

# PROCJENA BALANSA KOD OSOBA KOJE SU PREBOLJELE MOŽDANI UDAR

---

**Kežman Oroz, Nikolina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:174292>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-09**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Nikolina Kežman Oroz

PROCJENA BALANSA KOD OSOBA KOJE SU PREBOLJELE MOŽDANI  
UDAR

Diplomski rad

Rijeka, 2021.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Nikolina Kežman Oroz

BALANCE ASSESSMENT IN STROKE SURVIVORS

Final thesis

Rijeka, 2021.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Moždani udar.....	1
1.2. Klasifikacija i patofiziologija moždanog udara.....	1
1.3. Povijest moždanog udara.....	6
1.4. Epidemiologija moždanog udara u Hrvatskoj i Europi.....	7
1.4.1. Vrste moždanog udara.....	8
1.5. Čimbenici rizika.....	9
1.6. Klinička simptomatologija i deficiti akutnog moždanog udara.....	11
1.6.1. Cerebrovaskularna arterijska simptomatologija moždanog udara.....	12
1.7. Deficiti akutnog moždanog udara.....	15
1.7.1. Motorički deficiti.....	17
1.7.2. Slabost donjeg uda.....	24
1.8. Utjecaj moždanog udara na balans.....	25
1.8.1. Funkcionalne komponente balansa i posturalne kontrole.....	26
1.8.2. Osnovni koncepti i abnormalnosti balansa kod pacijenata s moždanim udarom.....	31
1.9. Evaluacija balansa u populaciji pacijenata preživjelih od moždanog udara.....	36
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA</b> .....	38
<b>3. HIPOTEZE</b> .....	38
<b>4. ISPITANICI I METODE</b> .....	39
<b>5. REZULTATI</b> .....	40
<b>6. RASPRAVA</b> .....	49
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	55
<b>8. LITERATURA</b> .....	56

## SAŽETAK

U populaciji pacijenata preživjelih od moždanog udara, kontrola ravnoteže predstavlja izazov s obzirom na posljedičnu manifestaciju hemipareze. Više od 50% preživjelih osoba doživi pad unutar jedne godine nakon moždanog udara (npr. Ashburn i sur., 2008). Procjena ravnoteže kod pacijenta s moždanim udarom potrebna je kako bi se odredili objektivni ciljevi i metode liječenja te kako bi se omogućilo praćenje napretka i predviđanje prognoze. Osim toga, korištenje objektivnih alata za mjerenje ravnoteže važno je za praksu utemeljenu na dokazima kako bi se poboljšala sposobnost ravnoteže. Glavni cilj istraživanja je utvrditi utjecaj MU na balans kod osoba koje su ga preboljele. Specifičan cilj istraživanja je utvrditi utjecaj MU na balans i procijeniti rizik od pada kod osoba koje su ga preboljele na temelju procjene statičkih i dinamičkih funkcionalnih zadataka. Istraživanje je provedeno na temelju dokumentacije pacijenata prikupljene u vremenskom periodu od 2016. godine do 2021 godine. U istraživanje je bilo uključeno 30 ispitanika liječenih stacionarno na odjelu Zavoda za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Kliničkog bolničkog centra u Rijeci. Procjena balansa i rizika od pada provedena je Berg-Balance skalom (engl. Berg-Balance Scale, BBS). Test se boduje ljestvicom od 0 do 4, pri kojoj 0 označava nemogućnost izvršenja zadatka a 4 potpunu neovisnost pri izvršavanju zadatka. Ukupan broj bodova ljestvice iznosi 56. Granične vrijednosti za starije osobe prema Bergu i sur. (1992) podrazumijevaju 56 i 45 bodova na ljestvici. Ocjena 56 pokazatelj je optimalne funkcionalne ravnoteže dok Ocjena < 45 ukazuje na to da pojedinci mogu biti u većem riziku od pada (75). U istraživanju je sudjelovalo 30 ispitanika, od kojih 76,67% (n=23) ispitanika muškog spola i 23,33% (n=7) ispitanika ženskog spola. Prosječna dob ispitanika iznosila je  $67,10 \pm 8,14$  godina, a medijan 66 godina. Ispitanici su započeli rehabilitaciju, odnosno napravili početno mjerenje prosječno  $38,53 \pm 29,41$  dana nakon moždanog udara, najbrže nakon 20 dana, a najkasnije 161 dan. 53,33% (n=16) ispitanika imalo je zahvaćenu desnu stranu, a 46,67% (n=14) lijevu stranu. Ispitanici su u prosjeku postigli  $19,13 \pm 10,73$  bodova na BBS-u. Najmanji postignuti rezultat iznosio je 2 boda, a najveći 40. Samim time svi ispitanici postigli su manju vrijednost od postavljene granične vrijednosti (<45 bodova) koja ukazuje na povećani rizik od pada. Rezultati istraživanja potvrdili su da osobe koje su preboljele MU imaju statistički značajno narušen balans i pokazuju povećani rizik od pada.

