. godine. Nakon prikupljanja podataka i statističke obrade, sledilo je pisanje disertacije koja je dobila definitivnu formu tokom 2024. godine.

3.3. Postupak istraživanja i način prikupljanja podataka

Potencijalni kandidati su bili upoznati sa istraživanjem, kao i načinom njegove realizacije, a oni ispitanici koji su ispunjavali uslove i želeli da učestvuju pismeno su dali saglasnost. Podaci o njihovom zdravstvenom stanju korišćeni su isključivo u naučno-istraživačke svrhe.

Kriterijumi za isključivanje iz istraživanja kod obe grupe bili su: manje od 65 godina života, nemogućnost samostalnog stajanja i hodanja, korišćenje pomagala za kretanje, prisustvo oftalmoloških i neuroloških bolesti, kao i oboljenja i povrede mišićno-skeletnog sistema.

Protokol za prikupljanje podataka se sastojao iz dva dela. Prvi deo protokola obuhvatao je procenu hoda pomoću merne trake za ispitivanje hoda (GAITRite). Dugi deo protokola obuhvatao je ispitivanje kognitivnih funkcija pomoću neuropsiholoških testova: Addenbrook's cognitive examination (ACE-R), Trail Making Test (TMT - A deo), Ray Auditory Verbal Learning Test (RAVLT), The Hooper visual organization test. Pre samog izvođenja testova ispitanik je dobio verbalne instrukcije. Testiranje je sprovedeno u kontinuitetu tokom jednog dana u unapred dogovorenom terminu i rasporedu.

3.4. Uzorak istraživanja

U razdoblju od maja 2018. do decembra 2019. godine, regrutovana su 132 zdrava pojedinca (54 muškarca, 78 žena) među supružnicima, prijateljima i rođacima pacijenata na Klinici za neurologiju, Kliničkog centra Srbije, Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Ispitanici su bili podeljeni u tri grupe: 55-65 godina (prosečna starost: $55,83 \pm \text{SD } 4,17$ godina), 66-75 godina (prosečna starost: $68,13 \pm \text{SD } 2,69$ godina) i 76-85 godina (prosečna starost: $81,04 \pm \text{SD } 4,47$ godina). Uprkos izazovima u pronalaženju odgovarajućeg uzorka zbog pridruženih bolesti i stanja koja utiču na hod starijih osoba, isključeni su oni s neurološkim poremećajima, ortopedskim bolestima ili drugim zdravstvenim stanjima koja bi mogla ometati njihovo samostalno hodanje, kao i oni koji su koristili pomoćna sredstva poput štaka ili hodalica. Svi ispitanici nisu koristili lekove, bili su zadovoljni kvalitetom života i uslovima stanovanja.

3.5. Instrumenti istraživanja

Velika pažnja u našem istraživanju posvećena je kvantitativnoj analizi samog hoda, ali i hoda u uslovima istovremenog obavljanja motornog zadatka u vidu nošenja čaše sa vodom, kognitivnog zadatka u vidu brojanja unazad (oduzimanja) za po 7 od 100, kao i kombinacijom ova dva zadatka.

Analiza kognitivnih sposobnosti je bila izvršena korišćenjem sledećih neuropsiholoških testova: Addenbrook's cognitive examination (ACE-R), Trail Making Test (TMT - A deo), Ray Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) i The Hooper visual organization test.

Addenbrook's cognitive examination (ACE-R) sadrži 5 podtestova (uključuje i Mini-Mental State Examination - MMSE), a svaki predstavlja jedno kognitivno polje: pažnja/orijentacija (18 poena), pamćenje (26 poena), verbalna fluentnost (14 poena), jezik (26 poena) i vizuelno-prostorne sposobnosti (16 poena), ukupno 100 poena kao maksimalan rezultat. Za sprovođenje testa je potrebno prosečno 16 minuta (Tarpening et al., 2011).

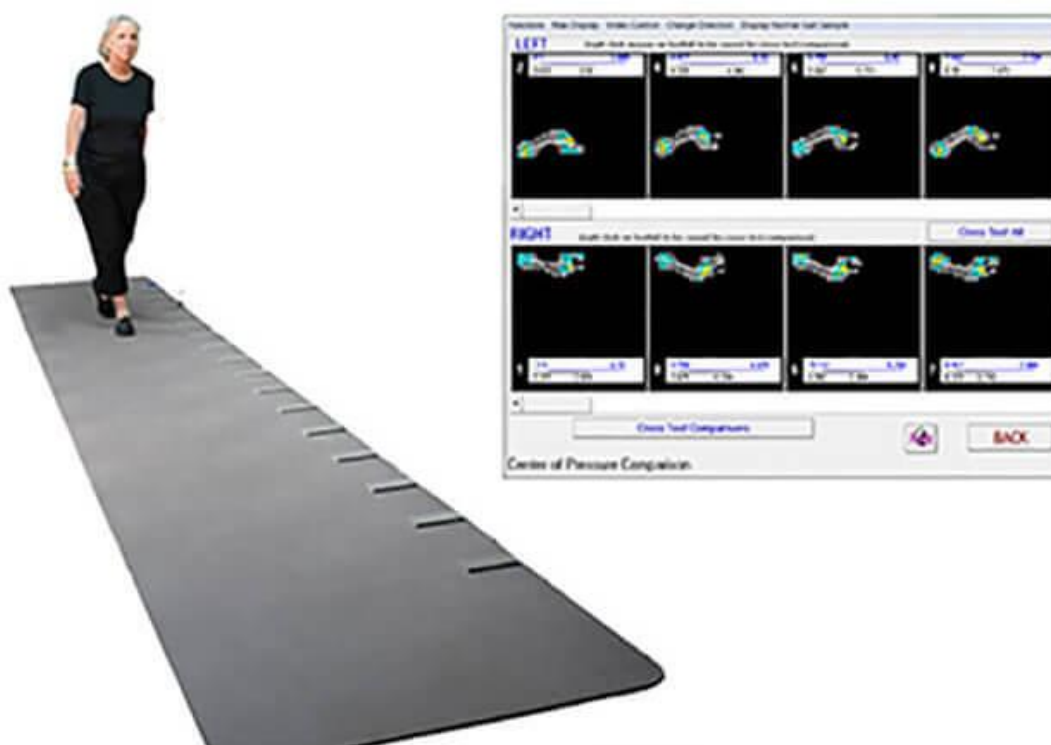
Trail Making Test (TMT) je neuropsihološki test kojim se procenjuje vizuelna pažnja i sposobnost njenog nesvesnog usmeravanja. Sastoji se iz dva dela (A i B) u kojim ispitanik dobija zadatak da poveže 25 tačaka najbrže i najpreciznije što može. U prvom delu povezuju se brojevi, a u drugom naizmenično brojevi i slova. Vreme za koje se uradi test je primarni parametar postignuća. Test može pružiti informacije o brzini vizuelne potrage, brzine obrade, mentalne fleksibilnosti kao i egzekutivnog funkcionisanja (Arnett & Labovitz, 1995).

Ray Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) procenjuje sposobnost pamćenja i učenja verbalnih informacija. Ispitaniku se čita lista od 15 reči pet puta, a zatim se meri kako ih on pamti i reprodukuje. Test prati kako se pamćenje menja tokom vremena i otkriva različite strategije koje osoba koristi u procesu učenja i pamćenja. Takođe, identifikuje se da li postoje smetnje u pamćenju usled prethodnih informacija ili tendencije ka greškama u prepoznavanju. Nakon svakog čitanja liste u fazi učenja sledi slobodno prisećanje. Ispitaniku se kaže da ponovi što više reči, uključujući i one koje je ponovio u prethodnom pokušaju. Posle petog čitanja i prisećanja daje se druga lista od 15 reči (lista B) koju ispitanik treba da ponovi. Beleže se sve eventualne intruzije iz liste A. Potom ispitanik treba da ponovi listu A i beleže se intruzije iz liste B. Nakon šestog ponavljanja lista reči, sprovodi se forsirana rekognicija. Nova lista sadrži 50 reči, uključujući one koje su bile deo lista A i B, kao i reči slične po značenju ili fonemi. Ispitanik treba da identifikuje da li je svaka reč bila deo liste A ili ne. Test se može završiti za 10 do 15 minuta. Maksimalni skor za svih pet ponavljanja u fazi učenja je 75, u fazi slobodnog prisećanja je 15, a prepoznavanja takođe 15 (Lezak, 1983).

The Hooper visual organization test je kratak skrining instrument dizajniran da meri sposobnost osoba da organizuju vizuelne stimuluse. Test se sastoji od 30 crteža jednostavnih objekata koji su isečeni na delove i poredani nalik na puzzle. Ispitanik ima zadatak da identifikuje koji je objekat u pitanju ako se delovi sastave korektno. Ovim testom se procenjuju vizuelna analiza i sinteza, kratkoročna i dugoročna memorija, pisano ili glasovno označavanje poznatih objekata (Gerson, 1974).

Merenje parametara hoda smo vršili pomoću sistema staze za određivanje parametara hoda (GAITRite® walkway system, CIR Systems, Havertown, PA). Sistem se sastoji od podloge opremljene sa više od 16.000 senzora koji reaguju na pritisak, postavljenih ispod elastične staze prekrivene gumiranom površinom po kojoj ispitanici hodaju (Slika 7). Aktivni deo staze proteže se na dužinu od 5.5 metara. Senzori šalju podatke o kontaktima sa učestanošću odabiranja od 80 uzoraka u sekundi (Hz) koristeći serijsku komunikaciju sa računarom. Računarki program omogućava izračunavanje prostorno-vremenskih parametara hoda (McDonough et al., 2001).

Informacije se čuvaju radi dalje analize i mogućnosti izračunavanja različitih parametara po potrebi. Među parametrima koji se prate su trajanje ciklusa hoda (CT), dužina koraka (SL), vreme dvostrukog oslonca (DST), vreme zamaha (SWT) i koeficijenti varijacije za svaki od ovih parametara (CV). Metodom dvostrukog zadatka ("dual task") istražuju se parametri hoda i uticaji kognitivnih i motornih procesa na hod. Prvo smo beležili hod ispitanika u prirodnim uslovima, bez dodatnih zahteva ili instrukcija, kako bi se procenio normalan, bazični hod. Nakon toga, ispitanici su hodali uz izvršenje dodatnog uporednog zadatka, koji je bio motorni (nošenje čaše pune vode, do vrha, sa instrukcijom da im se ne prospe voda - „dual motor task “), a zatim i uporedni kognitivni zadatak (repetitivni test "oduzimanja sedmice", $100-7=?$ potom dalje oduzimanje broja 7 od dobijenog broja, itd. - „dual mental task “). Parametri hoda su bili upoređivani i tokom vršenja kombinovanog zadatka, gde su ispitanici hodali i izvršavali instrukcije kroz obavljanje motornog i kognitivnog zadatka istovremeno. Ispitanici su prelazili 6 puta preko staze za merenje, po 3 puta naizmenično niz i uz stazu, svojom uobičajenom brzinom i ritmom hoda. Time se prelazio put od 50 - ak metara u svakom zadatku, čime se ukupno pređe 200 m (4 zadatka x 50 m). Nakon toga, rezultati ovih zadataka su se prosečno izračunavali za svaki zadatak i za svakog pojedinačnog ispitanika.



Slika 7. GAITRite merne trake za ispitivanje hoda. Preuzeto sa <https://accesshealth.com.au/product/gaitrite-platinum-plus-system-various-models/> (pristupljeno 07.04.2023.)

IV STATISTIČKA ANALIZA I REZULTATI

4.1. Statistička analiza

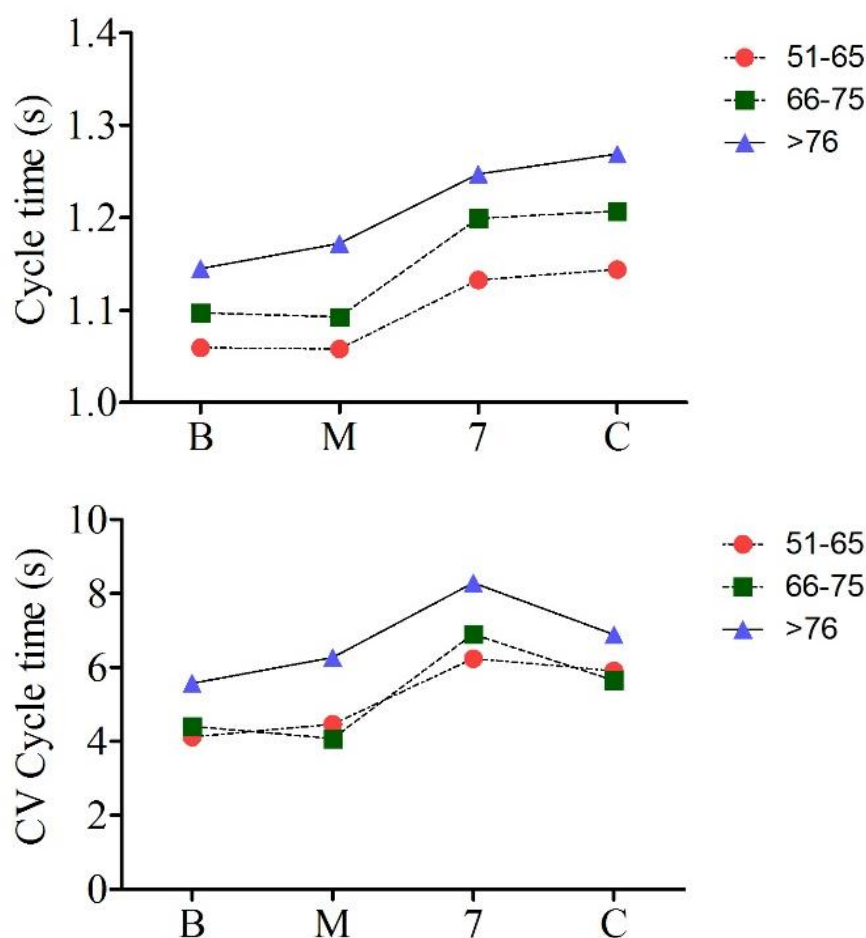
ANOVA sa post hoc Bonferoni korekcijom je korišćena za procenu razlika između tri ispitivane grupe. ANOVA ponovljenih merenja je korišćena za procenu statističke razlike između parametara u različitim uslovima ispitivanja. Rezultati su prikazani kao p-vrednosti (značajnost $p < 0,05$, Bonferonijeva korekcija). Statistička analiza je izvršena korišćenjem SPSS 17.0 (SPSS, Čikago, IL).

4.2. Rezultati

Poređenje tri grupe ispitanika tokom izvođenja različitih zadataka hodanja (osnovno hodaње (B), hodaње sa motoričkim zadatkom (M), hodaње sa mentalnim zadatkom (7) i hodaње sa kombinovanim zadatkom (C)) za parametre hoda i njihove CV prikazano je na Grafikonima 1-4, kao i u Tabelama 1-8.

Vreme ciklusa hoda

Vreme ciklusa (cycle time – CT) je statistički značajno povećano u grupi >76 u odnosu na grupu 51-65 u svim uslovima ispitivanja, dok je u grupi 66-75 povećano tokom mentalnih i kombinovanih zadataka (Grafikon 1, Tabela 1). Motorički zadatak nije uticao na vreme ciklusa u svim ispitivanim grupama, dok su mentalni i kombinovani zadaci povećali vreme ciklusa (Tabela 2). U grupi 51-65 kombinovani zadaci su povećali CV vrednosti. U grupi 66-75 mentalna aktivnost je povećala CV vrednosti u odnosu na bazalna i motorička stanja (Tabela 2).



Grafikon 1. Poređenje između tri testirane grupe ispitanika koji obavljaju sledeće zadatke: bazični hod (B), motorički zadatak (M), kognitivni zadatak (7) i kombinovani motorički i kognitivni zadaci

(C). Gornji panel predstavlja vreme ciklusa (CT), dok donji panel predstavlja CV za CT. Svaki simbol predstavlja srednje vrednosti.

Tabela 1. Vreme ciklusa (CT) – srednje vrednosti sa SD i CV za tri testirane grupe koje izvode sledeće zadatke hodanja: bazično hodanje, motorički zadatak, kognitivni zadatak i kombinovani motorički i kognitivni zadaci.

Grupe	Bazični hod		Motorički zadatak		Kognitivni zadatak		Kombinovani zadatak	
	CT ± SD	CV	CT ± SD	CV	CT ± SD	CV	CT± SD	CV
51-65	1.06 ± 0.09	4.12	1.06 ± 0.09	3.01	1.13 ± 0.12	0.41	0.02 ± 1.1	3.3
66-75	1.12 ± 0.15	4.4	1.1 ± 0.12	2.93	1.22 ± 0.2 *	0.4	0.03 ± 1.17 *	3.6
> 76	1.16 ± 0.12 **	5.57	1.18 ± 0.1 **, #	5.82	1.26 ± 0.13 **	1.19	0.03 ± 1.2 **	3.11
P vrednost	0.003	0.265	< 0.001	0.352	0.02	0.371	0.02	0.649

P < 0.05 * vs. grupa 51-65, # vs. grupa 66-75

P < 0.01 ** vs. grupa 51-65

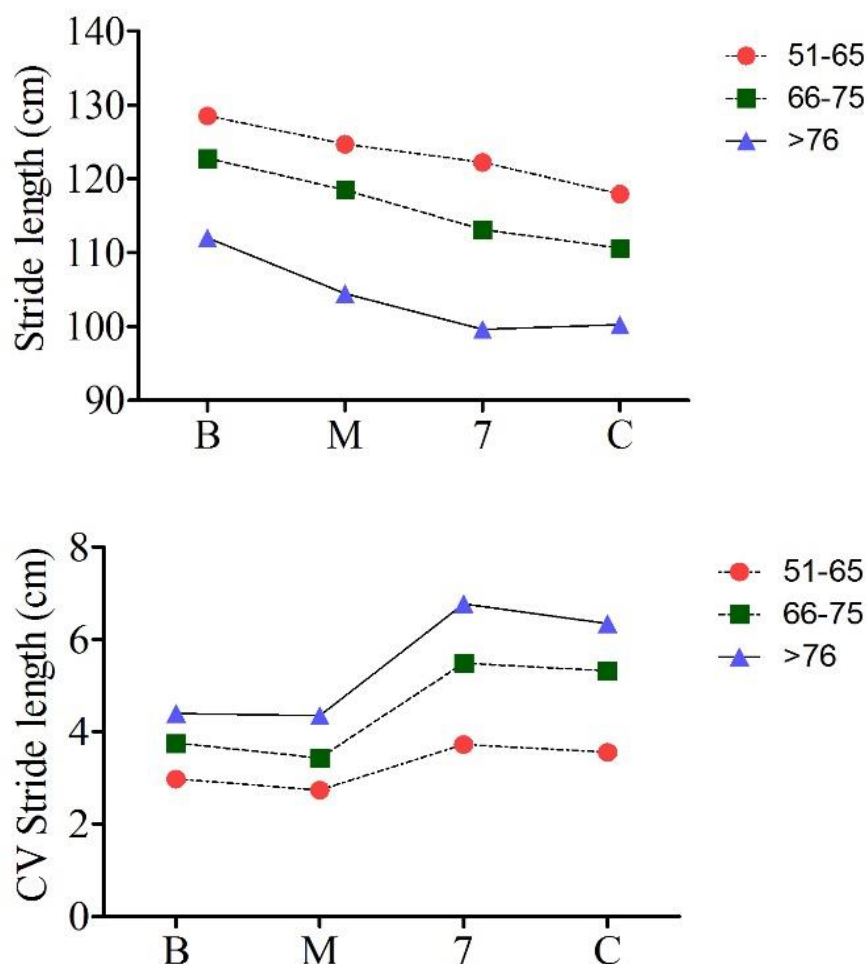
Tabela 2. Razlike između zadataka (bazični hod, motorički, kognitivni i kombinovani zadatak) prikazane posebno za tri testirane grupe.

Grupe		Motorički vs. Bazični	Kognitivni vs. Bazični	Kombinovani vs. Bazični	Motorički vs. Kognitivni	Kombinovani vs. Motorički	Kombinovani vs. Kognitivni
CT	51-65	1.000	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.631
	66-75	1.000	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	1.000
	> 76	0.827	0.005	0.001	0.006	0.001	0.284
CV CT	51-65	1.000	0.098	0.014	0.499	0.759	1.000
	66-75	1.000	0.021	0.114	0.027	0.316	0.948
	> 76	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Rezultati su prikazani kao p-vrednosti. Osenčena polja označavaju statističku značajnost (p < 0,05, Bonferonijeva korekcija).

Dužina koraka

Dužina koraka (stride length – SL) je bila statistički značajno kraća u grupi >76 u odnosu na grupu 51-65 u svim uslovima testiranja, međutim u grupi 66-75 samo mentalni i kombinovani zadaci skraćuju dužinu koraka u odnosu na najmlađu grupu (Grafikon 2, Tabela 3). U svim grupama, motorička, mentalna i kombinovana aktivnost smanjila je dužinu koraka u poređenju sa dužinom koraka u bazalnim uslovima. Kombinovana aktivnost je takođe značajno skratila dužinu koraka u poređenju sa motoričkom i mentalnom aktivnošću. Mentalna aktivnost je skratila dužinu koraka u odnosu na motoričku aktivnost samo u grupi 66-75. Mentalna i kombinovana aktivnost značajno su povećale dužinu CV koraka u svim grupama (Tabela 4).



Grafikon 2. Poređenje između tri testirane grupe ispitanika koji obavljaju sledeće zadatke: bazični hod (B), motorički zadatak (M), kognitivni zadatak (7) i kombinovani motorički i kognitivni zadaci (C). Gornji panel predstavlja dužinu koraka (SL), dok donji panel predstavlja CV za SL. Svaki simbol predstavlja srednje vrednosti.

Tabela 3. Dužina koraka (SL) – srednje vrednosti sa SD i CV za tri testirane grupe koje izvide sledeće zadatke hodanja: bazično hodanje, motorički zadatak, kognitivni zadatak i kombinovani motorički i kognitivni zadaci.