Ključne riječi: *moždani udar, hemipareza, ravnoteža, procjena ravnoteže, Balance Berg skala*

## SUMMARY

In stroke patients, balance control is a challenge given the consequent manifestation of hemiparesis. More than 50% of survivors experience a balance deterioration within one year after stroke (e.g., Ashburn et al., 2008). Balance assessment in a stroke patient is needed in order to determine objective goals and treatment methods, and to allow progress to be monitored and prognosis to be predicted. In addition, use of objective balance measurement tools is important for evidence-based practice in order to improve balance ability. The main goal of the study is to determine the impact of stroke on balance in stroke survivors. The specific goal of the study is to determine the impact of stroke on balance and to assess the risk of falling in stroke survivors, based on the assessment of static and dynamic functional tasks. The study was conducted on the basis of medical records collected in the period from 2016 to 2021. The study included 30 subjects undergoing inpatient treatment at the Department of Physical Medicine and Rehabilitation of the Clinical Hospital Centre in Rijeka. The assessment of balance and risk of falling was performed using the Berg-Balance Scale (BBS). The test is scored on a scale from 0 to 4, where 0 indicates the impossibility of performing the task and 4 total independence in performing the task. The total number of points on the scale is 56. Limit values for the elderly, according to Berg et al. (1992), imply 56 and 45 points on the scale. A score of 56 is an indicator of optimal functional balance while a score of <45 indicates that individuals may be at higher risk of falling (75). Thirty subjects participated in the study, of which 76.67% (n = 23) were male and 23.33% (n = 7) female. The average age of the subjects was  $67.10 \pm 8.14$  years, and the median was 66 years. Rehabilitation started, i.e., the subjects made an initial measurement on average  $38.53 \pm 29.41$  days after stroke, the fastest after 20 days, and no later than 161 days. In 53.33% (n = 16) of the subjects the right side was affected, and in 46.67% (n = 14) the left side. In average, the subjects scored  $19.13 \pm 10.73$  points on the BBS. The lowest score was 2 points and the highest was 40. Thus, all subjects achieved a lower value than the set limit value (<45 points), which indicates an increased risk of falling. The results of the study confirmed that stroke survivors have a statistically significantly disturbed balance and show an increased risk of falling.

Key words: stroke, hemiparesis, balance, balance assessment, Berg-Balance Scale

## 1. UVOD

### 1.1. Moždani udar

Moždani udar (MU) ili cerebrovaskularni inzult (CVI) definira se kao naglo nastali žarišni ili globalni neurološki deficit koji traje dulje od 24 sata ili dovodi do smrti zbog patološkog procesa na krvnim žilama (1).

Vodeći je uzrok smrtnosti na globalnoj razini i zahvaća približno 13,7 milijuna ljudi, od čega godišnje umire oko 5,5 milijuna ljudi (Roger i sur., 2011, GBD 2016 Stroke Collaborators, 2016) (2).

Moždani udar predstavlja primarni uzrok kronične invalidnosti i treći je uzrok smrtnosti na globalnoj razini (3).

U postotku, 73 - 88% bolesnika s moždanim udarom primarno razvija hemiplegiju ruku i nogu, a razina neovisnosti u aktivnostima svakodnevnog života (ASŽ) opada zbog međudjelovanja senzornih, motoričkih, kognitivnih i emocionalnih oštećenja (4).

Trećina preživjelih od moždanog udara postiže samo ispodprosječan funkcionalni ishod u razdoblju od 5 godina nakon početka moždanog udara. Iako postoji velik napredak u liječenju akutnog moždanog udara, neovisnost bolesnika ovisi o procesu neurorehabilitacije. Cilj neurorehabilitacije podrazumijeva optimalni funkcionalni oporavak kroz optimizaciju senzomotoričkih performansi u funkcionalnim aktivnostima (3).

### 1.2. Klasifikacija i patofiziologija moždanog udara

Prema mehanizmu nastanka, moždani udar dijeli se u dvije skupine;

- a) Ishemijski
- b) Hemoragični

**Ishemijski moždani udar** nastaje kao posljedica prekida cirkulacije u određeno područje mozga i čini 85% svih moždanih udara (Musuka i sur., 2015) (2).

Akutni ishemijski moždani udar rezultat je vaskularne okluzije (začepljenja) uslijed tromboembolijske bolesti. Ishemija nastaje kao rezultat stanične hipoksije i iscrpljivanja staničnog adenozin trifosfata (ATP). Neadekvatna razina ATP-a posljedično dovodi do gubitka energije i rezultira nemogućnošću održavanja ionskih gradijenata preko stanične

membrane i depolarizacije stanica. Nemogućnost održavanja ionskih gradijenata nadoknađuje se dotokom natrijevih i kalcijevih iona i pasivnim dotok vode u stanicu, što rezultira citotoksičnim edemom. Nadalje, depolarizacija stanica dovodi do oslobađanja glutamata i slobodnih radikala, poremećaja mitohondrijske membrane i kaskade koja u konačnici dovodi do programirane smrti stanica. Ishemija također dovodi do izravne disfunkcije cerebralne vaskulature, što rezultira oštećenjem krvno-moždane barijera unutar 4-6 sati nakon moždanog udara. Nakon probijanja krvno-moždane barijere, proteini i voda preplavljaju izvanstanični prostor, što dovodi do vazogenog edema. Vazogeni edem stvara veću razinu oticanja i efekta otežavanja mozga. Vazogeni edem doseže vrhunac u sljedećih 3-5 dana i nestaje tijekom sljedećih nekoliko tjedana kroz resorpcijom vode i proteina. Ishemični moždani udar posljedično rezultira smrću astrocita i podržavajućih oligodendroglia i mikroglia stanica. Zahvaćeno tkivo na kraju prolazi kroz proces nekroze i uklanjanja koje izvršavaju makrofagi pri čemu dolazi do gubitka volumena parenhima. Naposljetku je vidljivo dobro ograničeno područje cerebrospinalne tekućine nalik niskoj gustoći, koje se sastoji od encefalomalacije i cistične promjene. Razvoj ovih kroničnih promjena može se vidjeti u razdoblju od nekoliko tjedana do nekoliko mjeseci nakon moždanog udara (5).

Prema TOAST klasifikaciji (engl. Trial of Acute Stroke Treatment) postoje tri podvrste ishemijskog moždanog udara;

- a) moždani udar ili okluzija velikih arterija
- b) lakunarni moždani udar
- c) kardioembolijski moždani udar

**Moždani udar velikih arterija** najčešće je posljedica trombotske ili embolijske okluzije glavnih arterija mozga poput unutarnje karotidne arterije, srednje cerebralne arterije, prednje cerebralne arterije ili vertebrobazilarnog sustava (6).

Patofiziologija se manifestira ishemijskom okluzijom koja stvara trombotička i embolijska stanja u mozgu. Stanje tromboze karakterizira suženje krvnih žila uslijed ateroskleroze. Kontinuirano nakupljanje plaka u konačnici rezultira konstrikcijom krvožilne komore i stvaranjem ugruška što posljedično dovodi do trombotičkog moždanog udara (2).

**Embolijski moždani udar** karakterizira smanjenje protoka krvi što posljedično rezultira razvojem embolije (2).



Tijekom emboličkog udara, ugrušak putuje iz udaljenog izvora i odsjeda u cerebralnim žilama. Mikroemboli se mogu odvojiti od skleroziranog plaka u karotidnoj arteriji ili iz srčanih izvora poput atrijske fibrilacije, foramena ovale ili hipokinetičke lijeve klijetke (7).

Protok krvi u mozak se smanjuje i rezultira jakim stresom i nekrozom. Nekrozu prati poremećaj plazmatske membrane, oticanje organela, propuštanje staničnog sadržaja u izvanstanični prostor te u konačnici, gubitak neuronske funkcije (2).