Grupe	Bazični hod		Motorički zadatak		Kognitivni zadatak		Kombinovani zadatak	
	SL ± SD	CV	SL ± SD	CV	SL ± SD	CV	SL ± SD	CV
51-65	128.53 ± 10.92	2.98	124.67 ± 11.36	2.73	122.23 ± 12.46	3.72	117.93 ± 12.83	3.56
66-75	122.78 ± 15.57	3.76	118.47 ± 14.93	3.43 *	113.13 ± 16.17 **	**	110.62 ± 14.69 *	5.31 **
> 76	112.02 ± 19.39 **,##	4.39 **	104.49 ± 15.7 **,##	4.35 **,#	99.65 ± 17.31 **,##	6.77 **	100.27 ± 14.07 **	6.34 **
P vrednost	< 0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

P < 0.05 * vs. grupa 51-65, # vs. grupa 66-75

P < 0.01 ** vs. grupa 51-65, ## vs. grupa 66-75

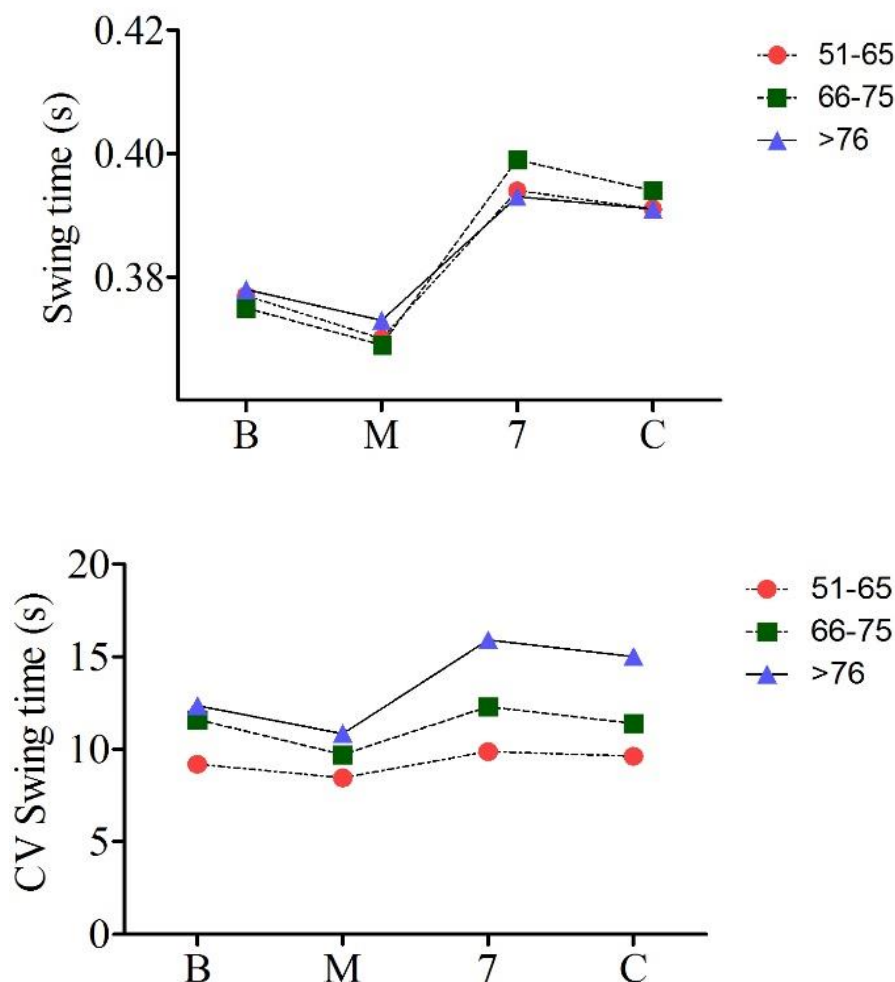
Tabela 4. Razlike između zadataka (bazični hod, motorički, kognitivni i kombinovani zadatak) prikazane posebno za tri testirane grupe.

Grupe		Motorički vs. Bazični	Kognitivni vs. Bazični	Kombinovani vs. Bazični	Motorički vs. Kognitivni	Kombinovani vs. Motorički	Kombinovani vs. Kognitivni
SL	51-65	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.053	< 0.001	< 0.001
	66-75	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
	> 76	0.020	0.001	< 0.001	0.147	< 0.001	0.006
CV							
SL	51-65	0.994	0.008	0.029	< 0.001	0.001	1.000
	66-75	1.000	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	1.000
	> 76	1.000	< 0.001	< 0.001	0.001	0.001	1.000

Rezultati su prikazani kao p-vrednosti. Osenčena polja označavaju statističku značajnost (p < 0,05, Bonferonijeva korekcija).

Vreme zamaha

Poređenje sve tri grupe nije pokazalo statistički značajnu razliku u vremenu zamaha (swing time - SWT) (Grafikon 3, Tabela 5). Mentalni i kombinovani zadaci su povećali vreme zamaha u odnosu na vrednosti u bazalnim uslovima u grupama 51-65 i 66-75. Motorna aktivnost je smanjila vreme zamaha kod najmlađe grupe. Kombinovani zadatak povećao je vreme zamaha u grupama 51-65 i 66-75. CV se nije razlikovao u svim grupama pod različitim uslovima ispitivanja, osim što je mentalna aktivnost povećala vreme zamaha CV u poređenju sa motoričkom aktivnošću u grupama 66-75 i > 76 (Tabela 6).



Grafikon 3. Poređenje između tri testirane grupe ispitanika koji obavljaju sledeće zadatke: bazični hod (B), motorički zadatak (M), kognitivni zadatak (7) i kombinovani motorički i kognitivni zadaci (C). Gornji panel predstavlja vreme zamaha (SWT), dok donji panel predstavlja CV za SWT. Svaki simbol predstavlja srednje vrednosti.

Tabela 5. Vreme zamaha (SWT) – srednje vrednosti sa SD i CV za tri testirane grupe koje izvide sledeće zadatke hodanja: bazicno hodanje, motorički zadatak, kognitivni zadatak i kombinovani motorički i kognitivni zadaci.

Grupe	Bazični hod		Motorički zadatak		Kognitivni zadatak		Kombinovani zadatak	
	SWT ± SD	CV	SWT ± SD	CV	SWT ± SD	CV	SWT ± SD	CV
51-65	0.38 ± 0.04	9.2	0.37 ± 0.03	8.46	0.39 ± 0.04	9.88	0.39 ± 0.04	9.62
66-75	0.38 ± 0.04	11.61	0.37 ± 0.04	9.71	0.4 ± 0.05	12.28	0.39 ± 0.05	11.39
> 76	0.38 ± 0.03	12.36	0.37 ± 0.03	10.85	0.39 ± 0.04	15.91 **, #	0.39 ± 0.05	15.01 **
P vrednost	0.954	0.067	0.585	0.281	0.805	< 0.001	0.945	0.01

P < 0.05 * vs. grupa 51-65, # vs. grupa 66-75

P < 0.01 ** vs. grupa 51-65, ## vs. grupa 66-75

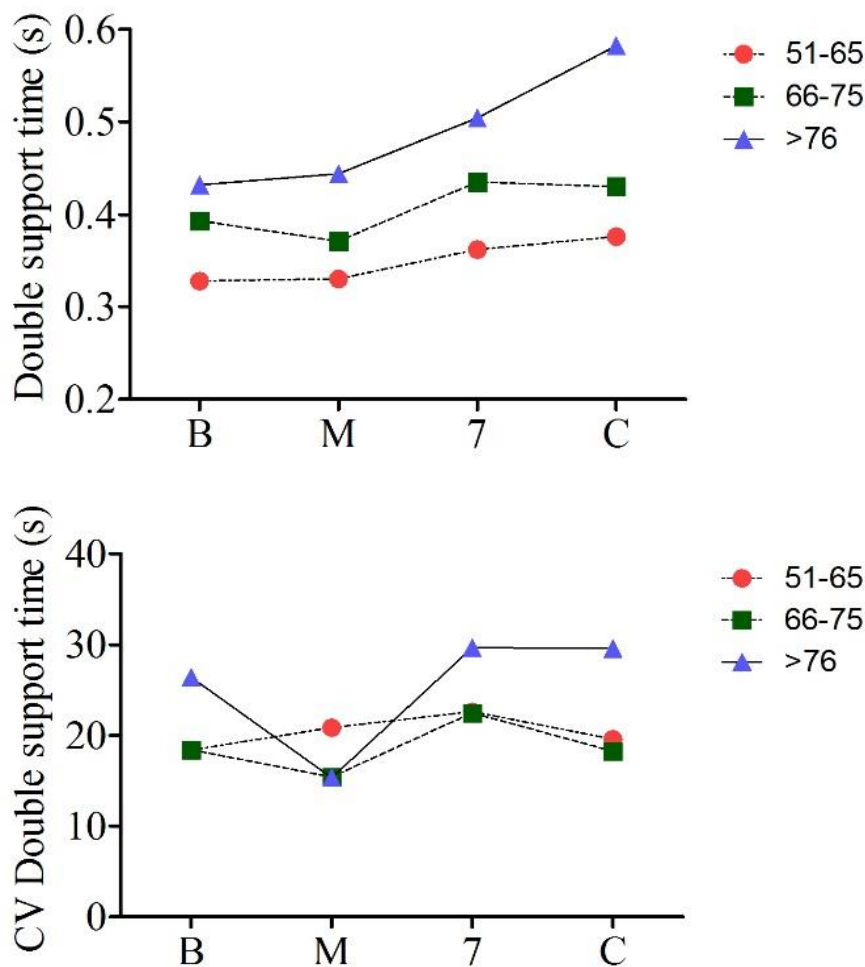
Tabela 6. Razlike između zadataka (bazični hod, motorički, kognitivni i kombinovani zadatak) prikazane posebno za tri testirane grupe.

		Motorički vs. Bazični	Kognitiv. vs. Bazični	Kombinovani vs. Bazični	Motorički vs. Kognitivni	Kombinovani vs. Motorički	Kombinovani vs. Kognitivni
Swing T	51-65	0.009	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	0.668
	66-75	0.238	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	1.000
	> 76	1.000	0.165	0.234	0.041	0.087	1.000
CV							
Swing T	51-65	1.000	1.000	1.000	0.781	1.000	1.000
	66-75	0.093	1.000	1.000	0.016	0.192	1.000
	> 76	1.000	0.139	0.726	0.027	0.580	1.000

Rezultati su prikazani kao p-vrednosti. Osenčena polja označavaju statističku značajnost (p < 0,05, Bonferonijeva korekcija).

Vreme dvostrukog oslonca

Vreme dvostrukog oslonca (double support time – DST) je povećano u grupi >76 u odnosu na grupu 51-65 u svim uslovima ispitivanja, kao i u poređenju sa grupom 66-75 kod motoričkih i kombinovanih zadataka (Grafikon 4, Tabela 7). Takođe, produženo je vreme dvostrukog oslonca u grupi 66-75 u odnosu na grupu 51-65 u bazalnim uslovima, kao i pod motoričkim i mentalnim aktivnostima. Kombinovana aktivnost je povećala vreme dvostrukog oslonca u poređenju sa vrednostima bazalnih i motoričkih stanja u svim grupama. CV dvostrukog oslonca nije se statistički razlikovalo u različitim uslovima testiranja (Tabela 8).



Grafikon 4. Poređenje između tri testirane grupe ispitanika koji obavljaju sledeće zadatke: bazični hod (B), motorički zadatak (M), kognitivni zadatak (7) i kombinovani motorički i kognitivni zadaci (C). Gornji panel predstavlja vreme dvostrukog oslonca (DST), dok donji panel predstavlja CV za DST. Svaki simbol predstavlja srednje vrednosti.

Tabela 7. Vreme dvostrukog oslonca (DST) – srednje vrednosti sa SD i CV za tri testirane grupe koje izvode sledeće zadatke hodanja: bazicno hodanje, motorički zadatak, kognitivni zadatak i kombinovani motorički i kognitivni zadaci.

Grupe	Bazični hod		Motorički zadatak		Kognitivni zadatak		Kombinovani zadatak	
	DST ± SD	CV	DST ± SD	CV	DST ± SD	CV	DST ± SD	CV
51-65	0.33 ± 0.09	18.37	0.33 ± 0.09	20.85	0.36 ± 0.1	22.61	0.38 ± 0.11	19.5
66-75	0.39 ± 0.14 *	18.4	0.37 ± 0.08 *	15.4	0.44 ± 0.13 **	22.47	0.43 ± 0.09	18.2
> 76	0.43 ± 0.1**	26.42	0.44 ± 0.09 **,##	15.34	0.5 ± 0.1 **	29.68	0.58 ± 0.23 **,###	29.5
P vrednost	< 0.001	0.211	< 0.001	0.195	< 0.001	0.341	< 0.001	0.15

P < 0.05 * vs. grupa 51-65

P < 0.01 ** vs. grupa 51-65, ## vs. grupa 66-75

Tabela 8. Razlike između zadataka (bazični hod, motorički, kognitivni i kombinovani zadatak) prikazane posebno za tri testirane grupe.

Grupe		Motorički vs. Bazični	Kognitiv. vs. Bazični	Kombinovani vs. Bazični	Motorički vs. Kognitivni	Kombinovani vs. Motorički	Kombinovani vs. Kognitivni
DST	51-65	1.000	0.015	0.010	0.035	< 0.001	1.000
	66-75	1.000	0.160	0.010	< 0.001	< 0.001	1.000
	> 76	1.000	0.467	0.017	0.507	0.021	0.327
CV	51-65	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
DST	66-75	0.557	0.812	1.000	0.010	1.000	0.717
	> 76	0.433	1.000	1.000	0.037	0.262	1.000

Rezultati su prikazani kao p-vrednosti. Osenčena polja označavaju statističku značajnost (p < 0,05, Bonferonijeva korekcija).

Efekti veličina (effect sizes)

Efekti veličina su kvantitativna mera veličine razlike između grupa i omogućuju kvantitativno izražavanje razlika grupa ili uslova u istraživanju.

Efekti veličina iz tabele za bazični hod (Tabela 9) pokazuju značajne razlike u karakteristikama hoda između različitih starosnih grupa. Poređenje između grupa 51-65 i 66-75 godina otkriva uglavnom male do umerene efekte, dok su efekti između grupa 51-65 i preko 76 godina značajno veći, posebno za dužinu koraka i vreme dvostrukog oslonca. U poređenju između grupa 66-75 i preko 76 godina, efekti variraju od malih do srednjih, pri čemu se najizraženije razlike primećuju u dužini koraka i vremenu dvostrukog oslonca. Ovi nalazi sugerišu da starije osobe pokazuju promene u hodaњу u odnosu na mlađe grupe, što može biti korisno za procenu funkcionalne sposobnosti i planiranje intervencija za očuvanje pokretljivosti kod starijih populacija ljudi.

Tabela 9. Vrednosti efekta veličina (Effect size - ES) za vreme ciklusa (CT), dužinu koraka (SL), vreme zamaha (SWT) i vreme dvostrukog oslonca (DST) i CV za tri testirane grupe koje obavljaju zadatke hodaња (bazični hod)

Bazični hod								
Grupe	CT	SL	SWT	DST	CV CT	CV SL	CV SWT	CV DST
51-65 vs. 66-75	0,46	0,43	0,05	0,54	0,09	0,45	0,37	0,00
51-65 vs. >76	1,01	1,18	0,02	1,10	0,36	1,02	0,48	0,34
66-75 vs. >76	0,28	0,64	0,06	0,31	0,29	0,32	0,12	0,39

Efekti veličina iz tabele za hod uz obavljanje motoričkog zadatka (Tabela 10) variraju među različitim grupama. U poređenju između grupa 51-65 i 66-75 godina, efekti su uglavnom mali do umereni za sve merene parametre. Između grupa 51-65 i preko 76 godina, efekti su značajno veći za sve parametre, sugerišući znatne razlike u karakteristikama hoda između ovih grupa. Poređenje između grupa 66-75 i preko 76 godina pokazuje umerene do velike efekte za dužinu koraka i vreme dvostrukog oslonca, dok su efekti za ostale parametre manji. Ovi rezultati ukazuju na značajne promene u hodaњу uz obavljanje motoričkih zadataka u starijoj populaciji, što može imati implikacije za procenu i intervencije vezane za očuvanje pokretljivosti kod starijih osoba.

Tabela 10. Vrednosti efekta veličina (Effect size - ES) za vreme ciklusa (CT), dužinu koraka (SL), vreme zamaha (SWT) i vreme dvostrukog oslonca (DST) i CV za tri testirane grupe koje obavljaju zadatke hodaņa zajedno sa motoričkim zadatkom

Motorički zadatak								
Grupe	CT	SL	SWT	DST	CV CT	CV SL	CV SWT	CV DST
51-65 vs. 66-75	0,44	0,47	0,05	0,48	0,07	0,54	0,20	0,29
51-65 vs. >76	1,31	1,57	0,08	1,22	0,27	1,07	0,35	0,27
66-75 vs. >76	0,66	0,92	0,13	0,88	0,34	0,54	0,19	0,01

Efekti veličina iz tabele za hod uz obavljanje kognitivnog zadatka (Tabela 11) pokazuju značajne razlike između različitih grupa. Poređenje između grupa 51-65 i 66-75 godina otkriva umerene do velike efekte za sve merene parametre, osim za CV vremena dvostrukog oslonca gde je efekat manji. Između grupa 51-65 i preko 76 godina, efekti su znatno veći za sve parametre, sugerišući značajne razlike u karakteristikama hoda između ovih grupa. Poređenje između grupa 66-75 i preko 76 godina pokazuje umerene do velike efekte za dužinu koraka, CV vremena zamaha i vreme dvostrukog oslonca, dok su efekti za ostale parametre manji. Ovi rezultati naglašavaju značajne promene u hodaњу uz obavljanje kognitivnih zadataka među starijim odraslima, što ukazuje na važnost procene i intervencija za očuvanje pokretljivosti i kognitivnih funkcija u ovoj populaciji.

Tabela 11. Vrednosti efekta veličina (Effect size - ES) za vreme ciklusa (CT), dužinu koraka (SL), vreme zamaha (SWT) i vreme dvostrukog oslonca (DST) i CV za tri testirane grupe koje obavljaju zadatke hodaņa zajedno sa kognitivnim zadatkom

Kognitivni zadatak								
Grupe	CT	SL	SWT	DST	CV CT	CV SL	CV SWT	CV DST
51-65 vs. 66-75	0,53	0,63	0,11	0,61	0,11	0,83	0,39	0,01
51-65 vs. >76	0,99	1,60	0,03	1,39	0,34	1,48	1,03	0,29
66-75 vs. >76	0,19	0,82	0,12	0,55	0,26	0,49	0,62	0,38

Efekti veličina iz tabele za hod uz obavljanje kombinovanog zadatka (Tabela 12) variraju u zavisnosti od poređenih grupa. Poređenje između grupa 51-65 i 66-75 godina pokazuje umerene efekte za većinu merenih parametara, osim za vreme zamaha i CV vremena ciklusa, gde je efekat manji. Između grupa 51-65 i preko 76 godina, efekti su veći za sve parametre, sa umerenim do velikim efektima. Poređenje između grupa 66-75 i preko 76 godina takođe pokazuje umerene do velike efekte za većinu parametara. Ovi rezultati ukazuju na značajne razlike u karakteristikama hoda uz obavljanje kombinovanog zadatka između različitih starosnih grupa, što može implicirati potrebu za prilagođenim intervencijama kako bi se očuvala funkcionalna sposobnost i smanjio rizik od pada u starijim populacijama.

Tabela 12. Vrednosti efekta veličina (Effect size - ES) za vreme ciklusa (CT), dužinu koraka (SL), vreme zamaha (SWT) i vreme dvostrukog oslonca (DST) i CV za tri testirane grupe koje obavljaju zadatke hodanja zajedno sa kombinovanim zadatkom

Kombinovani zadatak								
Grupe	CT	SL	SWT	DST	CV CT	CV SL	CV SWT	CV DST
51-65 vs. 66-75	0,47	0,53	0,06	0,52	0,05	0,89	0,28	0,28
51-65 vs. >76	1,02	1,35	0,00	1,37	0,17	1,98	0,84	0,40
66-75 vs. >76	0,44	0,71	0,05	1,09	0,38	0,44	0,58	0,57

Poređenja grupa 51-65 i 66-75 godina uglavnom pokazuju male do umerene efekte veličina. Primetno je da su razlike relativno skromne u svim parametrima, što ukazuje na blage, ali uočljive promene vezane za uzrast u samom hodu i postignućima na zadatku.

Efekti veličina su veći kad se uporede grupe 51-65 i >76, posebno za SL i DST kod motornog i kognitivnog zadatka, što ukazuje na značajnije razlike u parametrima hoda između najmlađe i najstarije grupe. Ovo sugerise da se hod značajnije menja posle 76. godine.

Poređenja grupa 66-75 i >76 pokazuju umerene efekte veličina, posebno za SL i DST kod motornih i kognitivnih zadataka, što ponovo naglašava razlike kada se uporedi grupa srednjeg uzrasta sa najstarijom grupom.

Dobijene su relativno manji efekti veličina u uslovima bazičnog hoda, što ukazuje na manje izražene razlike u osnovnim parametrima hoda u vezi sa uzrastom.

Uvođenje motornog zadatka povećava efekte veličina u nekoliko poređenja, posebno u poređenjima grupe 51-65 sa grupom >76 i grupe 66-75 sa grupom >76.

Efekti veličina u uslovima kognitivnog zadatka su veći, posebno za poređenja koja uključuju grupu >76. Ovo ukazuje da kognitivni zadaci mogu dodatno pogoršati starosne razlike u hodu i motoričkim funkcijama, što sugerise da kognitivno opterećenje ima značajan uticaj na ove parametre.

Veći efekti veličina u CV pokazateljima kod grupe >76 u različitim zadacima ukazuju na značajno povećanje varijabilnosti dužine koraka i vremena zamaha, što može da odražava manju konstantnost u hodu i potencijalno veći rizik od problema sa pokretljivošću.

Rezultati kognitivnih testova prikazani su u Tabelama 13-16. Ni jedan od testova nije pokazao razlike između grupe 51-65 i grupe 66-75, dok je u većini slučajeva postojala statistički značajna razlika između grupe >76 i grupa 66-75 i 51-65.