**Lacunarov ili lakunarni moždani udar** nastaje okluzijom manjih arterija koje opskrbljuju dublje strukture mozga (6).

Pojam "*lacune*" usvojen u 1800-ima za opisivanje infarkta malih cerebralnih žila, a njihova temeljna patofiziološka osnova ostala je nejasna sve do 1960-ih kada je Charles Miller Fisher proveo nekoliko studija obdukcije bolesnika s moždanim udarom. Primijetio je da krvne žile pokazuju segmentnu arteriolarnu dezorganizaciju koja je povezana s povećanjem žila, krvarenjem i taloženjem fibrinoida. Osmislio je izraz "*lipohialinoza*" kako bi opisao mikrovaskularni mehanizam koji rezultira malim subkortikalnim infarktima u odsustvu emboličkog izvora. Danas lakunarni moždani udari čine do 20-30% svih akutnih ishemijskih moždanih udara (Moran i sur., 2012). Iako su ti infarkti manje veličine u odnosu na one uzrokovane začepljenjem velikih žila, utvrđeno je da su najčešći tip akutnih moždanih udara (37%) (8).

**Kardioembolijski moždani udar** čini 14-30% svih cerebralnih infarkta (Khoo & Lip, 2009). Srčana embolija koja prelazi u moždanu rezultat je jednog od tri mehanizma; zastoj krvi i stvaranje tromba u proširenoj lijevoj srčanoj komori (npr. aneurizma lijeve klijetke); oslobađanje materije s abnormalne valvularne površine (npr. kalcifična degeneracija); te abnormalni protok iz venske u arterijsku cirkulaciju (paradoksalna embolija) (9).

Kardioembolički moždani udari mogu biti izolirani, višestruki, lokalizirani u jednoj hemisferi ili izmjenični, te obostrani. Višestruki i obostrani infarkti mogu biti rezultat emboličkih pljuskova ili ponavljajućih embolija. Ostale mogućnosti za pojedinačne i obostrane infarkte hemisfere uključuju embolije koji potječu iz luka aorte, te difuzne trombotske ili upalne procese koji mogu dovesti do višestrukih začepljenja malih žila (5).

Srčani emboli mogu biti bilo različite veličine, ali oni koji proizlaze iz srčanih komora često su veliki i stoga uzrokuju teški moždani udar, invaliditet i smrt. Kardioembolijski infarkt

općenito je najteži podtip ishemijskog moždanog udara, s niskom učestalošću bez simptoma, visokim rizikom od ranih i kasnih recidiva embolije i visokom smrtnošću (9).

Moždani udar može utjecati na kortikalna područja moždane kore; frontalni (čeonni), parijetalni (tjemeni), temporalni (sljepoočni) i okcipitalni (zatični) režanj ili supkortikalne strukture ispod površine korteksa; unutarnju kapsulu, talamus, bazalne ganglije, moždano deblo i mali mozak (10).

Prema klasifikaciji anatomske kategorije, moždani udar dijeli se;

- a) kortikalni
- b) subkortikalni (11).

Ova diferencijacija od kliničke je važnosti iz razloga što se etiologija i kliničko upravljanje kortikalnim i subkortikalnim udarima mogu razlikovati (10).

**Subkortikalni moždani udar** podrazumijeva moždani udar dubokih subkortikalnih regija i najčešće je posljedica okluzije velikih moždanih arterija ili srčane embolije (10).

**Kortikalni moždani udar** manifestira se u vanjskom sloju mozga ili moždanog korteksa te najčešće nastaje kao posljedica okluzije malih krvnih žila (10).

**Hemoragični moždani udar** uzrokovan je rupturom krvnih žila. Čini otprilike 10-15% svih moždanih udara i ima visoku stopu smrtnosti (Flaherty i sur., 2005) (2).

Dijeli se u dvije podvrste;

- a) intracerebralno krvarenje
- b) subarahnoidalno krvarenje

**Intracerebralno krvarenje** najčešći je tip atraumatskog intrakranijalnog krvarenja. Čini oko 80% hemoragijskih i 10-15% svih moždanih udara (Bradley i sur., 1991) (12).

Uzroci intracerebralnog krvarenja uključuju hipertenziju, poremećaje krvožilnog sustava te pretjeranu upotrebu antikoagulanasa i trombolitičkih sredstava (2).

Najčešći uzrok intracerebralnog krvarenja je hipertenzija. Najmanje dvije trećine bolesnika s postojećom ili novo dijagnosticiranom hipertenzijom razvija primarno intraparenhimsko krvarenje. Hipertenzija je bolest malih krvnih žila, a karakterizira je pojava sitnih lipohijaliničnih aneurizmi koje potom pucaju i rezultiraju intraparenhimskim krvarenjem. Tipična mjesta uključuju bazalne ganglije, talame, mali mozak i pons (5).

**Subarahnoidalno krvarenje** nastaje zbog traumatske ozljede glave ili puknuća cerebralne aneurizme (2).

Najčešći uzrok atraumatskog subarahnoidnog krvarenja je puknuće intrakranijalne aneurizme. Aneurizme se definiraju kao žarišne dilatacije arterija. Najčešće aneurizme uključuju intrakranijalni tip ili tzv. „bobičaste“ aneurizme i sakularne ili tzv. „okruglaste“ aneurizme. Bobičaste aneurizme najčešće podrazumijevaju izolirane lezije koje nastaju udruženjem hemodinamskog stresa te stečene ili urođene slabosti stjenke krvne žile. Okruglaste aneurizme obično se javljaju kod vaskularnih bifurkacija (račvanja), a u više od 90% slučajeva lokalizirane su u karotidnom slivu (Kim i sur., 2005). Patološki učinci subarahnoidalnog krvarenja na mozak su multifokalni (višežarišni). Dolazi do povišenja intrakranijalnog tlaka i narušavanja cerebralne autoregulacije. Navedeni procesi, udruženi s akutnom vazokonstrikcijom, agregacijom mikrovaskularnih trombocita i gubitkom mikrovaskularne perfuzije, rezultiraju smanjenjem protoka krvi i cerebralne ishemije (5).

Podtipovi moždanog udara pouzdano se određuju pomoću kompjutorizirane tomografske pretrage (engl. Computerized Tomographic, CT) ili magnetske rezonance (engl. Magnetic resonance imaging, MRI) (12).

Moždani udar se prema trajanju dijeli na;

- a) tranzitornu ishemijsku ataku (TIA)
- b) moždani udar u trajanju ili progresivni moždani udar
- c) dovršeni moždani udar

**Tranzitorna ishemijska ataka** definira se kao kratka epizoda neurološke disfunkcije uzrokovane žarišnom moždanom prilikom koje klinički simptomi traju kraće od jednog sata, bez dokaza postojanja infarkta na slikovnom prikazu (1).

**Moždani udar u razvoju** odnosi se na postupni razvoj ishemije i progresije neuroloških simptoma (1).

**Dovršeni moždani udar** označava stadij kada se hemodinamski poremećaj stabilizira i neurološki ispadi utvrđuju se kao definitivni (1).

### 1.3. Povijest moždanog udara

Prvi zapisi moždanog udara datiraju od 460 do 370 g. pr. kr. kada je Hipokrat prvi put uočio da okluzija tzv. „stasitih“ karotidnih arterija uzrokuje gubitak svijesti. U to vrijeme, simptomi moždanog udara kao što su konvulzije i paraliza pridavale su se pojmu apopleksije (Caplan, 2000, Nilsen, 2010) (12).

Danas pojam apopleksije podrazumijeva klasični izraz hipofizne apopleksije koja opisuje klinički sindrom karakteriziran naglim napadom glavobolje koja je praćena neurološkim i / ili endokrinološkim pogoršanjem uslijed nagle ekspanzije mase unutar selle turcice. Pogoršanja nastaju kao rezultat krvarenja ili infarkta tumora hipofize (13).

1658. godine, Johann Jacob Wepfer zaključuje da apopleksija nastaje kao posljedica opstrukcije karotide, kralježnične arterije ili krvarenja u mozak (Caplan, 2000, Nilsen, 2010, Ashrafian, 2010). John Abercombie je 1828. godine klinički klasificirao apopleksiju u tri skupine;

- a) primarna apopleksija koja podrazumijeva velika intracerebralna krvarenja ili infarkte sa žarišnim deficitima i omamljenošću
- b) subarahnoidno krvarenje s omamljenošću i glavoboljom bez žarišnog deficita,
- c) mali infarkti ili krvarenja sa žarišnim deficitom i bez omamljenosti ili glavobolje (Caplan, 2000, Nilsen, 2010, Ashrafian, 2010).