ACE-R

Ukupan rezultat ACE-R testa bio je značajno niži u grupi >76 u poređenju sa grupom 66-75 ($p = 0,005$), kao i u poređenju sa grupom 51-65 ($p = 0,001$). Rezultati ACE_R_MMSE testa pokazuju da nije postojala statistički značajna razlika između tri poređene grupe ispitanika ($p = 0,086$). Takođe, ACE-R pažnja/orijentacija, ACE-R pamćenje, ACE-R jezik, ACE-R vizuelno-prostorne sposobnosti nisu se razlikovali među poređenim grupama ($p = 0,448$, $p = 0,083$, $p = 0,219$, $p = 0,128$, redom). Rezultat testa ACE-R verbalna fluentnost bio je značajno niži u grupi >76 u poređenju sa grupom 66-75 ($p < 0,001$), kao i sa grupom 51-65 ($p < 0,001$, Tabela 13).

Tabela 13. Rezultati ACE-R testa.

Parametri	Grupe (median (min-max))			p vrednost
	51-65	66-75	>76	
ACE_R_MMSE	29 (26-30)	29 (23-30)	28 (22-30)	0.086
ACE_R	90 (74-99)	88.5 (73-96)	83 (49-93)**, ##	0.001
ACE_R_paznja_orijentacija	18 (16-18)	18 (15-18)	17 (13-18)	0.448
ACE_R_pamcenje	23 (20-26)	22 (17-26)	21 (4-26)	0.083
ACE_R_fluentnost	10 (4-13)	10 (5-13)	6 (2-10)**, ##	<0.001
ACE_R_jezik	25 (16-26)	25 (18-26)	24 (10-26)	0.219
ACE_R_vizuospacijalne_sposobnosti	16 (10-16)	16 (11-16)	14 (9-16)	0.128

** $p < 0.01$ u poređenju sa 51-65 grupom, ## $p < 0.01$ u poređenju sa 66-75 grupom.

TMT-A

Rezultati TMT-A testiranja pokazuju da je ispitanicima u najstarijoj grupi (>76) bilo potrebno statistički značajno duže vreme za rešavanje testa u poređenju sa vremenom koje je bilo potrebno ispitanicima iz grupe 66-75 ($p < 0,001$) i ispitanicima iz grupe 51-65 ($p < 0,001$, Tabela 14). Rezultati Trail-Making Test-A (TMT-A) ukazuju na značajne razlike u performansama između različitih starosnih grupa. Stariji ispitanici, posebno oni stariji od 76 godina, pokazali su statistički značajno duže vreme potrebno za završetak testa u poređenju sa mlađim grupama (66-75 godina i 51-65 godina). Ovi nalazi impliciraju na postojanje smanjenja kognitivnih funkcija, posebno u domenu brzine obrade informacija i izvršnih funkcija u grupi ispitanika starijih od 76 godina. Duže vreme rešavanja TMT-A može ukazivati na usporenje mentalnih procesa i otežanu sposobnost koncentracije i prebacivanja pažnje, što su tipični simptomi kognitivnog starenja. Naši rezultati podvlače potrebu za kontinuiranim praćenjem kognitivne funkcije tokom procesa starenja i prilagođavanjem intervencija kako bi se podržala mentalna sposobnost i funkcionalna nezavisnost starijih osoba.

Tabela 14. Rezultati TMT-A testa.

Parametri	Grupe (median (min-max))			p vrednost
	51-65	66-75	>76	
TMT_A_sec	42.5 (26-79)	45.5 (20-150)	112 (44-209)**, ##	<0.001

** $p < 0.01$ u poređenju sa 51-65 grupom, ## $p < 0.01$ u poređenju sa 66-75 grupom.

RAVLT

Pokzano je da je u svim kategorijama RAVLT testiranja postojala razlika između poređenih grupa. Statistički značajno lošije rezultate imala je grupa >76 u poređenju sa grupom 66-75 za RAVLT A1 ($p = 0,009$), A2 ($p = 0,001$), A3 ($p < 0,001$), A4 ($p < 0,001$), A5 ($p < 0,001$), A6 ($p < 0,001$) i RAVLT rekognicija ($p < 0,001$). Takođe statistički značajna razlika dobijena je i pri poređenju grupe >76 i grupe 51-65 za RAVLT A1 ($p = 0,01$), A2 ($p = 0,002$), A3 ($p < 0,001$), A4 ($p < 0,001$), A5 ($p < 0,001$), A6 ($p < 0,001$), RAVLT rekognicija ($p = 0,004$), RAVLT lažno prepoznate ($p = 0,001$, Tabela 15). Grupa ispitanika starijih od 76 godina pokazala je statistički značajno lošije performanse u svim aspektima RAVLT-a u poređenju sa grupom 66-75 godina. To uključuje rezultate na svih šest podtestova (A1, A2, A3, A4, A5, A6) i rekogniciju. Ove razlike su značajne i onda kada se grupa starijih od 76 godina uporedi sa grupom ispitanika u dobi od 51-65 godina. Rezultati istraživanja na Rey Auditory-Verbal Learning Test (RAVLT) pružaju dublji uvid u kompleksne procese kognitivnog starenja. Ova pokazuje da se sposobnost učenja i pamćenja verbalnih informacija smanjuje sa napredovanjem starosti, pri čemu starije odrasle osobe, posebno one starije od 76 godina, pokazuju značajno lošije rezultate u poređenju sa mlađim grupama. Ovi rezultati sugeriraju na postojanje progresivnog i opsežnog kognitivnog opadanja tokom starenja, što može imati duboke implikacije na svakodnevno funkcionisanje i kvalitet života starijih osoba. Važno je naglasiti da su ove razlike u kognitivnim sposobnostima izražene u svim aspektima RAVLT-a, uključujući sposobnost pamćenja, učenja i prepoznavanja informacija.

Tabela 15. Rezultati RAVLT testa.

Parametri	Groups (median (min-max))			p vrednost
	51-65	66-75	>76	
RAVLT_A1	5 (2-7)	4 (1-7)	3 (1-5)**, #	0.012
RAVLT_A2	7.5 (3-11)	6 (2-12)	5 (4-7)**, ##	0.001
RAVLT_A3	9 (5-13)	8 (4-12)	5 (3-8)**, ##	<0.001
RAVLT_A4	9 (5-13)	9 (3-13)	5 (3-8)**, ##	<0.001
RAVLT_A5	10 (7-15)	10 (4-14)	6 (3-8)**, ##	<0.001
RAVLT_A6	11 (6-15)	10 (4-15)	5 (3-9)**, ##	<0.001
RAVLT_rekognicija	14 (11-15)	15 (11-15)	13 (5-15)**, ##	0.002
RAVLT_lazno_prep oznate	0 (0-4)	0 (0-21)	1 (0-32)**	0.004

p < 0.05 u poređenju sa 66-75 grupom, ** p < 0.01 u poređenju sa 51-65 grupom, ## p < 0.01 u poređenju sa 66-75 grupom.

The Hooper visual organization test

Statistički značajno niže vrednosti ovog testa dobili su ispitanici iz grupe >76 u poređenju sa grupom 66-75 ($p < 0,001$) i u poređenju sa grupom 51-65 ($p < 0,001$, Tabela 16). Rezultati istraživanja Hooper testa za vizuelnu organizaciju pružaju dublje razumevanje promena u kognitivnim funkcijama koje se dešavaju tokom starenja. Otkriveno je da su stariji ispitanici, posebno oni stariji od 76 godina, pokazali značajno lošije performanse na ovom testu u poređenju sa mlađim grupama. Razlika u rezultatima između starijih i mlađih grupa nagoveštava postojanje procesa kognitivnog opadanja koji se dešava s godinama. Budući da sposobnost vizuelne organizacije igra ključnu ulogu u svakodnevnim aktivnostima, kao i u očuvanju kognitivnih funkcija, važno je istražiti faktore koji doprinose ovim promenama i razviti strategije intervencija za održavanje i unapređenje ove sposobnosti kod starijih odraslih osoba.

Tabela 16. Rezultati Hooper testa.

Parametri	Grupe (median (min-max))			p vrednost
	51-65	66-75	>76	
Hooper	21 (9-27)	17.5 (7-28)	10 (3-18)**, ##	<0.001

** $p < 0.01$ u poređenju sa 51-65 grupom, ## $p < 0.01$ u poređenju sa 66-75 grupom.

V DISKUSIJA

Ispitivanje hoda

U svakodnevnom životu hod se odvija pod složenim uslovima na način da nam je pažnja često usmerena na druge objekte ili zadatke dok koračamo. Ti zadaci se mogu odnositi na nošenje torbe, pisanje sms poruke, razgovora sa osobom pored nas ili preko telefona, ili, često, više ovih zadataka istovremeno.

Godinama unazad iskustva stručnjaka govore u prilog tvrdnji da će stare osobe zaustaviti hod kad počnu razgovor sa prijateljem tvrdeći da je to verovatno zato što hodaње zahteva pažnju, a to znači potrebu za deljenjem pažnje vršenjem dva zadatka istovremeno (Lundin – Olsson, 1997). Najpopularniji metod za proveru ovih tvrdnji je pomoću metodologije dvostrukog zadatka.

Posmatranje ljudi dok obavljaju neki zadatak istovremeno koračajući se koristi za procenu povezanosti kognicije, hoda i rizika od pada. Hipoteza koja se provlači je da ta dva zadatka utiču jedan na drugi i bore se za kortikalne resurse mozga. Promene u kretanju kao npr. usporenje brzine kretanja, a koje se često definišu kao "utrošak dvostrukog zadatka", su posledica uključenosti procesa kore velikog mozga (Yogev-Seligmann, 2008).

Pregledna istraživanja govore o tome da povećan "utrošak dvostrukog zadatka" je povezan sa većim rizikom od pada kod starijih osoba. Ovakav neinvazivan i efikasan način procene rizika od pada kod ove populacije se pokazao kao dovoljno validan i senzitiv (Beauchet et al., 2009). Promene u hodu koje se dešavaju dok vršimo još neku radnju mogu otkriti narušenu funkciju mozga kod osoba sa početnom Alchajmerovom ili Parkinsonovom bolesti. Ova procena može otkriti narušenu kortikalnu funkciju da deli kognitivne resurse između hoda i zadatka koji zahteva pažnju izlažući ih tako povećanom riziku da padnu (Sheridan et al., 2003).

Analiza hoda i njegovih parametara u situaciji dvostrukog zadatka može dati uvid u moždane funkcije tokom rane faze kognitivnog poremećaja. Naučnici su saglasni da poboljšanje u određenim oblastima kognicije može takođe služiti tretmanu problema mobilnosti i padova kod starih osoba podjednako dobro kao i farmakološka terapija koja se primenjuje (Montero-Odasso, 2012).

Brojne studije pokazuju da se i kod zdravih mladih osoba javlja usporenje kretanja, kao i da se narušavaju rezultati tog dodatnog zadatka, kada se od njih traži da ga izvode dok koračaju, što vodi zaključku da se jedna složena aktivnost kao što je hod oslanja na pažnju čak i u ovoj populaciji (Leitner et al., 2007).

Taj dodatni zadatak može biti brojanje unazad koje se npr. koristilo na uzorku mladih zdravih studenata. Brojanje unazad naglas od broja 50 je jednostavan zadatak koji zahteva nisku uključenost pažnje kod mladih ljudi. Ovo odbrojanje značajno se oslanja na sposobnost radne memorije, a time je direktno oslonjeno na egzekutivne funkcije (Hittmair-Delazer, 1994). Prema drugim stanovištima,

uticaj jednog zadatka na drugi će biti veći ako su iscrpljeni kapaciteti za ravnomerno deljenje pažnje, a to zavisi od toga kom od njih je dat veći prioritet u tom trenutku i koliko svaki od njih opterećuje pažnju (Bloem et al., 2001).

Međutim, rezultati ovog istraživanja su pokazali da dolazi do grešaka u brojanju kod studenata u situaciji da to moraju da rade dok se kreću. U vezi sa tim je došlo do manjih promena u brzini koraka ali ne u meri kao u sličnim studijama kod starih osoba, dok se dužina koraka nije menjala. Zaključci ove studije su bili da su kod mladih osoba hod i njegovi parametri (kao npr. brzina) automatizovan proces ali i da zahteva malu uključenost pažnje (Beauchet et al., 2005). Brzina koraka je vremenski parametar hoda koji odražava ritam hoda i zato se često uzima kao pokazatelj samog ritma njegovog mehanizma (Newell et al, 1993).

Izostanak promena u dužini koraka u uslovima dodatnog zadatka se može tumačiti regulacijom dužine koraka od strane drugog nervnog centra nego što je to brzina hoda, kao i time da je brzina hoda više osetljiva na izmenjene uslove kretanja nego dužina koraka (Gage et al., 2003).

Ove prve studije koje su se bavile datom problematikom su hod procenjivale jednostavnom metodom pomoću štoperice i distance koja mora da se pređe, pa, osim brzine hoda nismo imali uvid u druge parametre vezane za ovu aktivnost. Međutim, brojne studije pokazuju da nam mnogo više informacija može dati analiza hoda korišćenjem više varijabli i takav način procene služi identifikaciji prisutnih kognitivnih poremećaja (De Cock, 2018).

Istrazivanje Taylor i sar. iz 2013. godine pokazuje da praćenje vremenskih i prostornih parametara hoda kroz jednostavne ili složene zadatke može predvideti padove kod kognitivno oštećenih starih osoba ali ostavlja se prostor da se vidi koji je najbolji način poboljšanja ovih parametara.

Deo naše studije bio je poređenje tri grupe zdravih ispitanika i njihovih postignuća na različitim zadacima hodanja, počev od bazičnog, osnovnog hoda, hodanja uz izvođenje motornog, potom mentalnog pa do kombinovanog zadatka (motorni plus mentalni izvedeni zajedno). Ovakva studija u Srbiji nije rađena na uzorku zdravih starih osoba već su se neke studije koje su ispitivale hod bavile osobama sa bolestima poput Parkinsonove (Marković et al., 2022) ili Alchajmerove (Stojmenovic et al., 2014).

Vreme ciklusa hoda (Cycle time) je period od momenta kontakta stopala (obično pete) jedne noge sa podlogom do ponovnog kontakta iste te noge sa podlogom (Levine, Richards, & Whittle, 2012). U našoj studiji, vreme ciklusa hoda se značajno povećalo u najstarijoj grupi ispitanika preko 76 godina starosti u odnosu na najmlađu grupu između 51-65 godina starosti u svim uslovima testiranja, dok je prema starijoj drugoj grupi ispitanika (66-75 godina) povećano tokom izvođenja kognitivnog i kombinovanog zadatka. CV je bio povećan u najmlađoj grupi ispitanika tokom kombinovanog zadatka, a u starijoj (srednjoj) grupi tokom vršenja kognitivnog zadatka.

Slične rezultate nalazimo u studiji Beauchet i sar. (2005) gde se srednja vrednost trajanja ciklusa hoda kod starih osoba povećala kada su hodali istovremeno vršeći aritmetički zadatak ($p=0.005$), ali ne i zadatak verbalne fluentnosti ($p=.134$). Ovo bi moglo da ukaže da se brzina hoda tokom dvostrukog zadatka oslanja na tip zadatka koji se postavi pred ispitanika. Nađeno je povećanje u koeficijentu varijacije (CV) ciklusa hoda dok se vrši zadatak brojanja unazad i ono možemo vezati za kompeticiju motornog zadatka (hod) i egzekutivnih funkcija (brojanje).

Onda kada je zadatak bio motorički to je dokazano smanjilo trajanje ciklusa hoda tj. usporilo hod kod onih koji su morali u isto vreme da ritmično tapkaju prstom (Ebersbach et al., 1995). Takođe, nađeno je povećanje varijabilnosti u trajanju ciklusa hoda kod starih osoba dok su simultano nosili napunjenu čašu i koračali (Grabiner et al., 2001). Sve ovo možemo u nekim narednim istraživanjima pokušati povezati sa tvrdnjom da osobe koje imaju kognitivni poremećaj imaju veće smanjenje u brzini hoda nego one koje su kognitivno zdrave (Theill et al., 2011).

Vreme trajanja njihanja (zamaha) jednom nogom tj. vreme za koje je stopalo koje posmatramo u vazduhu i nije u kontaktu sa podlogom (Swing time), nije pokazalo statistički značajnu razliku kada se upoređi između grupa ispitanika.

Dužina dvostrukog koraka tj. dužina koraka (Stride length) je rastojanje od kontakta nogom (petom) jednog stopala do ponovnog kontakta istog tog stopala sa podlogom (Chambers & Sutherland, 2002). Dužina koraka je statistički značajno bila kraća u najstarijoj grupi ispitanika (>76 godina) u poređenju sa najmlađom grupom (51-65 godina) u svim uslovima testiranja. U srednjoj grupi ispitanika (66-75 godina) samo su kognitivni i kombinovani zadatak skratili dužinu koraka u poređenju sa najmlađom grupom.

U svim grupama, dodatni zadatak je smanjio dužinu koraka u poređenju sa bazičnim hodom, a posebno je kombinovani zadatak značajno smanjio dužinu koraka u poređenju sa motornim i kognitivnim pojedinačno.

Kognitivni i kombinovani zadatak je značajno povećao CV dužine koraka u svim testiranim grupama. Povećan CV u dužini koraka, brzini ili vremenu oslanjanja na dve noge je povezano sa mogućnošću doživljavanja pada ali ne u toj meri u odnosu na strah od istog (Maki, 1997).

Visoke srednje vrednosti CV dužine koraka su karakteristične za umerenu demenciju, a visoke vrednosti CV brzine hoda su povezane sa pojavom umerenog kognitivnog poremećaja (Beauchet et al., 2018).

Vreme dvostrukog oslonca predstavlja period kada smo u kontaktu sa oba stopala sa podlogom (Levine, Richards, & Whittle, 2012). Vreme dvostrukog oslonca se povećalo u grupi ispitanika preko 76 godina u poređenju sa grupom 51-65 godina tokom svih testova, kao i u poređenju sa grupom 66-75 godina tokom motornog i kombinovanog zadatka.

Takođe, vreme dvostrukog oslonca se produžilo u grupi 66-75 godina u poređenju sa grupom 51-65 godina tokom bazičnog hoda, kao i tokom izvođenja motornog i kognitivnog zadatka. Kombinovana aktivnost je povećala vreme dvostrukog oslonca u svim grupama u poređenju sa vrednostima tokom bazičnog hoda, kao i tokom izvođenja motornog zadatka.

CV se nije značajno razlikovao tokom navedenih uslova testiranja. Vreme trajanja ciklusa hoda je povezano sa povećanjem trajanja dvostrukog oslonca što se može tumačiti kao pomoć smanjenju zahteva za pažnjom tokom faze zamaha, a time i manjem riziku za gubitak ravnoteže. Promene u šemi hoda tokom vršenja dva zadatka istovremeno mogu predstavljati strategiju za održavanje efikasnosti hoda (Woollacott, Shumway-Cook, 2002).

Poređenja grupe 51-65 godina sa grupom >76 godina starosti, kao i grupe 66-75 godina sa grupom preko 76 godina starosti pokazuju velike efekte veličina (ES), posebno u motornim i kognitivnim zadacima, naglašavajući značajne razlike vezane za uzrast.

Kognitivni zadatak generalno pokazuje veće efekte veličina u parametrima kao što su SL i CV pokazatelji kada se uporedi najstarija grupa sa mlađim grupama, što sugerise da kognitivni izazovi mogu posebno uticati na hod i motoričke funkcije starih osoba. Efekti veličina ukazuju da starost značajno utiče na hod i motoričku funkciju, sa značajnijim razlikama koje se pojavljuju u pozadini dodatnih motornih ili kognitivnih zadataka.

Starenjem, dešavaju se promene u mozgu na delovima koji su odgovorni za egzekutivne funkcije što može da se odrazi na izvođenje kognitivnih zadataka produženjem vremena reakcije, posebno dok vršimo istovremeno neku motornu radnju (Raz, 2000; Allali et al., 2016).

U istraživanjima novijeg datuma fokus je stavljan na osobe sa umerenim kognitivnim poremećajem i promene u hodu koje se javljaju izvođenjem dvostrukog zadatka. Umeren kognitivni poremećaj je faza između očekivanog kognitivnog propadanja usled normalnog starenja i nekog ozbiljnijeg stanja kao što su demencije, a ispoljava se problemima sa pamćenjem, jezikom, razmišljanjem ili donošenjem odluka (Sanford, 2017).

Kod ove populacije, opadanje brzine hoda je povezano sa lošijim postignućima na zadacima koji istovremeno testiraju sobosobnost pamćenja i taj hod je mnogo sporiji nego kad se testira samostalno (Montero-Odasso et al., 2009). Ovi nalazi se podudaraju sa prethodnim tvrdnjama da se lokomotorna aktivnost kod starih osoba u velikoj meri oslanja na kontrolu putem kognitivnih funkcija (Kemper et al., 2003).

Veza koja je pronađena između usporenja kretanja i pada u radnoj memoriji odnosno pamćenju se nameće kao predviđajući faktor u slučajevima nastanka poremećaja kognicije koji vode ka demencijama (Missonnier, 2005).

Neke promene u mehanizmu hoda kao što su smanjenje dužine koraka i brzine hoda, a istovremeno produženje faze oslanjanja na obe noge mogu biti mehanizmi adaptacije starih osoba na mogućnost doživljavanja pada (Maki, 1997).

Abnormalnosti u hodu mogu predvideti i povećati rizik od pada, demencije, hospitalizacije i smrti i zato posebno zahtevaju da im se posveti pažnja. Faktori rizika poput povišenog krvnog pritiska, šloga ili artritisa su učestali kod onih sa poremećajima kretanja i zahtevaju preduzimanje mera (Verghese, 2002).

Tako da rano uočavanje datih poremećaja može pomoći identifikovanju starih osoba koje su u povećanom riziku i angažovati institucije koje će pomoći smanjenju navedenih sekundarnih oboljenja i stanja (Verghese, 2006).