U drugoj polovici 20. stoljeća, tehnološka revolucija postigla je velik napredak u antemortem vizualizaciji vaskularnih lezija i otkrivanju novih medicinskih pristupa za moždani udar. Moniz i Seldinger razvili su dijagnostičku metodu angiografije koja je omogućila je uvid u vaskularna anatomiju. Slično tome, CT i magnetska rezonanca koju su 1970-ih izumili Hounsfield i Damadian, omogućile su definiranje mjesta infarkta mozga i hemoragije krvarenja. Novije tehnike poput kompjuterizirane tomografije s emisijom pozitrona i jednofotonske emisije predstavljaju funkcionalne slikovne postupke za procjenu metabolizma i cerebralne perfuzije te pružaju uvid u patofiziologiju moždanog udara. Navedena postignuća olakšala su uspostavljanje jedinica i pružanje učinkovite skrbi za pacijente s moždanim udarom u 21. stoljeću (12).

#### 1.4. Epidemiologija moždanog udara u Hrvatskoj i Europi

Moždani udar drugi je najčešći uzrok smrtnosti i vodeći uzrok invaliditeta odraslih u Europskoj uniji (EU) (Béjot i sur., 2016). Zahvaća 1,1 milijuna stanovnika Europe i uzrokuje 440 000 smrtnih slučajeva na godišnjoj razini (OECD, Health at a Glance: Europe, 2016) (14).

Tsendsuren i sur. su 2016. godine proveli komparativnu studiju u 14 europskih zemalja na temelju SHARE anketnih podataka (engl. Survey of Health, Aging, and Retirement in Europe) prikupljenih u razdoblju od 2006. do 2007. godine i panela podataka ispitanika intervjuiranih u razdoblju od 2004. do 2005. godine. Rezultati studije izvijestili su da je najveća stopa učestalosti moždanog udara utvrđena u Danskoj, Poljskoj i Švedskoj. Navedene stope incidencije bile su više nego dvostruko veće u usporedbi sa Španjolskom. Prema podacima iz Švedske, Francuske, Švicarske, Češke i Grčke, učestalost moždanog udara u većini slučajeva bila je povezana sa osobama starijim od 65 godina. Navedenu tvrdnju također su potvrdili podaci prikupljeni u Njemačkoj, dok je incidencija moždanog udara u Italiji bila veća među mlađim muškarcima (15).

Anka Aleksić-Shihabi je 2010. godine provela retrospektivnu studiju u kojoj su analizirani podaci 3819 bolesnika s moždanim udarom, od čega 1966 (51,5%) žena i 1853 (48,5%) muškaraca koji su liječeni na Odjelu za neurologiju Šibensko-kninske županijske bolnice u razdoblju od 1996 do 2005. godine. Zabilježeno je 3417 (89,5%) bolesnika s ishemijskim moždanim udarom i 402 (10,5%) bolesnika s hemoragijskim moždanim udarom. Analiza prema dobnim skupinama utvrdila je da je najveći broj pacijenata s ishemijskim i hemoragičnim moždanim udarom pripada starosnoj skupini u dobi od 70 do 79. S obzirom na rizik od moždanog udara, potvrđen je značajni porast sa svakim dobnim desetljećem bez obzira na spol ( $\chi^2 = 7764,19$ ;  $P = 0,0000001$ ). Seosko i urbano stanovništvo činili su 56,9%, odnosno 43,1% svih slučajeva moždanog udara ( $P = 0,0000001$ ). Broj slučajeva kontinuirano se povećavao od 1996. do 2005. godine, odnosno s 313 na 422 osobe na 112.891 stanovnika županije, što je dovelo do porasta učestalosti moždanog udara tijekom godina ( $\chi^2 = 24,63$ ;  $P = 0,003$ ). Prosječna dob bolesnika s moždanim udarom povećala se sa 72,5 godina u 1996. na 74,6 godina u 2005. godini. Prosječna dob bolesnika s ishemijskim i hemoragijskim moždanim udarom bila je 73,2, odnosno 66,7 godina ( $P = 0,0000$ ). Stopa smrtnosti od moždanog udara porasla je sa 75,2 / 100.000 u 1996. na 87,7 / 100.000 u 2000., a zatim se smanjila na 66,4 / 100.000 u 2005 godini. Stopa smrtnosti od moždanog udara smanjena je sa 27,07% (95% CI, 21,62-33,47%) u 1996. na 17,44% (95% CI, 13,72-21,86%) u 2005. godini

( $P = 0,005159$ ), što je dovelo do smanjenja smrtnosti u bolnici za 9,63%. Tijekom četverogodišnjeg razdoblja ispitivanja, 808 pacijenata umrlo je od moždanog udara, pokazujući prevladavanje žena (F: M, 59,8% naspram 40,2%;  $P = 0,000003092$ ) (16).

Prema statističkim podacima prikupljenima u 2008. godini, u Hrvatskoj je od moždanog udara umrlo 5.031 osoba. Opća stopa smrtnosti iznosila je 113,4/100.000 stanovnika pri čemu je bila viša je u žena (130,4) nego u muškaraca (95,0) (17).

Kadojić i sur. (2015) proveli su populacijsku neuroepidemiološku studiju s ciljem utvrđivanja stvarne stope incidencije moždanog udara i tranzitorne ishemijske atake u Republici Hrvatskoj. Multicentrična studija obuhvaćala je 89 501 osoba svih dobnih skupina u četiri regije: Zagrebu, Osijeku + Slavanskom Brodu, Rijeci i Splitu. Utvrđene su stope incidencije moždanog udara izražene u populaciji od 100 000 stanovnika; Zagreb 290,52, Osijek + Slavonski Brod 302,14, Rijeka 219,65, Split 195,82. Ukupna stopa incidencije moždanog udara za Republiku Hrvatsku iznosila je 251,39. Stope incidencije za TIA-u izražene na 100 000 stanovnika iznosile su; Zagreb 87,15, Osijek + Slavonski Brod 156,53, Rijeka 90,11, Split 59,10. Ukupna stopa incidencije TIA za Republiku Hrvatsku iznosila je 100,55. U kontinentalnom dijelu Hrvatske (Zagreb, Osijek + Slavonski Brod) stopa incidencije moždanog udara bila je veća za 45%, a stopa incidencije TIA za 82% više nego u obalnom dijelu Hrvatske, što bi se moglo objasniti razlikom u načinom života i čimbenicima okoliša (18).

#### *1.4.1. Vrste moždanog udara*

Udjeli tipova i podtipova moždanog udara uvelike variraju u različitim dijelovima svijeta. Primjerice, udio hemoragičnih moždanih udara može biti čak i veći u određenim populacijama. Podaci studije iz 2005. godine izvijestili su da je udio hemoragičnog moždanog udara u Kini iznosio do 39,4% (Prevalence of stroke-United States, 2005), dok je u Japanu 2003. godine iznosio 38,7% (Feigin i sur., 2003) (5).

Podaci prve INTERSTROKE studije (engl. Global and regional effects of potentially modifiable risk factors associated with acute stroke in 32 countries) u kojoj su sudjelovale 22 zemlje (Argentina, Austrija, Brazil, Kanada, Čile, Kina, Kolumbija, Hrvatska, Danska, Ekvador, Njemačka, Indija, Iran, Malezija, Mozambik, Nigerija, Peru, Filipini, Poljska, Južna Afrika, Sudan, Uganda) pokazali su da je udio ishemijskog moždanog udara u Africi iznosio oko 66%, dok je udio hemoragičnog moždanog udara iznosio 34%. Navedeni podaci značajno su se razlikovali u usporedbi s drugim zemljama. Primjerice, rezultati su pokazali da je udio

ishemijskog moždanog udara u zemljama s visokim dohotkom iznosio 91% ,dok je udio hemoragičnog moždanog udara iznosio 9% (O'Donnell i sur., 2010). Studije o istraživačkom udruženju za moždani udar (engl. Stroke Investigative Research and Educational Network, SIREN) provedene u Nigeriji i Gani izvijestile su da udio ishemijškog moždanog udara iznosi 68%, a udio hemoragičnog moždanog udara 32% (Sarfo i sur., 2018), što dijelom potvrđuje udjele podtipova moždanog udara u Africi. Smatra se da u nekim zemljama, poput Gane, postoji evolucija podtipova moždanog udara koji pokazuju nagli pad hemoragijskog moždanog udara i trend povećanja ishemijškog moždanog udara (Edington, 1954, Anim & Kofi, 1984, Wiredu i sur., 2001). Prijašnje studije provedene u Gani pokazale su da je hemoragijski moždani udar prevladavajući podtip moždanog udara i da uzrokuje oko 90% smrtnih slučajeva (Edington, 1954, Anim & Kofi, 1984) (12).