Takođe, u sličnom istraživanju kao naše, kod starijih osoba, primetno je povećanje vremena ciklusa hodanja i varijabilnosti tokom izvođenja verbalnih zadataka i hodanja, ili serijskog oduzimanja sedam od početnog trocifrenog broja. Kada govorimo o tome, u studiji Yogev – Seligman i saradnika (2012) je opisan program razvijen kako bi se poboljšalo izvođenje dodatnih zadataka tokom hodanja, što je važno za smanjenje rizika od pada kod pacijenata sa Parkinsonovom bolešću. Program je uključivao trening sa specifičnim zadacima tokom hodanja, fokusiran na motoričko učenje i izvođenje kognitivnih zadataka. Sedam pacijenata sa Parkinsonovom bolešću učestvovalo je u pilot studiji. Nakon četvoronedeljnog treninga, primećena su poboljšanja u brzini i stabilnosti hoda tokom izvođenja dodatnih zadataka, čak i u zadacima koji nisu direktno trenirani.

Ovi početni rezultati podržavaju primenu ovakvog programa treninga za pacijente sa Parkinsonovom bolešću, što ukazuje na njegov pozitivan uticaj kod hoda sa dodatnim zadacima i moguće poboljšanje sposobnosti pažnje tokom hodanja.

Takođe, Asai i saradnici (2013) su proučavali uticaj zadataka koji zahtevaju pažnju na pokrete trupa tokom hodanja. Koristeći koeficijent atenuacije ubrzanja (CoA) kao meru celokupnih pokreta trupa, ispitivali su ulogu pažnje u kontroli trupa tokom hodanja. U istraživanju je učestvovalo 30 starijih odraslih osoba i 38 mlađih odraslih osoba. Učesnici su hodali određenu udaljenost brzinom koju su sami odabrali dok su izvodili kognitivni zadatak koji zahteva pažnju. Merenjem ubrzanja trupa u različitim pravcima, otkriveno je da je zadatak koji zahteva pažnju značajno smanjio CoA u horizontalnom smeru, dok nije uticao na CoA u vertikalnom i antero-posteriornom smeru. Ovi rezultati sugerišu da je kontrola trupa u horizontalnom smeru jače povezana sa pažnjom, dok je kontrola u vertikalnom i antero-posteriornom smeru manje podložna uticaju pažnje.

Kognitivni i kombinovani zadaci značajno su povećali varijabilnost koraka u svim testiranim grupama. Hodanje uz istovremeno izvršavanje zadatka praćenja uma utiče na prostorno-vremenske parametre hoda, uz kraću dužinu koraka, duže vreme koraka, i veću varijabilnost dužine i vremena koraka tokom dualnih zadataka kod starijih osoba (McIsaac et al., 2015).

U vezi sa tim, Leandro i saradnici (2019) su istražili uticaj kombinovanja hodanja sa kognitivnim zadatkom sricanja reči unazad na prostorno-vremenske parametre hoda kod mlađih i starijih odraslih osoba. Nakon što su učesnici popunili Međunarodni upitnik o fizičkoj aktivnosti (IPAQ), izveli su seriju pojedinačnih zadataka, kao što su hodanje odabranom brzinom, hodanje brzo, stajanje na jednoj nozi, i kognitivni zadatak sricanja reči. Zatim su izvodili iste zadatke, ali kombinovane sa zadatkom sricanja reči unazad. Merili su se različiti parametri hoda i njihovo trajanje. U studiji je učestvovalo dvadeset mlađih i dvadeset starijih odraslih osoba. Rezultati su pokazali da je starija dob povezana sa određenim promenama u hoda, kao što su kraći koraci i duže trajanje ciklusa hoda tokom izvođenja određenih zadataka što se pokazalo i kod naših ispitanika, a što može ukazivati na smanjenje ravnoteže i stabilnosti tela kod starijih osoba.

Možemo da kažemo da više faktora deluje na brzinu hoda. Tiedemann i saradnici (2005) su procenjivali uticaj različitih faktora na brzinu hodanja na šest metara (SMWS) kod starijih osoba. Učestvovalo je 668 starijih odraslih osoba, a mereni su različiti fiziološki i psihološki parametri, uključujući snagu mišića, ravnotežu, vreme reakcije, vid, bol i emocionalno blagostanje. Rezultati su pokazali da su kombinovana snaga mišića donjih ekstremiteta, posturalna nestabilnost, vreme reakcije, osetljivost na kontrast ivice, ocene bola i vitalnosti, kao i starost, bili značajni prediktori rezultata na SMWS-a. Kombinovani set ovih faktora objasnio je 40% varijanse u brzini hodanja na šest metara. Trajanje ciklusa hodanja povezano je s povećanjem trajanja dvostrukog oslonca. Zaključeno je da brzinu hodanja kod starijih osoba ne određuje samo snaga mišića, već i faktori poput ravnoteže, vremena reakcije, vida, bola i emocionalnog blagostanja.

Dodatni kognitivnih i motorički zadatak utiče na ravnotežu starijih osoba. Sertel je sa svojim timom kolega (2017) uključila u studiju 159 ispitanika u dobi od 65 do 80 godina, koji su testirani pojedinačno i pri izvođenju više zadataka. Korišćeni su testovi za procenu ravnoteže i kognitivnog statusa. Rezultati su pokazali da dodatni zadaci značajno utiču na performanse u testovima ravnoteže. Trajanje testova se produžavalo kada su dodati motorički i kognitivni zadaci. Zaključak studije je da dodatni zadaci mogu smanjiti performanse ravnoteže kod starijih osoba, što ukazuje na potrebu za treningom ravnoteže uz dodatne kognitivne i motoričke zadatke. Osim toga, starije osobe suočavaju se s povećanim zahtevima za pažnjom kako bi održale stabilan hod, što prevazilazi zahteve mlađih osoba.

Uticaj dodatnog zadatka tokom hodanja na samu brzinu hoda i varijabilnost koraka kod starijih odraslih u poređenju sa sredovečnim i mlađim odraslima istraživao je u više navrata.

Dodatni zadatak može delovati na varijabilnost hoda što samo videli u našoj studiji, a što su takođe dokazali Hollman i saradnici (2006) u studiji gde je učestvovalo 60 osoba, podeljenih u tri grupe prema starosnoj dobi. Ispitanici su hodali preko staze dok su izgovarali reči unazad. Rezultati

su pokazali da su stariji ispitanici hodali sporije i imali veću varijabilnost koraka u brzini hoda u poređenju sa mlađim grupama.

Takođe, kod starijih osoba primećeno je da su lošije performanse hodanja povezane sa narušenim kognitivnim funkcijama. Ove promene u hodu tokom izvođenja kognitivnih zadataka ukazuju na smanjenu stabilnost hoda i mogu povećati rizik od pada kod starijih osoba. Sa starenjem, kognitivni resursi opadaju, dovodeći do smanjene sposobnosti hodanja kod starijih odraslih i povećane opasnosti od padova.

Koliko je težak motorni ili kognitivni zadatak može poslužiti da identifikujemo nivo kognitivnog oštećenja. Određeni autori su proučavali uticaj težine kognitivnih zadataka i vrste motornih zadataka (hodanje ili pokreti gornjeg ekstremiteta) na identifikaciju kognitivnog oštećenja kod starijih osoba. Učestvovalo je 100 starijih osoba preko 65 godina starosti, a kognitivna sposobnost procenjena je Montrealskim testom za merenje kognicije (MoCA).

Učesnici su izvodili ponavljajuće savijanje lakta pod tri uslova: samostalno, uz brojanje unazad za po jedan, a potom i za po tri broja. Takođe su izvođeni jednostruki i dvostruki zadaci hodanja i mereni su parametri hoda. Rezultati su pokazali veće poteškoće u izvođenju dvostrukih zadataka, a pokreti gornjih ekstremiteta su se pokazali kao superiorniji u identifikaciji kognitivnog oštećenja u poređenju sa hodaњem. Prema tome, gornji ekstremiteti mogu biti korisniji u brzom testiranju memorije u kliničkom okruženju (Ehsani et al., 2019).

Još jedna oblast koja zahteva pažnju istraživača je postojanje motoričkih promena kod starijih osoba sa blagim kognitivnim oštećenjem (MCI). Primenjeni su bili neurokognitivni testovi i analizirani su parametri hoda kod 99 starijih osoba, uključujući 64 sa MCI-jem i 35 kontrolnih osoba. Rezultati su pokazali da je MCI povezan sa sporijim hodom, posebno pri vršenju dodatnog zadatka istovremeno, što sugerise da se takvo ispitivanje može koristiti za diferenciranje MCI subtipova i otkrivanje motoričkih promena u MCI-u (Montero-Odasso et al., 2014).

Poslednjih godina se uvećava broj istraživanja koja ukazuju na značajna poboljšanja i pozitivne efekte na polju kognitivnog funkcionisanja do kojih se došlo kroz motorički trening kombinacijom vežbi balansa i mobilnosti u formi dvostrukog zadatka (Karssemeijer et al., 2017).

Najnoviji pogledi na istraživanja vezana za poremećaje kognicije, hoda i pokretljivosti donose drugačiji pristup u samom radu sa ovim osobama gde se na ove poremećaje gleda kao na procese koji se dešavaju istovremeno i narušavaju normalno funkcionisanje osobe (Montero-Odasso et al., 2012). Treba reći da kvantitativna analiza hoda može poslužiti kao marker za uočavanje nastupajuće demencije i razumevanja njene rane faze, a patološki supstrati (kao npr. u vaskularnim i nervnim strukturama) koji dovode do negativnih promena u hodu zahtevaju posebno istraživanje da bi se razvijale odgovarajuće preventivne mere (Verghese, 2007).

Tokom godina javlja se pad u kognitivnim funkcijama kao što su pažnja i pamćenje, dok se neke druge funkcije mogu čak iskustveno poboljšati (Oliveira, 2015).

Kada se govori o jeziku, imenovanje i fluentnost su obično pogođeni starenjem dok neke karakteristike kao izgovaranje reči, sintaksa i rečnik ostaju očuvani. Kognitivno procesuiranje opada sa godinama i to se ogleda u teškoćama obavljanja zadataka koji zahtevaju koncentraciju, pamćenje, čitanje itd. (Francisco, 2019).

Kognitivne funkcije podrazumevaju funkcije percepcije, pažnje, dugoročne i kratkoročne memorije, planiranje zadataka kao i njihovo rešavanje i dr. Deficiti u ovim funkcijama imaju najveći uticaj na svakodnevni život ljudi, kao i društva u celini. Češće se javljaju među osobama koje nisu fizički aktivne, slabijeg materijalnog statusa, kao i u kombinaciji sa depresivnim stanjima (Silva, 2014).

Veoma je važna strategija ranog otkrivanja opadanja u kognitivnim funkcijama koja treba da vodi kreiranju plana podrške koji treba da smanji ove probleme.

ACE-R procena se koristi da se uoči poremećaj u kogniciji i pokazuje veliku senzitivnost u detektovanju demencija. Studija Mioshi i saradnika (2006) je sprovedena kako bi se validirala poboljšana verzija Addenbrooke-ovog kognitivnog testa (ACE-R), koja uključuje pet poddomena rezultata. U istraživanju je učestvovalo 241 ispitanik, uključujući osobe sa Alchajmerovom bolešću, frontalno-temporalnom demencijom, demencijom sa Levijevim telima, blagim kognitivnim oštećenjem i kontrolne osobe. Pokazano je da je ACE-R veoma pouzdan i da ima značajnu korelaciju sa Kliničkom skalom demencije. Definisana su dva praga za ocenu rezultata, a analize su pokazale da je ACE-R osetljiv na rano kognitivno oštećenje. Upoređivanje performansi različitih grupa pokazalo je da su pacijenti sa blagim kognitivnim oštećenjem oštećeni u različitim oblastima, što dodatno potvrđuje validnost ACE-R testa kao alata za skrining demencije.

U studiji Brigola i saradnika (2018) koje je sprovedeno kako bi se ispitali različiti testovi kognitivnih procena na papiru kod starijih osoba, pri čemu su u obzir uzete njihova starost i nivo obrazovanja. U istraživanju je učestvovalo 667 starih osoba koje žive u zajednici, a podaci su prikupljeni putem standardnih testova za procenu kognicije.

Rezultati su pokazali da su starije osobe sa višim nivoom obrazovanja imale bolje rezultate u testovima kognitivnih funkcija. Takođe, svaka dodatna godina obrazovanja bila je povezana sa povećanjem rezultata u testovima za oko 10-11%. Osim toga, rezultati su varirali i u zavisnosti od starosne dobi, pri čemu su mlađi stariji imali bolje rezultate od starijih.

Korišćenjem ACE-R lošiji rezultati na testu tj. veća učestalost kognitivnog opadanja je pronađena u kategoriji ljudi starijih preko 80 godina što je u saglasnosti sa našim rezultatima gde je ukupan rezultat ACE-R testa bio značajno niži u grupi >76 u poređenju sa grupom 66-75 ($p = 0,005$), kao i u poređenju sa grupom 51-65 ($p = 0,001$). Može se izvesti zaključak je da je važno uzeti u obzir starost i nivo obrazovanja prilikom odabira adekvatnog testa za procenu kognitivnih funkcija kod starijih osoba.

Slični podaci su dobijeni u opsežnoj studiji u Brazilu na 310 ispitanika gde se pokazalo da su osobe starije od preko 80 godina pokazivale niže kognitivne performanse u svim oblasti osim verbalne fluentnosti (Nascimento, 2015).

Trail Making Test (TMT), koji se sastoji od A i B dela, je jedan od najpopularnijih neuropsiholoških testova i daje nam informacije o sposobnostima vizuelne pretrage, mentalne fleksibilnosti, brzine procesuiranje i dr. Kod A dela, koji smo koristili u našem istraživanju, se zahteva povezivanje 25 brojeva po redu i to za što kraće vreme. Ako se gleda neuroanatomski, TMT testiranje aktivira frontalne i nefrontalne regije mozga, i često je korišćen kao indikator disfunkcije mozga kod povreda, neurodegenerativnih bolesti, demencija, moždanog udara i depresija (Strauss, et al., 2006). Istraživanje Jacobson i saradnika (2011) je istražilo neurološku osnovu TMT-a, često korišćene neuropsihološke metode za procenu vizuomotornih sposobnosti i kognitivne fleksibilnosti. U eksperimentu se pokazalo da kompjuterski programiran TMT (pcTMT) pruža slične rezultate kao standardni TMT. Tokom funkcionalne magnetne rezonance (fMRI), pcTMT-B pokazuje veću aktivaciju u odnosu na pcTMT-A u određenim delovima mozga, što sugerise koje su to regije koje podržavaju kognitivnu fleksibilnost u slučaju oštećenja funkcije.

U našem istraživanju smo došli do rezultata da je osobama u najstarijoj grupi (> 76 godina) bilo potrebno najviše vremena za rešavanje testa u poređenju sa druge dve mlađe grupe (51-65 i 66-75 godina). Ovi dobijeni rezultati su usklađeni sa rezultatima drugih istraživanjima gde se pokazalo da se vreme potrebno za izvođenje testa povećava sa godinama (Wecker et al., 2000).

Tombaugh (2004) je predstavio normativne podatke TMT A i B za 911 osoba koje žive u zajednici, starosti od 18 do 89 godina. Performanse na TMT-u opadaju kako starost raste i sa nižim nivoima obrazovanja. Kako bi se preciznije odredilo kako rezultati na TMT-u odražavaju narušene performanse kod osoba različite starosti i obrazovanja, norme su stratifikovane po starosti (u 11 grupa) i obrazovanju (na 2 nivoa). Ove nove norme predstavljaju detaljniji skup podataka nego prethodno dostupni, što je povećalo sposobnost neuropsihologa da detaljnije procene stepen narušenih performansi za različite starosne grupe i nivoe obrazovanja.

Takođe, određeni autori su došli do zaključka da godine života imaju značajniji efekat na rezultate testa u odnosu na neke druge faktore kao npr edukacija i pol, i to pogotovo u grupama izuzetno starih ispitanika. Istraživanje Wei i saradnika (2018) je proučavalo validnost Trail-Making

Test-a (TMT) u proceni kognitivnog oštećenja kod starijih odraslih osoba. U istraživanju je učestvovalo 2.294 ispitanika starosti od 50 do 85 godina, uključujući one sa normalnom kognicijom, blagim kognitivnim oštećenjem, Alchajmerovom bolešću, vaskularnim blagim kognitivnim oštećenjem, vaskularnom demencijom, neodređenim tipovima demencije i mešanom demencijom. Rezultati su pokazali da su starost, obrazovanje i pol bili značajno povezani sa vremenom završetka TMT-a.

TMT-A je imao visoku osetljivost i specifičnost u razlikovanju Alchajmerove bolesti od normalne kognicije, dok je i TMT-B pokazao dobre rezultate u razlikovanju Alchajmerove bolesti od normalne kognicije. TMT-A je takođe bio koristan u razlikovanju normalne kognicije od vaskularne demencije. Međutim, TMT je pokazao manju osetljivost u razlikovanju blagog kognitivnog oštećenja od normalne kognicije.

Rey Auditory-Verbal Learning Test (RAVLT) je jedan jednostavan test verbalnog učenja kojim može da se meri kratkotrajno verbalno pamćenje, verbalno učenje i rekognicija (Lezak, 1983). Često se koristi u proceni problema u pamćenju kod nekih bolesti kao što su Alchajmerova bolest, povreda glave i psihijatrijskih oboljenja (Butters, 1984). RAVLT se nije tako često koristio za procenu promena u pamćenju kao posledica starenja i u tu svrhu se nalazi manji broj studija iako sam test poseduje senzitivnost na procenu različitih segmenata pamćenja. Istraživanje Bleecker i saradnika (1988) je obuhvatilo 196 zdravih muškaraca i žena u dobi od 40 do 89 godina kako bi se proučilo verbalno učenje i pamćenje.

Koristio se Rey Auditory Verbal Learning Task (RAVLT), koji obuhvata 15 reči, prezentovanih kroz pet uzastopnih pokušaja, praćenih slobodnim ponavljanjem nakon svakog pokušaja. Nakon toga, ispitanici su podvrgnuti testu prepoznavanja sa 50 reči. Analiza koraka pokazala je da su starost i pol imali značajan uticaj na sve pokušaje, dok je vokabular uticao samo na pokušaje 4 i 5. Muškarci su generalno imali niže rezultate u poređenju sa ženama, posebno u starijoj dobnoj grupi (66-89 godina). Nije utvrđen uticaj starosti, pola ili vokabulara na test prepoznavanja.

U našem istraživanju pokazano je da je u svim kategorijama RAVLT testiranja postojala razlika između poređenih grupa. Statistički značajno lošije rezultate imala je grupa >76 u poređenju sa grupom 66-75 za RAVLT A1 ($p = 0,009$), A2 ($p = 0,001$), A3 ($p < 0,001$), A4 ($p < 0,001$), A5 ($p < 0,001$), A6 ($p < 0,001$) i RAVLT rekognicija ($p < 0,001$).

Takođe statistički značajna razlika dobijena je i pri poređenju grupe >76 i grupe 51-65 za RAVLT A1 ($p = 0,01$), A2 ($p = 0,002$), A3 ($p < 0,001$), A4 ($p < 0,001$), A5 ($p < 0,001$), A6 ($p < 0,001$), RAVLT rekognicija ($p = 0,004$), RAVLT lažno prepoznate ($p = 0,001$).

Ovi rezultati su usklađeni sa prethodnom studijom Malloy-Diniz (2007) gde je uočeno smanjenje učestalosti ponavljanja reči koje se javlja sa godinama što se može objasniti time da

slobodno prisećanje zahteva započinjanje i pretragu skladištenih informacija u memoriji, onih funkcija u kojima se uočava pad sa godinama.

Pomenuta studija je ispitivala performanse šest grupa starijih osoba u Brazilu na Rey Auditory-Verbal Learning Test - u. Razvijena je verzija testa sa portugalskim rečima, a 223 ispitanika oba pola je bilo podeljeno u 6 starosnih grupa. Rezultati su pokazali da je nivo obrazovanja imao pozitivnu korelaciju, dok je starost imala negativnu korelaciju sa performansama na testu. Žene su postigle bolje rezultate od muškaraca.

Hooper Visual Organization Test je nastao 40ih godina prošlog veka i postao popularan instrument za merenje sposobnosti organizacije vizuelnih stimulusa, obično u kombinaciji sa baterijom testova koji mere slične sposobnosti (Mitrushina et al., 1999). U našoj studiji, statistički značajno niže vrednosti ovog testa dobili su ispitanici iz grupe >76 u poređenju sa grupom 66-75 ($p < 0,001$) i u poređenju sa grupom 51-65 ($p < 0,001$).

VI ZAKLJUČAK

Starenje je heterogeni proces gde se promene dešavaju u svim aspektima funkcionisanja organizma. Opadanje kognitivnih funkcija pokazano korišćenjem baterija testova povezano je sa padom u specifičnim veštinama kao što je apstraktno mišljenje, oblasti epizodičkog pamćenja, brzina obrade informacija, pažnja, a češće se javlja kod starih osoba koje već imaju problem u fizičkom funkcionisanju i kretanju.

Kognitivne promene kod starih osoba čine ozbiljan društveni problem na kojem moraju raditi zdravstvene i socijalne ustanove. Jedan od istraživačkih ciljeva ovog rada jeste pronalaženje i utvrđivanje jednostavnog metoda procene hoda kojim bismo mogli da efikasno detektujemo rane promene u kognitivnom funkcionisanju kod određenih starijih osoba i time sprečimo ili umanjimo takve posledice. Praćenje ovih osoba bi značilo njihovo uključivanje u program rane intervencije čime bi se usporila progresija ovakvih stanja i poboljšao njihov kvalitet života.

Rezultati našeg istraživanja hoda putem GAITRite merne trake za ispitivanje hoda ukazuju da se vreme ciklusa hoda značajno povećalo, a dužina koraka skratila, posmatrano u najstarijoj grupi ispitanika preko 76 godina starosti u odnosu na najmlađu grupu između 51-65 godina starosti u svim uslovima testiranja. Ovakvi nalazi su se prema nešto starijoj grupi (66-75 godina) pokazali samo tokom izvođenja kognitivnog i kombinovanog zadatka.

Vreme dvostrukog oslonca na obe noge se povećalo u grupi ispitanika preko 76 godina u poređenju sa grupom 51-65 godina tokom izvođenja svih eksperimentalnih uslova, kao i u poređenju sa grupom 66-75 godina ali takođe samo tokom izvođenja motornog kao i kombinovanog zadatka.

Stoga se može zaključiti da sa starenjem dolazi do značajnih izmena parametara hoda posebno onda kada se kombinuje sa vršenjem još nekog dodatnog, motornog ili kognitivnog zadatka, tokom hoda.

Takođe, kognitivnim testiranjem dobili smo lošije rezultate na ACE-R, TMT i RAVLT testu kod osoba starijih od 76 godina u poređenju sa druge dve mlađe grupe (51-65 i 66-75 godina) gde su se navedeni testovi pokazali kao adekvatni za ispitivanje kognitivnih funkcija.

Doprinos ovog istraživanja ogleda se u prepoznavanju pokazatelja koji bi uspešno mogli diskriminisati stare osobe koje se nalaze u riziku od razvoja kognitivnih poremećaja i posledičnih motornih posledica.

Pokazano je i da upotreba savremenih tehnologija u svrhu procene hoda, kao što je traka za ispitivanje hoda, može omogućiti praćenje starih osoba, kao i brzu i efikasnu procenu eventualnog poremećaja hoda. Ovako dobijamo precizne informacije o parametrima hoda i o identifikaciji onih koji pokazuju da dolazi do izmene parametara hoda koji mogu narušiti normalno funkcionisanje ispitanika.

Ograničenja ovog istraživanja bi mogla biti ta da smo stare osobe testirali u jednom vremenskom intervalu, a da se mnogo sveobuhvatniji nalazi mogu dobiti longitudinalnim praćenjem

tokom nekog određenog vremenskog perioda. Još jedno ograničenje se ogleda u tome da je uzorak dosta skroman u najstarijoj grupi, a to je negde i bilo očekivano jer smo obuhvatili samo zdrave ispitanike. Uzimajući u obzir razne pridružene bolesti osoba u tom starosnom dobu, zadatak pronalaženja adekvatnog uzorka je bio prilično otežan. Takođe, može se planirati dalje istraživanje gde bi mogli uključiti i pratiti druge faktore koji bi mogli ugroziti kognitivno funkcionisanje i hod, kao što je upotreba određenih medikamenata, određene ishrane ili stepena fizičke aktivnosti ispitanika.

LITERATURA

- Aiken, L. R. (1995). *Aging: An introduction to gerontology*. SAGE Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781452232683>
- Allali, G., Annweiler, C., Blumen, H. M., Callisaya, M. L., De Cock, A. M., Kressig, R. W., Srikanth, V., Steinmetz, J. P., Verghese, J., & Beauchet, O. (2016). Gait phenotype from mild cognitive impairment to moderate dementia: results from the GOOD initiative. *European journal of neurology*, 23(3), 527–541. <https://doi.org/10.1111/ene.12882>
- Allen, P. A., Lien, M. C., Murphy, M. D., Sanders, R. E., Judge, K. S., & McCann, R. S. (2002). Age differences in overlapping-task performance: evidence for efficient parallel processing in older adults. *Psychology and aging*, 17(3), 505–519. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.17.3.505>
- Allum, J. H., Honegger, F., & Schicks, H. (1994). The influence of a bilateral peripheral vestibular deficit on postural synergies. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation*, 4(1), 49–70.
- Anderson, J. R. (2000). *Learning and memory: An integrated approach*. John Wiley & Sons Inc.
- Aniansson, A., Hedberg, M., Henning, G. B., & Grimby, G. (1986). Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle & nerve*, 9(7), 585–591. <https://doi.org/10.1002/mus.880090702>
- Anstey, K., & Christensen, H. (2000). Education, activity, health, blood pressure and apolipoprotein E as predictors of cognitive change in old age: a review. *Gerontology*, 46(3), 163–177. <https://doi.org/10.1159/000022153>
- Arnett, J.A., & Labovitz, S.S. (1995). Effect of physical layout in performance of the Trail Making Test. *Psychological Assessment*, 7, 220-221.
- Arshad Q, Seemungal BM. Age-Related Vestibular Loss: Current Understanding and Future Research Directions. *Front Neurol*. 2016 Dec 19;7:231. doi: 10.3389/fneur.2016.00231. Erratum in: *Front Neurol*. 2017 Aug 21;8:391. PMID: 28066316; PMCID: PMC5165261.
- Asai, T., Doi, T., Hirata, S., & Ando, H. (2013). Dual tasking affects lateral trunk control in healthy younger and older adults. *Gait & posture*, 38(4), 830–836. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.04.005>

Atchison, D. A., & Smith, G. (2000). *Optics of the human eye*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Atienza, A.A. (2001). Home-Based Physical Activity Programs for Middle-Aged and Older Adults: Summary of Empirical Research. *Journal of Aging and Physical Activity*, 9.

Bäckman, L., Small, B. J., & Wahlin, Å. (2001). Aging and memory: Cognitive and biological perspectives. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 349–377). Academic Press.

Basso, A. & Cubelli, R. Clinical aspects of aphasia. In: Denes G and Pizzamiglio L (eds.) *Handbook of Clinical and Experimental Neuropsychology*. East Sussex, UK: Psychology Press; 1999.p. 181–193.

Bayles, K. A., Kaszniak, A. W., & Tomoeda, C. K. (1987). *Communication and cognition in normal aging and dementia*. College-Hill Press/Little, Brown & Co.

Beasley, Daniel S. & Davis, George Albyn. (1981). *Aging, communication processes and disorders*. New York : Grune & Stratton

Beauchet, O., Dubost, V., Herrmann, F. R., & Kressig, R. W. (2005). Stride-to-stride variability while backward counting among healthy young adults. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2, 26. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-2-26>

Beauchet, O., Dubost, V., Aminian, K., Gonthier, R., & Kressig, R. W. (2005). Dual-task-related gait changes in the elderly: does the type of cognitive task matter?. *Journal of motor behavior*, 37(4), 259–264.

Beauchet, O., Annweiler, C., Dubost, V., Allali, G., Kressig, R. W., Bridenbaugh, S., Berrut, G., Assal, F., & Herrmann, F. R. (2009). Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults?. *European journal of neurology*, 16(7), 786–795. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02612.x>

Beauchet, O., Blumen, H. M., Callisaya, M. L., Cock, A. M. D., Kressig, R. W., Srikanth, V., Steinmetz, J. P., Verghese, J., & Allali, G. (2018). Spatiotemporal gait characteristics associated with cognitive impairment: A multicenter cross-sectional study, the intercontinental “gait, cognition & decline” initiative. *Current Alzheimer Research*, 15(3), 273-282. <https://doi.org/10.2174/1567205014666170725125621>

Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR *et al.* (1990) Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *Journal of Bone and Joint Surgery* **72A**: 871–877.

Bleecker, M. L., Bolla-Wilson, K., Agnew, J., & Meyers, D. A. (1988). Age-related sex differences in verbal memory. *Journal of clinical psychology*, 44(3), 403–411. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(198805\)44:3<403::aid-jclp2270440315>3.0.co;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-4679(198805)44:3<403::aid-jclp2270440315>3.0.co;2-0)

Bloem, B. R., Valkenburg, V. V., Slabbekoorn, M., & Willemsen, M. D. (2001). The Multiple Tasks Test: development and normal strategies. *Gait & posture*, 14(3), 191–202. [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(01\)00141-2](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(01)00141-2)

Brigola, A. G., Ottaviani, A. C., Souza, É. N., Rossetti, E. S., Terassi, M., Oliveira, N. A., Luchesi, B. M., & Pavarini, S. C. I. (2018). Descriptive data in different paper-based cognitive assessments in elderly from the community Stratification by age and education. *Dementia & neuropsychologia*, 12(2), 157–164. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn12-020008>

Butters N. (1984). The clinical aspects of memory disorders: contributions from experimental studies of amnesia and dementia. *Journal of clinical neuropsychology*, 6(1), 17–36. <https://doi.org/10.1080/01688638408401193>

Bengtson, V. L., & Schaie, K. W. (Eds.). (1999). *Handbook of theories of aging*. Springer Publishing Company.

Berg, C. A., Meegan, S. P., & Klaczynski, P. (1999). Age and experiential differences in strategy generation and information requests for solving everyday problems. *International Journal of Behavioral Development*, 23(3), 615–639. <https://doi.org/10.1080/016502599383720>

Berthoz A, Pozzo T. (1994). Head and body coordination during locomotion and complex movements. In: Swinnen SP, Heuer H, Massion J, Casaer P, eds. Interlimb coordination: neural, dynamical and cognitive constraints. San Diego: Academic, 147–165.

Best, J. B. (1999). *Cognitive psychology* (5th ed.). Wadsworth/Thomson Learning.

Birren, J. E., & Schaie, K. W. (Eds.). (2001). *Handbook of the psychology of aging* (5th ed.). Academic Press.

Blanchard-Fields, F., Jahnke, H. C., & Camp, C. (1995). Age differences in problem-solving style: the role of emotional salience. *Psychology and aging*, 10(2), 173–180. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.10.2.173>

Bond, J., Coleman, P., & Peace, S. (1993). Ageing in the twentieth century.

Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: a meta-analysis. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 60(5), P223–P233. <https://doi.org/10.1093/geronb/60.5.p223>

Brewer, M.B., Dull, V.T., & Lui, L. (1981). Perceptions of the Elderly: Stereotypes as Prototypes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 41, 656-670.

Bucur B, Allen PA, Sanders RE, Ruthruff E, & Murphy MD (2005) Age differences in dividing attention between bimodal dimensions: Investigating coactive processing in older adults. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences* 60B: P279–P282.

Bürkle, A., Brabeck, C., Diefenbach, J., & Beneke, S. (2005). The emerging role of poly(ADP-ribose) polymerase-1 in longevity. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 37(5), 1043–1053. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2004.10.006>

Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. *NeuroImage*, 17(3), 1394–1402. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1280>

Capozzo A, Della Croce U, Leardini A *et al.* (2005) Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 1: Theoretical background. *Gait and Posture* 21: 186–196.

Cavanagh PR, Hennig EM, Rodgers MM *et al.* (1985) The measurement of pressure distribution on the plantar surface of diabetic feet. In: Whittle M, Harris D (eds) *Biomechanical Measurement in Orthopaedic Practice*. Oxford: Clarendon Press, pp. 159–166.

Carstensen, L. L., Isaacowitz, D. M., & Charles, S. T. (1999). Taking time seriously. A theory of socioemotional selectivity. *The American psychologist*, 54(3), 165–181. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.54.3.165>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2003). „Trends in aging- United States and worldwide“. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 52(6), 101–104. Retrieved from 3 January, 2016. <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5206a2.htm>

Cerella, J., Poon, L. W., & Williams, D. M. (1980). Age and the complexity hypothesis. In L. W. Poon (Ed.), *Aging in the 1980s: Psychological issues* (pp. 332–340). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10050-024>

Chambers, H. G., & Sutherland, D. H. (2002). A practical guide to gait analysis. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 10(3), 222–231. <https://doi.org/10.5435/00124635-200205000-00009>

Charness, N. & Bosman, E.A. (1995) Expertise and age. In: Maddox, G. (ed.), *Encyclopedia of aging*, 2nd edn. New York: Springer, 352–4.

Chen, H. C., Schultz, A. B., Ashton-Miller, J. A., Giordani, B., Alexander, N. B., & Guire, K. E. (1996). Stepping over obstacles: dividing attention impairs performance of old more than young adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 51(3), M116–M122. <https://doi.org/10.1093/gerona/51a.3.m116>

Chen, G., & Patten, C. (2008). Joint moment work during the stance-to-swing transition in hemiparetic subjects. *Journal of biomechanics*, 41(4), 877–883. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2007.10.017>

Connor, L. T., Spiro, A. III, Obler, L. K., & Albert, M. L. (2004). Change in object naming ability during adulthood. *The Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 59(5), P203–P209. <https://doi.org/10.1093/geronb/59.5.P203>

Cotman, C.W. Synaptic plasticity, neurotrophic factors, and transplantation in the aged brain. In: Schneider EL and Rowe JW (eds.) *Handbook of the Biology of Aging*. San Diego, CA: Academic Press; 1990.

Craik, R. Changes in locomotion in the aging adult. In: Woollacott MH, Shumway-Cook A, eds. *Development of posture and gait across the lifespan*. Columbia: University of South Carolina; 1989. p.176–201.

Craik, F. I. (1994). Memory changes in normal aging. *Current directions in psychological science*, 3(5), 155-158.

Craik, F. I. (2000). Age-related changes in human memory. *Cognitive aging: A primer*, 5, 75-92.

Craik, F. I. M., & Salthouse, T. A. (Eds.). (2000). *The handbook of aging and cognition* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in cognitive sciences*, 10(3), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.007>

Crosbie J, Vachalathiti R, Smith R. (1997) Patterns of spinal motion during walking. *Gait and Posture* 5:6–12.

Das, P., & McCollum, G. (1988). Invariant structure in locomotion. *Neuroscience*, 25(3), 1023–1034. [https://doi.org/10.1016/0306-4522\(88\)90055-3](https://doi.org/10.1016/0306-4522(88)90055-3)

Dalpubel, D., Rossi, P. G., de Almeida, M. L., Ribeiro, E. B., Araújo, R., de Andrade, L. P., & do Vale, F. A. C. (2019). Subjective memory complaint and its relationship with cognitive changes and physical vulnerability of community-dwelling older adults. *Dementia & neuropsychologia*, 13(3), 343–349. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn13-030012>

Deary, I. J., Corley, J., Gow, A. J., Harris, S. E., Houlihan, L. M., Marioni, R. E., Penke, L., Rafnsson, S. B., & Starr, J. M. (2009). Age-associated cognitive decline. *British medical bulletin*, 92, 135–152. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldp033>

- De Cock, A. M., Perkisas, S., Verhoeven, V., Vandewoude, M., Fransen, E., & Remmen, R. (2018). The impact of cognitive impairment on the physical ageing process. *Aging clinical and experimental research*, 30(11), 1297–1306. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1016-8>
- Della Croce U, Riley PO, Lelas JL *et al.* (2001) A refined view of the determinants of gait. *Gait and Posture* **14**: 79–84.
- Della Croce U, Leardini A, Chiari L *et al.* (2005) Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 4: Assessment of anatomical landmark misplacement and its effects on joint kinematics. *Gait and Posture* **21**: 226–237.
- Devedžić, M., Stojilković Gnjatović, J. (2015). Demografski profil starog stanovništva Srbije, Popis stanovništva domaćinstava i stanova 2011 u Republici Srbiji, Republički zavod za statistiku, Beograd.
- Davis RB. (1988) Clinical gait analysis. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* September: 35–40.
- Dietz V. (1997). Locomotor recovery after spinal cord injury. *Trends in neurosciences*, 20(8), 346–347. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(97\)89934-1](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(97)89934-1)
- Dixon, R. A. (1992). 13 Contextual approaches to adult intellectual development. *Intellectual development*, 350.
- Doumas, M., Smolders, C., & Krampe, R. T. (2008). Task prioritization in aging: effects of sensory information on concurrent posture and memory performance. *Experimental brain research*, 187(2), 275–281. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1302-3>
- Dziechciaż, M., & Filip, R. (2014). Biological psychological and social determinants of old age: bio-psycho-social aspects of human aging. *Annals of agricultural and environmental medicine : AAEM*, 21(4), 835–838. <https://doi.org/10.5604/12321966.1129943>
- Đukić, O. (2012). Stanovništvo i demografsko-ekonomski razvoj: svet i Srbija. *Stanovništvo i razvoj*, 73-90.

Kenshalo, D.R. (1979). Aging effects on cutaneous and kinesthetic sensibilities. *Special senses in aging: a current biological assessment*, 189-217.

Ebersbach, G., Dimitrijevic, M. R., & Poewe, W. (1995). Influence of concurrent tasks on gait: a dual-task approach. *Perceptual and motor skills*, 81(1), 107–113. <https://doi.org/10.2466/pms.1995.81.1.107>

Ehsani, H., Mohler, M. J., O'Connor, K., Zamrini, E., Tirambulo, C., & Toosizadeh, N. (2019). The association between cognition and dual-tasking among older adults: the effect of motor function type and cognition task difficulty. *Clinical interventions in aging*, 14, 659–669. <https://doi.org/10.2147/CIA.S198697>

Eng, J. J., Winter, D. A., & Patla, A. E. (1994). Strategies for recovery from a trip in early and late swing during human walking. *Experimental brain research*, 102(2), 339–349. <https://doi.org/10.1007/BF00227520>

Eng, J. J., & Winter, D. A. (1995). Kinetic analysis of the lower limbs during walking: what information can be gained from a three-dimensional model?. *Journal of biomechanics*, 28(6), 753–758. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(94\)00124-m](https://doi.org/10.1016/0021-9290(94)00124-m)

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 102–134). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.007>

Enoka R. M. (2002). *Neuromechanics of human movement* (3rd ed.). Human Kinetics. Retrieved July 21 2023 from <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/46394957.html>.

European Union, Directorate-General for Economic and Financial Affairs. (2014). The 2015 Ageing Report, Underlying Assumptions and Projection Methodologies. Retrieved from March 27, 2017 http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/european_economy/2014/pdf/ee8_en.pdf.

Finley, F. R., & Cody, K. A. (1970). Locomotive characteristics of urban pedestrians. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 51(7), 423–426.

Fox, M. D., & Delp, S. L. (2010). Contributions of muscles and passive dynamics to swing initiation over a range of walking speeds. *Journal of biomechanics*, 43(8), 1450–1455. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.02.009>

Fozard, J. L., & Gordon-Salant, S. (2001). Changes in vision and hearing with aging.

Francisco, H. C., Brigola, A. G., Ottaviani, A. C., Dos Santos-Orlandi, A. A., Orlandi, F. S., Fraga, F. J., Guarisco, L. P. C., Zazzetta, M. S., Pedroso, R. V., & Pavarini, S. C. I. (2019). Relationship between cognitive processing, language and verbal fluency among elderly individuals. *Dementia & neuropsychologia*, 13(3), 299–304. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn13-030006>

Fritz, S., & Lusardi, M. (2009). White paper: "walking speed: the sixth vital sign". *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 32(2), 46–49.

Finley, F. R., Cody, K. A., & Finizie, R. V. (1969). Locomotion patterns in elderly women. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 50(3), 140–146.

Fisher, G. G., Chaffee, D. S., Tetrack, L. E., Davalos, D. B., & Potter, G. G. (2017). Cognitive functioning, aging, and work: A review and recommendations for research and practice. *Journal of Occupational Health Psychology*, 22(3), 314–336. <https://doi.org/10.1037/ocp0000086>

Gage JR, Fabian D, Hicks R *et al.* (1984) Pre- and postoperative gait analysis in patients with spastic diplegia: a preliminary report. *Journal of Pediatric Orthopedics* 4:715–725.

Gage, W. H., Sleik, R. J., Polych, M. A., McKenzie, N. C., & Brown, L. A. (2003). The allocation of attention during locomotion is altered by anxiety. *Experimental brain research*, 150(3), 385–394. <https://doi.org/10.1007/s00221-003-1468-7>

Gerson A. (1974). Validity and reliability of the Hooper Visual Organization Test. *Perceptual and motor skills*, 39(1), 95–100. <https://doi.org/10.2466/pms.1974.39.1.95>

Gilchrist, A. L., Cowan, N., & Naveh-Benjamin, M. (2008). Working memory capacity for spoken sentences decreases with adult ageing: recall of fewer but not smaller chunks in older adults. *Memory (Hove, England)*, 16(7), 773–787. <https://doi.org/10.1080/09658210802261124>

- Gottschall, J. S., & Kram, R. (2003). Energy cost and muscular activity required for propulsion during walking. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 94(5), 1766–1772. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00670.2002>
- Graci, V., Elliott, D. B., & Buckley, J. G. (2009). Peripheral visual cues affect minimum-foot-clearance during overground locomotion. *Gait & posture*, 30(3), 370–374. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.06.011>
- Grabiner, P. C., Biswas, S. T., & Grabiner, M. D. (2001). Age-related changes in spatial and temporal gait variables. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(1), 31–35. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.18219>
- Grillner, S., & Rossignol, S. (1978). On the initiation of the swing phase of locomotion in chronic spinal cats. *Brain research*, 146(2), 269–277. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(78\)90973-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(78)90973-3)
- Ehernberger Hamilton, H. (Ed.). (1998). *Language and Communication in Old Age: Multidisciplinary Perspectives* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203775233>
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *Psychology of learning and motivation*, 22, 193–225.
- Hausdorff, J. M., Yogev, G., Springer, S., Simon, E. S., & Giladi, N. (2005). Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Experimental brain research*, 164(4), 541–548. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2280-3>
- Hicks R, Tashman S, Cary JM *et al.* (1985) Swing phase control with knee friction in juvenile amputees. *Journal of Orthopaedic Research* 3: 198–201.
- Hicks R, Durinick N, Gage JR. (1988) Differentiation of idiopathic toe-walking and cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 8: 160–163.
- Hittmair-Delazer, M., Semenza, C., & Denes, G. (1994). Concepts and facts in calculation. *Brain: a journal of neurology*, 117 (Pt 4), 715–728. <https://doi.org/10.1093/brain/117.4.715>
- Herman, S., Grillner, R., Ralston, H.J. (1976). *Neural control of locomotion*. New York: Plenum.

- Hoang, I., Ranchet, M., Derollepot, R., Moreau, F., & Paire-Ficout, L. (2020). Measuring the Cognitive Workload During Dual-Task Walking in Young Adults: A Combination of Neurophysiological and Subjective Measures. *Frontiers in human neuroscience*, 14, 592532. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.592532>
- Hollman, J. H., Kovash, F. M., Kubik, J. J., & Linbo, R. A. (2007). Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait & posture*, 26(1), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.08.005>
- Hooyman, N. R., & Kiyak, H. A. (2011). *Social gerontology: A multidisciplinary perspective* (9th ed.). Boston: Pearson Education.
- Horak, F. B., Shupert, C. L., & Mirka, A. (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiology of aging*, 10(6), 727–738. [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(89\)90010-9](https://doi.org/10.1016/0197-4580(89)90010-9)
- Hummert, M. L., Garstka, T. A., Shaner, J. L., & Strahm, S. (1994). Stereotypes of the elderly held by young, middle-aged, and elderly adults. *Journal of gerontology*, 49(5), P240–P249. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.5.p240>
- Inman VT, Ralston HJ, Todd F. (1981) *Human Walking*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Iwasaki, S., & Yamasoba, T. (2014). Dizziness and Imbalance in the Elderly: Age-related Decline in the Vestibular System. *Aging and disease*, 6(1), 38–47. <https://doi.org/10.14336/AD.2014.0128>
- Jacobson, S. C., Blanchard, M., Connolly, C. C., Cannon, M., & Garavan, H. (2011). An fMRI investigation of a novel analogue to the Trail-Making Test. *Brain and cognition*, 77(1), 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.06.001>
- Jefferson RJ, Whittle MW. (1989) Biomechanical assessment of unicompartmental knee arthroplasty, total condylar arthroplasty and tibial osteotomy. *Clinical Biomechanics* 4: 232–242.
- Johnson, A., & Proctor, R. W. (2004). *Attention: Theory and practice*. Sage.
- Jin, K. (2010). Modern biological theories of aging. *Aging and disease*, 1(2), 72.

Kane RL, Ouslander JG, & Abrass IB (1984) *Essentials of Clinical Geriatrics*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Karssemeijer, E. G. A., Aaronson, J. A., Bossers, W. J., Smits, T., Olde Rikkert, M. G. M., & Kessels, R. P. C. (2017). Positive effects of combined cognitive and physical exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment or dementia: A meta-analysis. *Ageing research reviews*, 40, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.09.003>

Katzman, W. B., Sellmeyer, D. E., Stewart, A. L., Wanek, L., & Hamel, K. A. (2007). Changes in flexed posture, musculoskeletal impairments, and physical performance after group exercise in community-dwelling older women. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(2), 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.033>

Kelly, V. E., Schrage, M. A., Price, R., Ferrucci, L., & Shumway-Cook, A. (2008). Age-associated effects of a concurrent cognitive task on gait speed and stability during narrow-base walking. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 63(12), 1329–1334. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.12.1329>

Kemper, S. & Kliegl, R. (eds.) (1999). *Constraints on Language: Aging, Grammar, and Memory*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.

Kemper, S., Herman, R. E., & Lian, C. H. (2003). The costs of doing two things at once for young and older adults: talking while walking, finger tapping, and ignoring speech or noise. *Psychology and aging*, 18(2), 181–192. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.2.181>

Kepple, T., Siegel, K.L., & Stanhope, S.J. (1997). Relative contributions of the lower extremity joint moments to forward progression and support during gait. *Gait & Posture*, 6, 1-8.

Kerrigan CD. (2003) Discoveries from quantitative gait analysis. *Gait and Posture* **18** (Suppl. 1): S13.

Kleissen RFM, Buurke JH, Harlaar J *et al.* (1998) Electromyography in the biomechanical analysis of human movement and its clinical application. *Gait and Posture* **8**:143–158.

Krebs DE, Edelstein JE, Fishman S. (1985) Reliability of observational kinematic gait analysis. *Physical Therapy* **65**:1027–1033.

Lackner, J.R., DiZio, P. Sensory-motor calibration processes constraining the perception of force and motion during locomotion. In: Woollacott MH, Horak FB, eds. Posture and gait: control mechanisms. Eugene, OR: University of Oregon, 1992.p.92–96.

Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental brain research*, 97(1), 139–144. <https://doi.org/10.1007/BF00228824>

Leandro, Viçosa, Bonetti., Syed, Ahmed, Hassan., Karina, Tamy, Kasawara., W., Darlene, Reid. (2019). The effect of mental tracking task on spatiotemporal gait parameters in healthy younger and middle- and older aged participants during dual tasking. *Experimental Brain Research*, doi: 10.1007/S00221-019-05659-Z

Lehmann JF, Condon SM, Price R *et al.* (1987) Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot orthoses. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **68**: 763–771.

Leiper, C. I., & Craik, R. L. (1991). Relationships between physical activity and temporal-distance characteristics of walking in elderly women. *Physical therapy*, 71(11), 791–803. <https://doi.org/10.1093/ptj/71.11.791>

Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological Assessment* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.

Li, K. Z., & Lindenberger, U. (2002). Relations between aging sensory/sensorimotor and cognitive functions. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 26(7), 777–783. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(02\)00073-8](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(02)00073-8)

Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: a strong connection. *Psychology and aging*, 9(3), 339–355. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.9.3.339>

Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age: Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging*, 12(3), 410–432. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.12.3.410>

Lindgren, B. (2016). The Rise in Life Expectancy, Health Trends among the Elderly, and the Demand for Health and Social Care.

Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet (London, England)*, 349(9052), 617. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)24009-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(97)24009-2)

Leitner, Y., Barak, R., Giladi, N., Peretz, C., Eshel, R., Gruendlinger, L., & Hausdorff, J. M. (2007). Gait in attention deficit hyperactivity disorder : effects of methylphenidate and dual tasking. *Journal of neurology*, 254(10), 1330–1338. <https://doi.org/10.1007/s00415-006-0522-3>

Levine, D., Richards, J., & Whittle, M. (2012). *Whittle's gait analysis*. Elsevier.

Levine M. E. (2013). Modeling the rate of senescence: can estimated biological age predict mortality more accurately than chronological age?. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 68(6), 667–674. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls233>

Lord M, Reynolds DP, Hughes JR. (1986) Foot pressure measurement: a review of clinical findings. *Journal of Biomedical Engineering* 8:283–294.

Marsiske, M., Delius, J., Maas, I., Lindenberger, U., Scherer, H., & Tesch-Römer, C. Sensory systems in old age. In: Baltes PB and Mayer KU (eds.) *The Berlin Aging Study: Aging from 70 to 100*; 1999. pp. 360–383. New York: Cambridge University Press.

Marković, V., Stanković, I., Radovanović, S., Petrović, I., Ječmenica Lukić, M., Dragašević Mišković, N., Svetel, M., & Kostić, V. (2022). Gait alterations in Parkinson's disease at the stage of hemiparkinsonism-A longitudinal study. *PloS one*, 17(7), e0269886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269886>

Maki B. E. (1997). Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(3), 313–320. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1997.tb00946.x>

- McDonough, A. L., Batavia, M., Chen, F. C., Kwon, S., & Ziai, J. (2001). The validity and reliability of the GAITRite system's measurements: A preliminary evaluation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(3), 419–425. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.19778>
- McIsaac, T. L., Lamberg, E. M., & Muratori, L. M. (2015). Building a framework for a dual task taxonomy. *BioMed research international*, 2015, 591475. <https://doi.org/10.1155/2015/591475>
- Menz HB, Latt MD, Tiedemann A *et al.* (2004) Reliability of the GAITRite walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait and Posture* 20: 20–25.
- Missonnier, P., Gold, G., Fazio-Costa, L., Michel, J. P., Mulligan, R., Michon, A., Ibáñez, V., & Giannakopoulos, P. (2005). Early event-related potential changes during working memory activation predict rapid decline in mild cognitive impairment. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 60(5), 660–666. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.5.660>
- Montero-Odasso, M., Bergman, H., Phillips, N. A., Wong, C. H., Sourial, N., & Chertkow, H. (2009). Dual-tasking and gait in people with mild cognitive impairment. The effect of working memory. *BMC geriatrics*, 9, 41. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-9-41>
- Montero-Odasso, M., Verghese, J., Beauchet, O., & Hausdorff, J. M. (2012). Gait and cognition: a complementary approach to understanding brain function and the risk of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(11), 2127–2136. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2012.04209.x>
- Montero-Odasso, M., Oteng-Amoako, A., Speechley, M., Gopaul, K., Beauchet, O., Annweiler, C., & Muir-Hunter, S. W. (2014). The motor signature of mild cognitive impairment: results from the gait and brain study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 69(11), 1415–1421. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu155>
- Morris JRW. (1973) Accelerometry – a technique for the measurement of human body movements. *Journal of Biomechanics* 6:729–736.
- Malloy-Diniz, L. F., Lasmar, V. A., Gazinelli, L.deS., Fuentes, D., & Salgado, J. V. (2007). The Rey Auditory-Verbal Learning Test: applicability for the Brazilian elderly population. *Revista brasileira*

de psiquiatria (Sao Paulo, Brazil : 1999), 29(4), 324–329. <https://doi.org/10.1590/s1516-44462006005000053>

McEvoy, S. P., Stevenson, M. R., McCartt, A. T., Woodward, M., Haworth, C., Palamara, P., & Cercarelli, R. (2005). Role of mobile phones in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance: a case-crossover study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 331(7514), 428. <https://doi.org/10.1136/bmj.38537.397512.55>

McMahon, T. A. (1984). *Muscles, reflexes, and locomotion* (Vol. 10). Princeton University Press.

Meyer, J. The self and the life course: institutionalization and its effects. In: Sorensen AB, Weinert FE, and Sherrod LR (eds.) *Human Development and the Life Course*, 1986. pp. 199–206.

Mioshi, E., Dawson, K., Mitchell, J., Arnold, R., & Hodges, J. R. (2006). The Addenbrooke's Cognitive Examination Revised (ACE-R): a brief cognitive test battery for dementia screening. *International journal of geriatric psychiatry*, 21(11), 1078–1085. <https://doi.org/10.1002/gps.1610>

Milosavljević, N. (1999). Starenje populacije-demografski aspekti starenja. u: Milosavljević N.[ur.]. *Gerontologija-starenje i starost, Novi Sad: Medicinski fakultet*, 2, 30-4.

Mitrushina, M., Satz, P., Chervinsky, A., & D'Elia, L. (1991). Performance of four age groups of normal elderly on the Rey Auditory-Verbal Learning Test. *Journal of clinical psychology*, 47(3), 351–357. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(199105\)47:3<351::aid-jclp2270470305>3.0.co;2-s](https://doi.org/10.1002/1097-4679(199105)47:3<351::aid-jclp2270470305>3.0.co;2-s)

Mitrushina, M.N., Boone, K.B. and D'Elia, L.F. (1999) *Handbook of Normative Data for Neuro-Psychological Assessment*. Oxford University Press, New York.

Miyake, A., & Shah, P. (Eds.). (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909>

Mobley, A. S., Rodriguez-Gil, D. J., Imamura, F., & Greer, C. A. (2014). Aging in the olfactory system. *Trends in neurosciences*, 37(2), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.11.004>

- Mochon, S., & McMahon, T. A. (1980). Ballistic walking. *Journal of biomechanics*, 13(1), 49–57. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(80\)90007-x](https://doi.org/10.1016/0021-9290(80)90007-x)
- Murray MP, Kory RC, Sepic SB. (1970) Walking patterns of normal women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 51: 637–650.
- Murray, M. P., Kory, R. C., & Clarkson, B. H. (1969). Walking patterns in healthy old men. *Journal of gerontology*, 24(2), 169–178. <https://doi.org/10.1093/geronj/24.2.169>
- Murray MP. (1967) Gait as a total pattern of movement. *American Journal of Physical Medicine* 46: 290–333
- Murray, M. P., Mollinger, L. A., Gardner, G. M., & Sepic, S. B. (1984). Kinematic and EMG patterns during slow, free, and fast walking. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 2(3), 272–280. <https://doi.org/10.1002/jor.1100020309>
- Nascimento RA, Batista RT, Rocha SV, Vasconcelos LRC. [Prevalence and factors associated with the decline in the elderly with cognitive low economic condition: MONIDI study]. *J Bras Psiquiatr*. 2015;64(3):187-92. Portuguese. <http://dx.doi.org/10.1590/0047-20850000000077>
- Nashner L. M. (1980). Balance adjustments of humans perturbed while walking. *Journal of neurophysiology*, 44(4), 650–664. <https://doi.org/10.1152/jn.1980.44.4.650>
- Nene A, Mayagoitia R, Veltink P. (1999) Assessment of rectus femoris function during initial swing phase. *Gait and Posture* 9:1–9.
- Neptune, R. R., Kautz, S. A., & Zajac, F. E. (2001). Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. *Journal of biomechanics*, 34(11), 1387–1398. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(01\)00105-1](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(01)00105-1)
- Newell K. M. Corcos D. M. & Conference on Variability and Motor Control. (1993). *Variability and motor control*. Human Kinetics.
- Nigg BM, Fisher V, Ronsky JL. (1994) Gait characteristics as a function of age and gender. *Gait and Posture* 2: 213–220.

- Nussbaum, J.F., Pecchioni, L.L., Robinson, J.D., & Thompson, T.L. (2000). *Communication and Aging* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410606075>
- Oliveira CC, Pena L, Silva, M. Aging, memory and cognitive stimulus. *J Aging Inov*. 2015; 4(2):21-31.
- Orimo, H., Ito, H., Suzuki, T., Araki, A., Hosoi, T., & Sawabe, M. (2006). Reviewing the definition of “elderly”. *Geriatrics & gerontology international*, 6(3), 149-158.
- Owsley C. (2011). Aging and vision. *Vision research*, 51(13), 1610–1622. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.10.020>
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and aging*, 17(2), 299–320.
- Pang, M. Y., Lam, T., & Yang, J. F. (2003). Infants adapt their stepping to repeated trip-inducing stimuli. *Journal of neurophysiology*, 90(4), 2731–2740. <https://doi.org/10.1152/jn.00407.2003>
- Pang, M. Y., & Yang, J. F. (2000). The initiation of the swing phase in human infant stepping: importance of hip position and leg loading. *The Journal of physiology*, 528 Pt 2(Pt 2), 389–404. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00389.x>
- Pang, M. Y., & Yang, J. F. (2001). Interlimb co-ordination in human infant stepping. *The Journal of physiology*, 533(Pt 2), 617–625. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0617a.x>
- Pang, M. Y., & Yang, J. F. (2002). Sensory gating for the initiation of the swing phase in different directions of human infant stepping. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 22(13), 5734–5740. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.22-13-05734.2002>
- Pang, M. Y. C., Yang, L., Ouyang, H., Lam, F. M. H., Huang, M., & Jehu, D. A. (2018). Dual-Task Exercise Reduces Cognitive-Motor Interference in Walking and Falls After Stroke. *Stroke*, 49(12), 2990–2998. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.022157>

- Patla, A. E. (1991). Understanding the control of human locomotion: a prologue. In *Advances in psychology* (Vol. 78, pp. 3-17). North-Holland.
- Patla, A. E., Adkin, A., Martin, C., Holden, R., & Prentice, S. (1996). Characteristics of voluntary visual sampling of the environment for safe locomotion over different terrains. *Experimental brain research*, 112(3), 513–522. <https://doi.org/10.1007/BF00227957>
- Patla, A. E. (1997). Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & posture*, 5(1), 54-69.
- Pearson K. G. (1995). Proprioceptive regulation of locomotion. *Current opinion in neurobiology*, 5(6), 786–791. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(95\)80107-3](https://doi.org/10.1016/0959-4388(95)80107-3)
- Perfect, T. J., & Maylor, E. A. (Eds.). (2000). *Models of cognitive aging*. Oxford University Press.
- Perry, J. and Burnfield, J. (1992) *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. SLACK Incorporated, New Jersey.
- Perry J. (1974) Kinesiology of lower extremity bracing. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 102: 18–31.
- Prodromos CC, Andriacchi TP, Galante JO. (1985) A relationship between gait and clinical changes following high tibial osteotomy. *Journal of Bone and Joint Surgery* 67A: 1188–1194.
- Perry Jacquelin, M. (2010). *Gait analysis: normal and pathological function*. New Jersey: SLACK.
- Peters R. (2006). Ageing and the brain. *Postgraduate medical journal*, 82(964), 84–88. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2005.036665>
- Poon, L. W., Rubin, D. C., & Wilson, B. A. (Eds.). (1989). *Everyday cognition in adulthood and late life*. Cambridge University Press.
- Rai, G. S., & Mulley, G. P. (Eds.). (2007). *Elderly medicine: a training guide*. Elsevier Health Sciences.

- Raibert M. H. (1986). Symmetry in running. *Science (New York, N.Y.)*, 231(4743), 1292–1294. <https://doi.org/10.1126/science.3945823>
- Rapp, M., Krampe, R.T. & Baltes, P.B. (2005). Adaptive task prioritization in aging: selective resource allocation to postural control is preserved in Alzheimer disease, *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 14, 52–61.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 1–90). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Reid, K. F., Naumova, E. N., Carabello, R. J., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2008). Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. *The journal of nutrition, health & aging*, 12(7), 493–498. <https://doi.org/10.1007/BF02982711>
- Ripich, D. (ed.) (1991). *Handbook of Geriatric Communication Disorders*. Austin, TX: Pro-Ed.
- Roberts CS, Rash GS, Honaker JT *et al.* (1999) A deficient anterior cruciate ligament does not lead to quadriceps avoidance gait. *Gait and Posture* **10**: 189–199.
- Roberts, B. W., Walton, K. E., & Viechtbauer, W. (2006). Patterns of mean-level change in personality traits across the life course: a meta-analysis of longitudinal studies. *Psychological bulletin*, 132(1), 1–25. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.1.1>
- Robinson JL, Smidt GL. (1981) Quantitative gait evaluation in the clinic. *Physical Therapy* 61:351–353.
- Robinson, D. W., & Sutton, G. J. (1979). Age effect in hearing - a comparative analysis of published threshold data. *Audiology : official organ of the International Society of Audiology*, 18(4), 320–334.
- Rose GK. (1983) Clinical gait assessment: a personal view. *Journal of Medical Engineering and Technology* 7:273–279.
- Rose J, Gamble JG. (1994) *Human Walking*, 2nd edn. Baltimore, Maryland: Williams & Wilkins.

- Rosenhall, U., & Rubin, W. (1975). Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta oto-laryngologica*, 79(1-2), 67–80. <https://doi.org/10.3109/00016487509124657>
- Sadeghi, H. (2000). Contributions of lower-limb muscle power in gait of people without impairments. *Physical therapy*, 80 12, 1188-96 .
- Salthouse T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.103.3.403>
- Sanford A. M. (2017). Mild Cognitive Impairment. *Clinics in geriatric medicine*, 33(3), 325–337. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2017.02.005>
- Saunders, J. B., Inman, V. T., & Eberhart, H. D. (1953). The major determinants in normal and pathological gait. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 35-A(3), 543–558.
- Saunders D. (1991). Evaluation, treatment and prevention of musculoskeletal disorders. Minneapolis: Viking Press.
- Scherder, E., Eggermont, L., Swaab, D., van Heuvelen, M., Kamsma, Y., de Greef, M., van Wijck, R., & Mulder, T. (2007). Gait in ageing and associated dementias; its relationship with cognition. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 31(4), 485–497. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.11.007>
- Scarpina, F., & Tagini, S. (2017). The Stroop Color and Word Test. *Frontiers in psychology*, 8, 557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00557>
- Schacter, D. L., Gilbert, D. T., & Wegner, D. M. (2011). *Psychology*. New York, NY: Worth Publishers.
- Schaie, K. W., & Willis, S. L. (2010). The Seattle Longitudinal Study of Adult Cognitive Development. *ISSBD bulletin*, 57(1), 24–29.
- Schaie, K. W., & Willis, S. (2015). *Handbook of the Psychology of Aging* (8th Ed.). Amsterdam: Elsevier Inc. ISBN: 978012411523.

Schiffman S. S. (1997). Taste and smell losses in normal aging and disease. *JAMA*, 278(16), 1357–1362.

Sertel M, Sakızlı E, Bezgin S, Savcun Demirci C, Yıldırım Şahan T, Kurtoğlu F (2017) The effect of single-tasks and dual-tasks on balance in older adults. *Cogent Soc Sci* 3:1330913. <https://doi.org/10.1080/23311886.2017.1330913>

Shaffer, S. W., & Harrison, A. L. (2007). Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Physical therapy*, 87(2), 193–207. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060083>

Sheridan, P. L., Solomont, J., Kowall, N., & Hausdorff, J. M. (2003). Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1633–1637. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51516.x>

Sherwood. (2015). Human physiology: from cells to systems (9th edition.). Cengage Learning.

Silva, L. D. S. V. e, Silva, T. B. L. da, Falcão, D. V. da S., Batistoni, S. S. T., Lopes, A., Cachioni, M., Neri, A. L., & Yassuda, M. S. (2014). Relations between memory complaints, depressive symptoms and cognitive performance among community dwelling elderly . *Archives of Clinical Psychiatry*, 41(3), 67-71. <https://doi.org/10.1590/0101-60830000000013>

Smith, J. L. (1980). 5 Programming of Stereotyped Limb Movements by Spinal Generators. In *Advances in Psychology* (Vol. 1, pp. 95-115). North-Holland.

Stine-Morrow, E. A., Ryan, S., & Leonard, J. S. (2000). Age differences in on-line syntactic processing. *Experimental aging research*, 26(4), 315–322. <https://doi.org/10.1080/036107300750015714>

Stojmenovic, G.M., Stefanova, E., Radovanovic, S. and Kostic, V. (2014), P3-097: Gait characteristics in alzheimer's disease and frontotemporal dementia patients during dual task walking. *Alzheimer's & Dementia*, 10: P663-P663. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.05.1185>

Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary* (3rd ed.). Oxford University Press.

Stuart-Hamilton, I. (Ed.). (2011). *An introduction to gerontology*. Cambridge University Press.

Studenski, S. (1996). Gait and balance disorders. *Clinics in Geriatric Medicine* 12: 635–922.

Sturnieks, D. L., St George, R., & Lord, S. R. (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie clinique = Clinical neurophysiology*, 38(6), 467–478. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.001>

Sutherland DH. (2005) The evolution of clinical gait analysis. Part III: Kinetics and energy assessment. *Gait and Posture* 21: 447–461.

Sutherland DH. (2002) The evolution of clinical gait analysis. Part II: Kinematics. *Gait and Posture* 16: 159–1179.

Sutherland DH. (2001) The evolution of clinical gait analysis. Part I: Kinesiological EMG. *Gait and Posture* 14: 61–70.

Tang, P. F., & Woollacott, M. H. (1998). Inefficient postural responses to unexpected slips during walking in older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 53(6), M471–M480. <https://doi.org/10.1093/gerona/53a.6.m471>

Terpening, Z., Cordato, N. J., Hepner, I. J., Lucas, S. K., & Lindley, R. I. (2011). Utility of the Addenbrooke's Cognitive Examination--Revised for the diagnosis of dementia syndromes. *Australasian journal on ageing*, 30(3), 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6612.2010.00446.x>

Taylor, M. E., Delbaere, K., Mikolaizak, A. S., Lord, S. R., & Close, J. C. (2013). Gait parameter risk factors for falls under simple and dual task conditions in cognitively impaired older people. *Gait & posture*, 37(1), 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.06.024>

Teasdale, N., Stelmach, G. E., & Breunig, A. (1991). Postural sway characteristics of the elderly under normal and altered visual and support surface conditions. *Journal of gerontology*, 46(6), B238–B244. <https://doi.org/10.1093/geronj/46.6.b238>

Theill, N., Schumacher, V., Adelsberger, R., Martin, M., & Jäncke, L. (2013). Effects of simultaneously performed cognitive and physical training in older adults. *BMC neuroscience*, 14, 103. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-14-103>

Theill, N., Martin, M., Schumacher, V., Bridenbaugh, S. A., & Kressig, R. W. (2011). Simultaneously measuring gait and cognitive performance in cognitively healthy and cognitively impaired older adults: the Basel motor-cognition dual-task paradigm. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(6), 1012–1018. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03429.x>

Tiedemann, A., Sherrington, C., & Lord, S. R. (2005). Physiological and psychological predictors of walking speed in older community-dwelling people. *Gerontology*, 51(6), 390-395.

Tombaugh T. N. (2004). Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 19(2), 203–214. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(03\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(03)00039-8)

Ulatowska, H.K. (1985). *The Aging Brain: Communication in the Elderly*.

United Nations, World Population Ageing (2015) Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). Retrieved from 1 February 2016 http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015_Report.pdf

van Iersel, M. B., Hoefsloot, W., Munneke, M., Bloem, B. R., & Olde Rikkert, M. G. (2004). Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 37(1), 27–32. <https://doi.org/10.1007/s00391-004-0176-7>

van der Bij, A. K., Laurant, M. G., & Wensing, M. (2002). Effectiveness of physical activity interventions for older adults: a review. *American journal of preventive medicine*, 22(2), 120–133. [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(01\)00413-5](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(01)00413-5)

Verhaeghen, P., & Salthouse, T. A. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological bulletin*, 122(3), 231–249. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.122.3.231>

- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 26(7), 849–857. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(02\)00071-4](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(02)00071-4)
- Verhaeghen P. (2003). Aging and vocabulary scores: a meta-analysis. *Psychology and aging*, 18(2), 332–339. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.2.332>
- Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, M. J., & Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: a meta-analysis. *Psychology and aging*, 18(3), 443–460. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.3.443>
- Vergheze, J., Lipton, R. B., Hall, C. B., Kuslansky, G., Katz, M. J., & Buschke, H. (2002). Abnormality of gait as a predictor of non-Alzheimer's dementia. *The New England journal of medicine*, 347(22), 1761–1768. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa020441>
- Vergheze, J., LeValley, A., Hall, C. B., Katz, M. J., Ambrose, A. F., & Lipton, R. B. (2006). Epidemiology of gait disorders in community-residing older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(2), 255–261. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.00580.x>
- Vergheze, J., Wang, C., Lipton, R. B., Holtzer, R., & Xue, X. (2007). Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 78(9), 929–935. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.106914>
- Vervoort, D., den Otter, A. R., Buurke, T. J. W., Vuillerme, N., Hortobágyi, T., & Lamoth, C. J. C. (2019). Effects of Aging and Task Prioritization on Split-Belt Gait Adaptation. *Frontiers in aging neuroscience*, 11, 10. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00010>
- Wallén, P. (1995). Cellular Bases of Locomotor Behaviour in Lamprey: Coordination and Modulatory Control of the Spinal Circuitry. In *Neural Control of Movement* (pp. 125-133). Boston, MA: Springer US.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Wisniewski, A., Delis, D. C., & Kaplan, E. (2000). Age effects on executive ability. *Neuropsychology*, 14(3), 409–414. <https://doi.org/10.1037//0894-4105.14.3.409>

Wei, M., Shi, J., Li, T., Ni, J., Zhang, X., Li, Y., Kang, S., Ma, F., Xie, H., Qin, B., Fan, D., Zhang, L., Wang, Y., & Tian, J. (2018). Diagnostic Accuracy of the Chinese Version of the Trail-Making Test for Screening Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(1), 92–99. <https://doi.org/10.1111/jgs.15135>

Wesdock K, Blair S, Masiello G *et al.* (2003) Psychogenic gait: when it is and when it isn't – correlating the physical exam with dynamic gait data. Gait and Clinical Movement Analysis Society, Eighth Annual Meeting, Wilmington, Delaware, USA, pp. 279–280.

Whittle MW, Levine DF. (1997) Measurement of lumbar lordosis as a component of clinical gait analysis. *Gait and Posture* 5:101–107.

Whittle, M.W. (2007) Gait Analysis an introduction, 4th edition, Elsevier Ltd.

Winter, D.A. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: Variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3, 51-76.

Winter, D.A. (1990). Biomechanics and motor control of human movement. New York: Wiley, 80–84.

World Health Organisation. 10 facts on ageing and the life course. [accessed 02/02/2014];2012 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/10-facts-on-ageing-and-health>

World Health Organisation. Ageing and health. [accessed 09/10/2022]; 2022 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

World Health Organization, & World Health Organization. (2018). Definition of an older or elderly person. 2013. URL: [www. who. int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/](http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/)(accessed 30 June 2015).

Woollacott M. Aging, posture control and movement preparation. In: Woollacott MH, Shumway-Cook A, eds. Development of posture and gait across the life span. Columbia: University of South Carolina; 1989. p. 155–175.

Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & posture*, 16(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(01)00156-4)

Wrightson, J. G., Ross, E. Z., & Smeeton, N. J. (2016). The Effect of Cognitive-Task Type and Walking Speed on Dual-Task Gait in Healthy Adults. *Motor control*, 20(1), 109–121. <https://doi.org/10.1123/mc.2014-0060>

Yogev-Seligmann, G., Giladi, N., Brozgov, M., & Hausdorff, J. M. (2012). A training program to improve gait while dual tasking in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93(1), 176–181. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.06.005>

Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 23(3), 329–472. <https://doi.org/10.1002/mds.21720>

Zacks, R. T., Hasher, L., & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 293–357). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Zehr, E. P., & Duysens, J. (2004). Regulation of arm and leg movement during human locomotion. *The Neuroscientist : a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 10(4), 347–361. <https://doi.org/10.1177/1073858404264680>

Zettel, J. L., McIlroy, W. E., & Maki, B. E. (2008). Gaze behavior of older adults during rapid balance-recovery reactions. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 63(8), 885–891. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.885>

PRILOG 1

ADDENBROOKE'S COGNITIVE EXAMINATION - ACE-R

Final Revised Version A (2005)

Ime i prezime:
Datum rođenja
Adresa i broj telefona:
Datum testiranja:
Godine školovanja:
Zanimanje:
Levoruk/ desnoruk:

ORIJENTACIJA I PAŽNJA

VREMENSKA ORIJENTACIJA

1. Recite mi današnji datum ili koji je dan u mesecu !	
2. Kažite mi koja je godina !	
3. Recite mi koji je mesec !	
4. Recite mi koji je danas dan (u nedelji)	
5. Recite mi koliko je sati !	

[Score 0-5]

--	--

PROSTORNA ORIJENTACIJA

1. Recite mi naziv ove ustanove .	
2. Recite mi na kom se spratu sada nalazimo.	
3. Recite mi u kom se gradu nalazimo.	
4 Recite mi kako se zove naša republika	
5. Recite mi kako se zove naša država.	

[Score 0-5]

--	--

REGISTRATION

"Sada ću vam reći tri reči, a zatim ih vi ponovite za mnom". Nakon što pacijent ponovi sve tri reči, recite:
„Kasnije ću od vas tražiti da ih ponovite, zato se potrudite da ih zapamtite”. (bodujte samo prvi pokušaj, ali
ukoliko je to neophodno ponovite ih tri puta)
...zapišite broj ponavljanja ____

lopta	
zastava	
drvo	

[Score 0-3]

--	--

PAŽNJA & KONCENTRACIJA

„Oduzimajte od 100-7, tako redom nastavite da oduzimate po 7 sve dok vam ne kažem da stanete!”
(93, 86, 79, 72, 65).
„Kako glasi reč VRATA kada bi se čitala unazad“

[Score 0-5]

--	--

(bodovati bolje urađen zadatak)

PAMĆE NJE

Prisećanje

[Score 0-3]

10

memorija

Bodujte samo treći pokušaj.

3° pokušaj

Srbija

[Score 0-7]

--	--

Kako se zove naš sadašnji predsednik države

Kako se zvao bivši predsednik države

Kako se zove poglavar Srpske Pravoslavne Crkve

Kako se zove sadašnji predsednik Rusije?

[Score 0 -4]

10

OST

„Nabrajjajte mi što više reči koje počinju na slovo „S“, ali ne uključujući imena ljudi, gradova i sl“.

Skoruje se broj reči u minutu.

					>17	7
					14-17	6
					11-13	5
					8-10	4
					6-7	3
					4-5	2
					2-3	1
					<2	0
					total	correct
						5

„Nabrajjajte mi što više životinja koje Vam padnu na pamet, domaće...divlje...“

				>21	7
				17-21	6
				14-16	5
				11-13	4
				9-10	3
				7-8	2
				5-6	1
				<5	0
				total	correct

JEZ
IK

PRAĆENJE VERBALNIH INSTRUKCIJA

" Molim vas pročitajte ovu rečenicu i uradite to što piše!"

Zatvorite oči

[Score 0-1]
☐ ☐

TROSTRUKI NALOG

„Uzmite ovaj papir desnom rukom, savijte ga na pola i bacite ga na pod“

[Score 0-3]
☐ ☐

PISANJE

„Smislite sami bilo koju rečenicu i napišite je.“

[Score 0-1]
Bodujte sa 1 ako rečenica sadrži subjekat i glagol. ☐ ☐

PONAVLJANJE

Molim Vas ponovljajte za mnom

☐ „Krokodil, ekscentričnost, neintelligentan, statističar“

[Score 0-2]
[Score 2-ako sve izgovori tačno; 1 za 3 reči; 0 za 2 reči ili manje] ☐

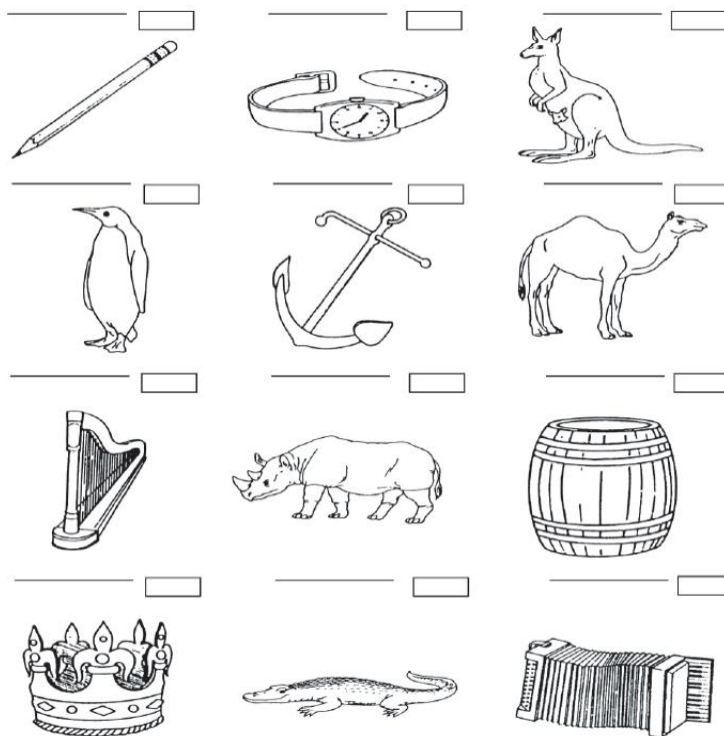
☐ „Pre i posle svega“

[Score 0-1]
☐

☐ „Nema ali i niti ako“

[Score 0-1]
☐ ☐

IMENOVANJE



[Score 0-2]
pencil +
watch

[Score 0-10]

RAZUMEVANJE

Koristeći gore nacrtane figure, pitajte pacijenta:

- ☐ Koja od ovih figura Vas asocira na monarhiju
- ☐ Koja od ovih figura se odnosi na torbare
- ☐ Koja od ovih figura ima veze sa Antarktikom
- ☐ Koja od ovih figura ima veze sa moreplovstvom

[Score 0-4]

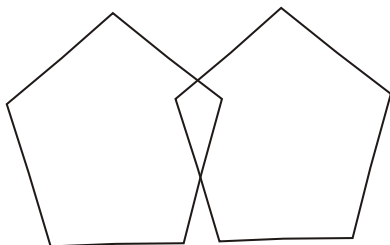
ČITANJE

seljak
biljka
otvoren
mašina
vatra

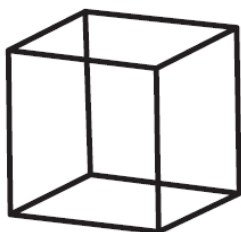
[Score 0-1]

VIZUOSPACIJALNE
SPOSOBNOSTI

Zamolite pacijenta da nacрта istu figuru pored:



[Score 0-1]



[Score 0-2]

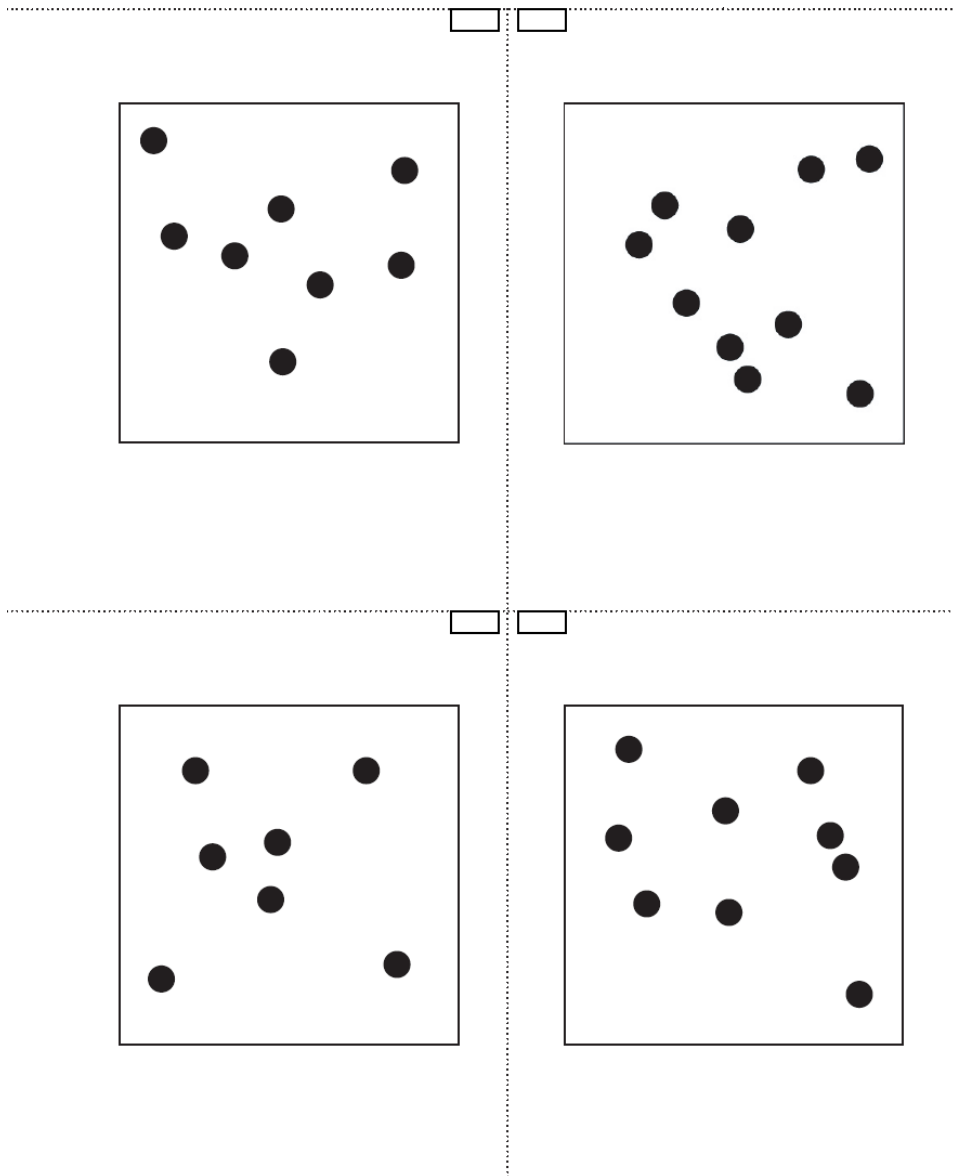
Test crtanje sata: „Nacrtajte sat sa brojevima i kazaljke koje pokazuju da je 5 h i 10 min“.
(bodovanje: krug=1, brojevi=2, kazaljke=2 u koliko je tačno)

[Score 0-5]

PERCEPCIJA

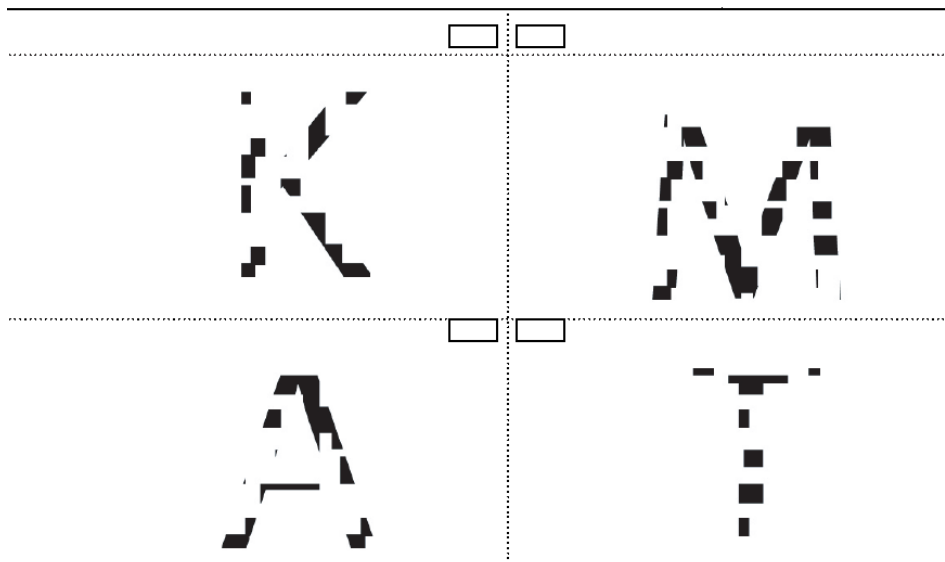
"Izbrojte mi koliko ima tačkica na ovim slikama, ali bez pokazivanja na njih"

[Score 0-4]



„Recite mi koja su ovo slova!“

[Score 0-4]



PRISEĆANJE

„Da li se sećate onog imena i prezimena i adrese koju sam Vam pre nekoliko minuta rekla?“

Marko Petrović

Kneginje Ljubice 14

Zrenjanin

Srbija

[Score 0-7]

REKOGNICIJA

Ovaj test se radi ukoliko pacijent se ne seti jednog ili više podataka iz prethodnog zadatka. Ukoliko je sve pogodilo, preskočite ovo pitanje i dajte 5 bodova. Ako je

Miloš Petrović	Marko Petrović	Petar Marković	prisećanje	
Kneginje Zorke	Carice Milice	Kneginje Ljubice	prisećanje	
41	14	16	prisećanje	
Zaječar	Zrenjanin	Beograd	prisećanje	
Srbija	Crna Gora	Vojvodina	prisećanje	

[Score 0-5]

Ukupan broj bodova
MMSE /30
ACE-R /100
Podgrupe
Pažnja/Orientacija /18
Pamćenje /26
Fluentnost /14
Jezik /26
Vizuospacijalne sposobnosti /16

Normative values based on 63 controls aged 52-75 and 142 dementia patients aged 46-86

Cut-off <88 gives 94% sensitivity and 89% specificity for dementia

Cut-off <82 gives 84% sensitivity and 100% specificity for dementia

copyright 2000, John R. Hodges

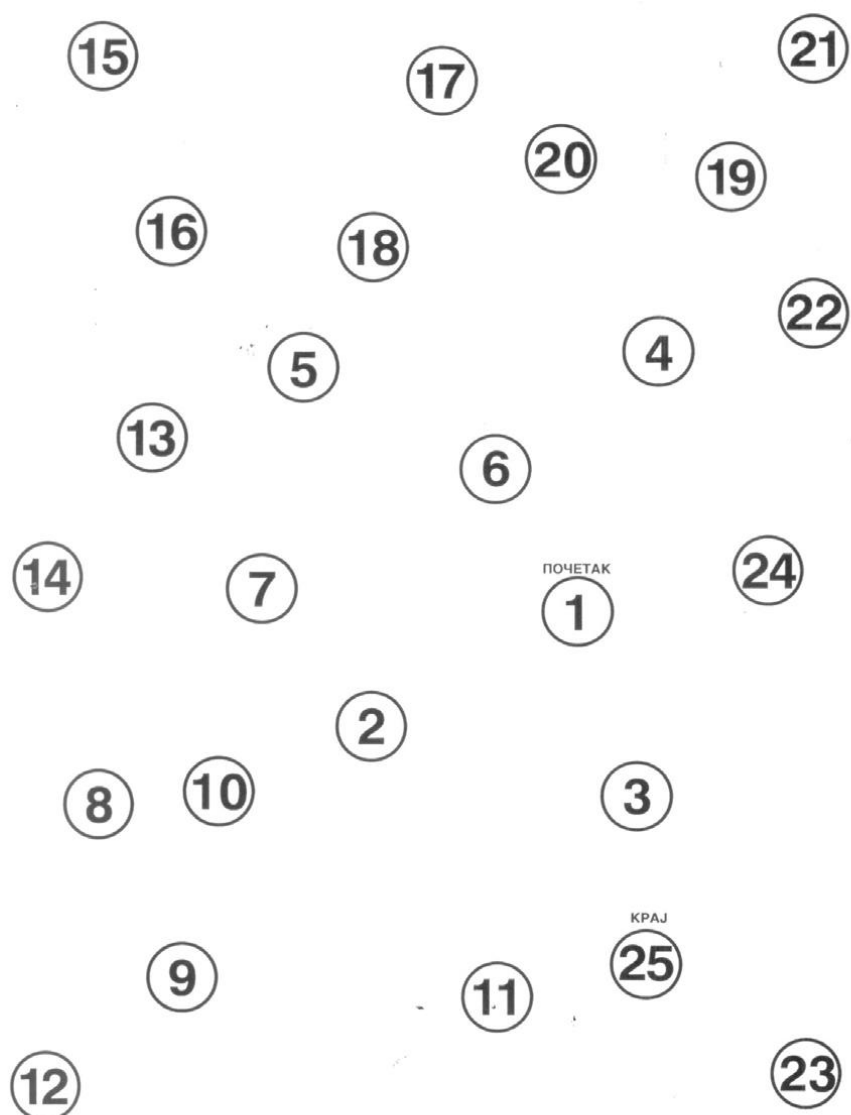
PRILOG 2

TMT-A

ПРИМЕР



TMT-A



PRILOG 3

RAVLT lista za skorovanje

Ime i prezime _____

Datum _____

Lista A	A1	A2	A3	A4	A5	Lista B	B1	A6	Lista A
Bubanj						Klupa			Bubanj
Zavesa						Šumar			Zavesa
Zvono						Ptica			Zvono
Kafa						Cipela			Kafa
Škola						Peć			Škola
Roditelj						Planina			Roditelj
Mesec						Naočare			Mesec
Vrt						Peškir			Vrt
Kapa						Oblak			Kapa
Seljak						Čamac			Seljak
Nos						Jagnje			Nos
Ćuran						Puška			Ćuran
Boja						Olovka			Boja
Kuća						Crkva			Kuća
reka						Riba			reka
SKOR									

<u>Zvono A</u>	Dom C	Peškir B	Čamac B	Naočare B
Prozor C	Riba B	<u>Zavesa A</u>	Vručina C	Čarape C
Kapa A	Mesec A	Cvet C	Roditelj A	Cipela B
Ambar C	Drvo C	Bojica C	Voda C	Učitelj C
Šumar B	Balon C	Klupa B	Seljak A	Peć B
Nos A	Ptica B	Puška B	Ruža C	Gnezdo C
Vreme C	Planina B	Boja A	Oblak B	Deca C
<u>Škola A</u>	Kafa A	Crkva B	Kuća A	<u>Bubanj A</u>
Šaka C	Miš C	Ćuran A	Stranac C	Bombona C
Olovka B	Reka A	Fontana C	Vrt A	Jagnje B

Rekognicija A forma	/15
Lažno prepoznatih	

PRILOG 4

THE HOOPER VISUAL ORGANIZATION TEST

By

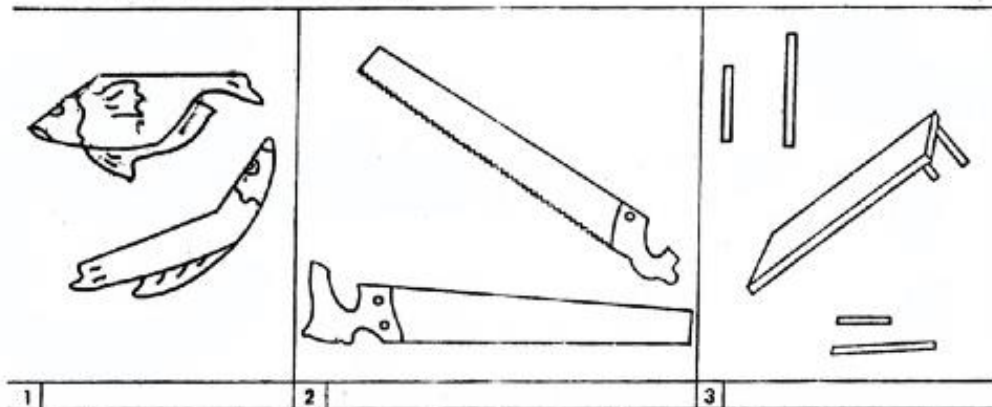
H. Elston Hooper, Ph.D.

Published By



Date	School or Institution		No.					
Name	M	F	S	M	D	X	W	No. Child.
Address		Tel. No.						
Birthdate	Age	Educ.	Age completed school					
Main Occupation								
Referred by:								
Referred for:								

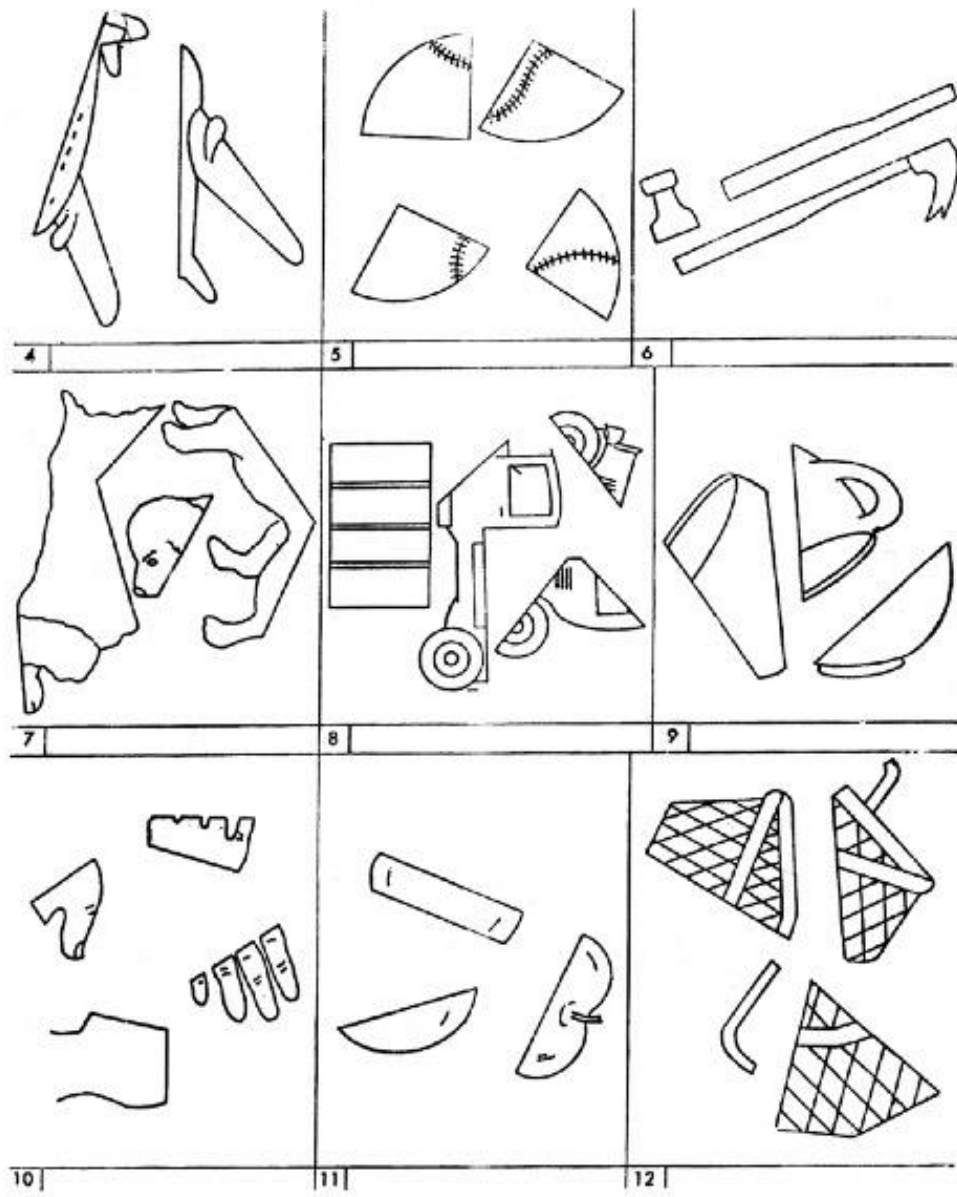
WHAT YOU ARE TO DO: This is a test of your ability to recognize pictures of objects when the pictures have been cut up and placed in different positions. In each box in this booklet you will see ONE cut up picture. LOOK AT EACH CUT UP PICTURE AND DECIDE WHAT IT MIGHT BE IF IT WERE PUT TOGETHER. Then write the name of the object on the line with the number. Toward the end of the booklet, the pictures become more difficult. WRITE IN SOME ANSWER EVEN IF IT IS JUST A GUESS. Work as fast as you can. Do not spend too much time on any one picture. If you have a question—or if this is not clear—ask the examiner. YOU MAY NOW BEGIN.

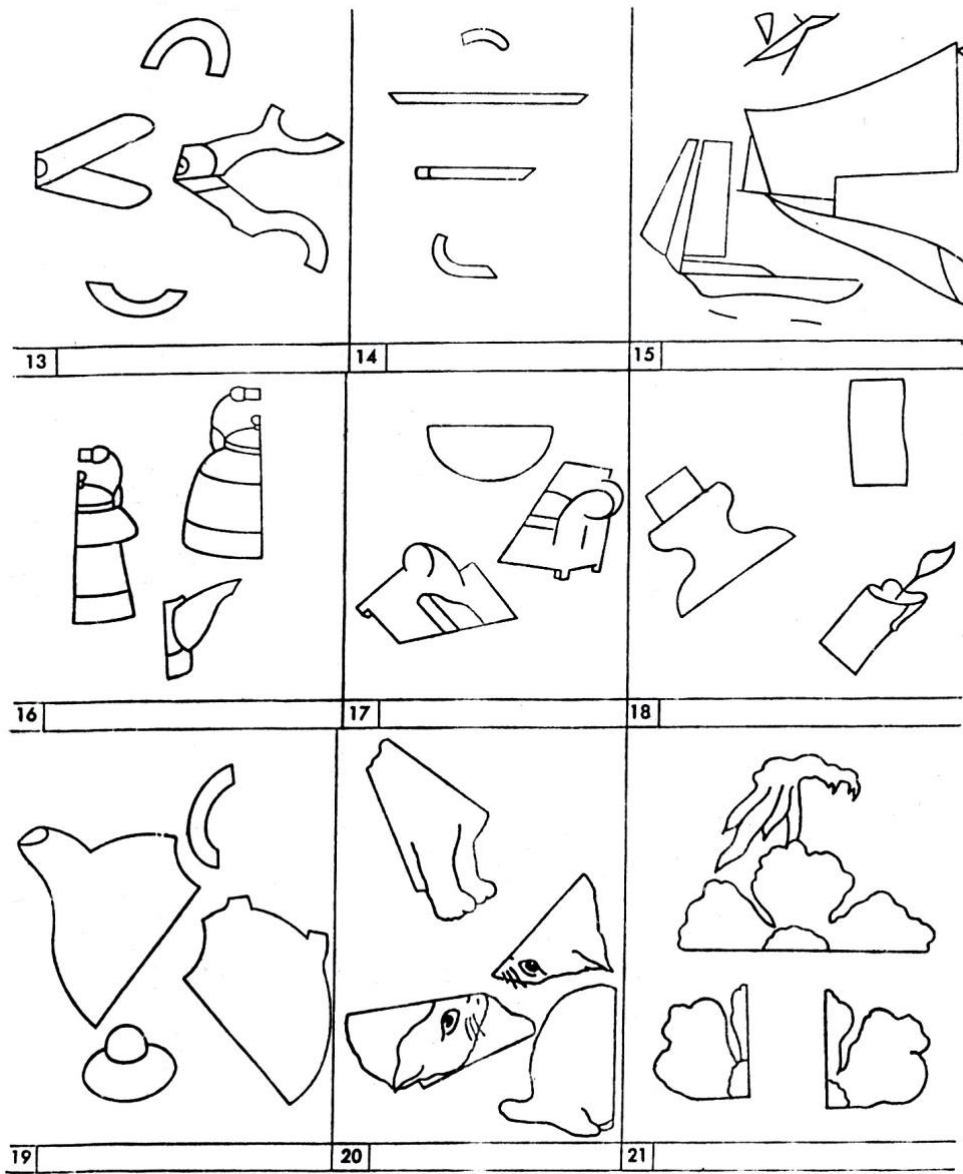


W-75C

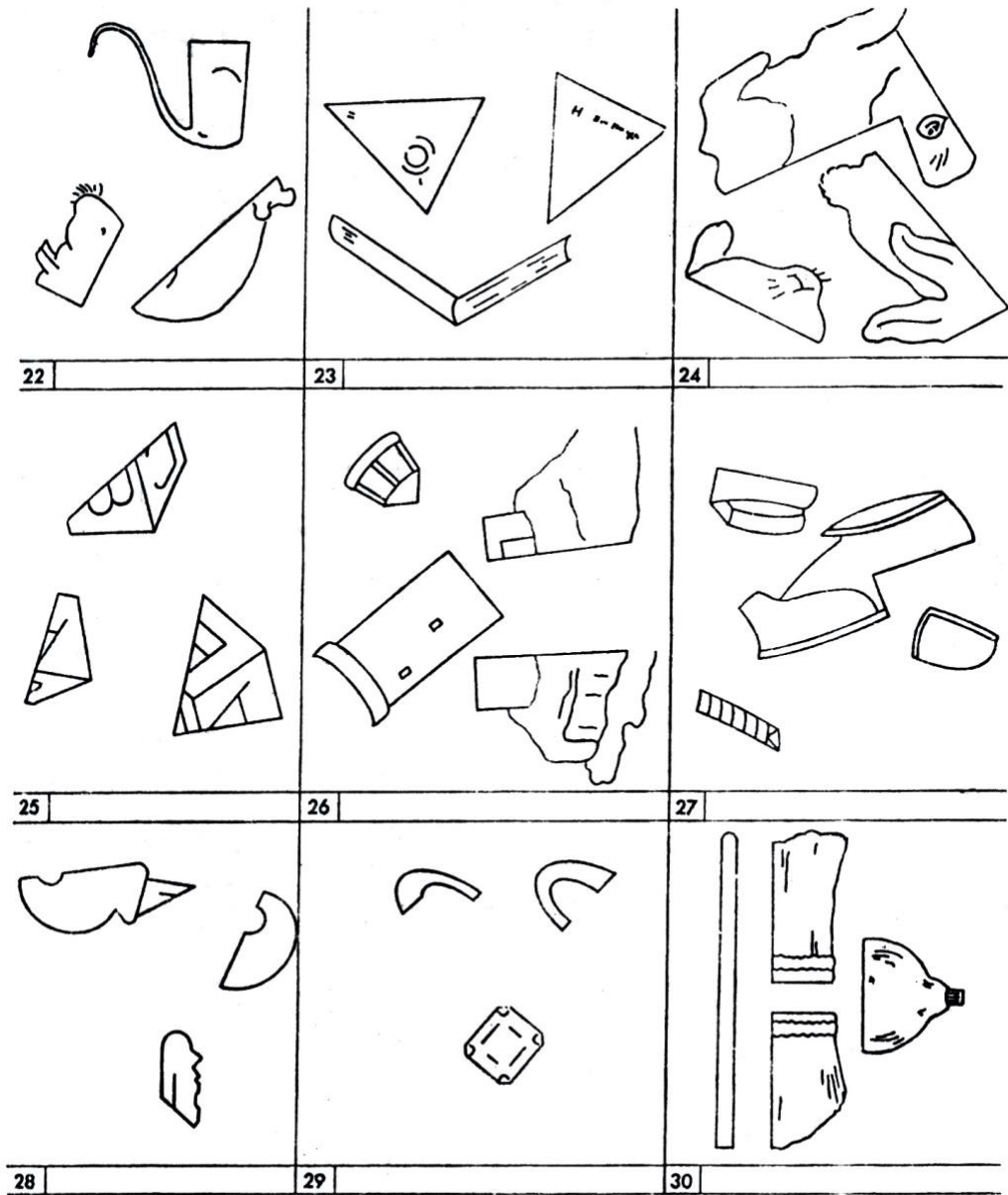
Copyright © 1957 by H. ELSTON HOOPER
Not to be reproduced in whole or in part without written permission of copyright owner.
All rights reserved. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Printed in U.S.A.

Turn Page





Go On to Next Page ,



You May Now Turn In Your Booklet
END

BIOGRAFIJA

Rođen sam 19.01.1988. godine u Beogradu, gde sam gradio svoju obrazovnu i profesionalnu karijeru. Visoku zdravstvenu školu strukovnih studija u Beogradu, na smeru strukovni fizioterapeut, sa prosečnom ocenom 9,37 sam završio u Beogradu 2010. godine. Nakon završetka osnovnih studija na Fakultetu za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju u Beogradu 2014. godine sa prosečnom ocenom 9,40 gde sam završio smer Specijalna edukacija i rehabilitacija osoba sa motoričkim poremećajima, odlučio sam se posvetiti daljem obrazovanju. Master studije sam upisao na istom fakultetu i smeru 2014. godine. Nakon master studija, moje dalje stručno usavršavanje nastavio sam tako što sam 2016. godine postao doktorant Univerziteta u Beogradu, na smeru Biomedicinsko inženjerstvo i tehnologije.

Dragoceno znanje i veštine sam stekao radeći sa sportistima kao fizioterapeut u ženskom košarkaškom klubu "Crvena zvezda" od 2011. do 2014. godine. Ovaj period postavio je temelje za moje buduće angažmane u oblasti kineziterapije.

U periodu od 2012. do 2014. bio sam angažovan kao fizioterapeut u Udruženju MNRO Zvezdara, što je bilo jedno posebno iskustvo. Radio sam na programu rehabilitacije, izvođenja kineziterapijskih vežbi za povećanje mišićne snage, pokretljivosti i ravnoteže, kao i na programu socijalizacije i integracije dece ometene u razvoju kroz različite aktivnosti i radionice.

Moj radni put obuhvata raznovrsna iskustva na poslovima izvođenja nastave na Visokoj zdravstvenoj školi strukovnih studija u Beogradu, tako da sam od 2011. godine do 2014. godine bio anagažovan kao saradnik u nastavi na predmetu Kineziterapija mišićnoskeletnih disfunkcija. U periodu od 2014. - 2015. godine radio sam kao Saradnik u nastavi na predmetima Osnovi kineziterapije, Kineziterapija u internoj medicini i Kineziterapija mišićnoskeletnih disfunkcija sa punim radnim vremenom. Od 2015. godine do danas sam anagažovan u Visokoj zdravstvenoj školi strukovnih studija u Beogradu kao nastavnik praktične nastave odnosno veština na predmetima Osnovi kineziterapije, Kineziterapija u internoj medicini, Kineziterapija mišićno-skeletnih disfunkcija i Kineziologija.

Stalno težim ličnom usavršavanju, a osim radnog angažmana, aktivno sam učestvovao na međunarodnim konferencijama i objavljivao radove.

Objavljeni radovi:

1. Nedović, N., Eminović, F., Marković, V., Stanković, I., & Radovanović, S. (2024). Gait Characteristics during Dual-Task Walking in Elderly Subjects of Different Ages. *Brain Sciences*, 14(2), 148. <https://doi.org/10.3390/brainsci14020148> (M22)
2. Trajkov, M., Nedović, N., Šimpraga, Lj. (2014). Mogućnosti primene Neurocom Balanse Master platforme za procenu balansa nakon povrede kolena. *Sport, nauka i praksa*, 4(1), 37-46. (1821-2077, M53 sport)
3. Nedović, N., Majmarević, S. (2015). Obučenosť nastavnika za upotrebu asistivnih tehnologija. U Peta međunarodna konferencija "Aktuelna defektološka praksa". Zrenjanin: Društvo defektologa Vojvodine. M14
4. Škrbić, M., Nedović, N. (2017). Značaj socijalne podrške u trećem životnom dobu. U Međunarodna konferencija "Socijalna inkluzija osoba sa invaliditetom: Značaj i programi podrške". Novi Sad: Društvo defektologa Vojvodine. M14
5. Nedović, N., Adamović, M., Sretenović, I. (2019). Kvantitativna analiza rezultata dobijenih funkcionalnim ispitivanjem uz pomoć SwayTM aplikacije za procenu ravnoteže u odnosu na norme prema odgovarajućem polu i godinama života. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 17(1), 79-87. (1451-740X, M24 sport, i M51 medicina)
6. Adamović, M., Radovanović, S., Sretenović, I., Nedović, N., Eminović, F., Stošljević, M., Radulović, M. (2019). Balance performance assessment in elderly fallers and non-fallers. *Gerontologija*, 1/2019, 63-77. (2560-5704, M52 sociologija i demografija, M53 medicina)
7. Pešterac, A., Nedović, N. (2020). Informisanost studenata o tradicionalnim manuelnim tehnikama. Kurs Kontinuirane edukacije "Metode i postupci tradicionalne medicine kao terapija izbora u rehabilitaciji i fizioterapeutskoj praksi". Akademija strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka zdravstvena škola.
8. Adamović, M., Nedović, N., Todorović, V., Stošljević, M., Nikodijević, D. (2020). The Effect Of Falls And Older Age On Balance Performance Among Elderly Population. In Thematic Collection of

International Importance "Approaches and Models in Special Education and Rehabilitation".
Belgrade: Faculty of Special Education and Rehabilitation. M33

9. Nedović, N., Vujičić, D., Škrbić, M., Babić, N., Marić, R. (2021). Physiotherapy for fracture of coracoid process with dislocation of acromioclavicular joint: Case report. Sports Performance & Science Reports, Dec 2021, 154, v1.

10. Bisić, A., Kovačić, I., Nedović, N. (2022). Rehabilitacija pacijenata sa lateralnim epikondilitisom kombinacijom terapije radijalnim udarnim talasima, instrumentalne mobilizacije mekih tkiva - Ergon tehnike u Kinetic flossing metode: Prikaz slučaja. Education and Research in health sciences, 1 (1), 27-30.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора _____

Број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _____

Број индекса _____

Студијски програм _____ Наслов рада _____

Ментор _____

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____