### 1.5. Čimbenici rizika

Postoji veliki broj rizičnih čimbenika za moždani udar. Čimbenici uključuju modificirajuće (npr. prehrana, način života, komorbiditeti) i ne-modificirajuće faktore (npr. dob, spol, rasa). INTERSTROKE studija iz 2010. godine (O'Donnell i sur.) definirala je 10 modificirajućih čimbenika koji podupiru devedeset postotni rizik od nastanka moždanog udara. Studija se provodila na 3000 pacijenata s moždanim udarom (n = 2337 ishemijški MU, n = 663 hemoragični MU). Rezultati studije potvrdili su da čimbenici za razvoj ishemičnog moždanog udara uključuju; hipertenziju, pušenje, omjer struka i bokova, način prehrane, stupanj tjelesne aktivnosti, dijabetes melitus, konzumaciju alkohola, psihosocijalni stres, depresiju, srčane bolesti i omjer apolipoproteina B prema apolipoproteinu A1. Ne-modificirajući faktori rizika uključuju dob, spol, rasno-etničku pripadnost i genetiku. Općenito, moždani udar smatra se bolešću starenja. Incidencija se povećava s godinama i udvostručuje se za svako desetljeće nakon 55. godine (Roger i sur., 2012). Prosječna dob incidencije ishemijskog moždanog udara u 2005. godini iznosila 69,2 godine. Međutim, noviji podaci ukazuju da se učestalost i prevalencija ishemijskog moždanog udara povećava u dobi od 20. do 54. godine (Kissela i sur., 2012). Hipertenzija je najvažniji modificirajući čimbenik rizika s visokom, izravnom, linearnom i kontinuiranom vezom između krvnog tlaka i moždanog udara (Chobanian i sur., 2003). Prema podacima INTERSTROKE studije, hipertenzija je bila najvažniji čimbenik rizika od moždanog udara: udio moždanog udara i rizik populacije povezan s hipertenzijom iznosio je 54%. Također je zabilježeno da je hipertenzija kao čimbenik rizika učestalija kod hemoragičnog moždanog udara. Odnos spola i

rizika od moždanog udara ovisi o dobi. Žene mlađe životne dobi imaju jednak ili veći rizik od moždanog udara kao i muškarci, iako je u starijim dobnim skupinama relativni rizik nešto veći za muškarce. Veći rizik među ženama mlađe dobi povezuje se s trudnoćom i hormonskim čimbenicima poput upotrebe kontraceptiva (Roger i sur., 2012, Reeves i sur., 2009). S obzirom na rasno-etničku pripadnost, postoje dokumentirane razlike u incidenciji moždanog udara. Primjerice, Afroamerikanci imaju dvostruko veći rizik od moždanog udara i veću stopu smrtnosti u usporedbi s bijelcima (Cruz-Flores i sur., 2011, Zahuranec i sur., 2006). Latinoamerikanci također imaju povećani rizik u nekim skupinama. Razlike u učestalosti moždanog udara posebno su izražene među crncima mlađe životne dobi gdje je rizik za subarahnoidno krvarenje i intracerebralno krvarenje znatno veći od istodobnih bijelaca (Kleindorfer i sur., 2006, Kissela i sur., 2004) (19).

Također postoje dosljedni dokazi za nešto veću ukupnu učestalost moždanog udara i veći udio intracerebralnih krvarenja u kineskoj populaciji u odnosu na bijelce, iako postoji nedostatak dokumenata o različitoj raspodjeli podtipova ishemijskog moždanog udara. Genetski čimbenici doprinose riziku od moždanog udara, iako definiranje pojedinačnih genetskih rizika predstavlja izazov zbog heterogenosti moždanog udara, mnoštva konvencionalnih čimbenika i varijabilnosti među populacijama i studijama. Genetska varijabilnost može pridonijeti riziku od moždanog udara kroz nekoliko potencijalnih mehanizama. Prvi mehanizam uključuje specifične rijetke poremećaje pojedinačnih gena koji pridonose obiteljskim sindromima kojima je moždani udar primarna ili jedinstvena manifestacija (npr. cerebralna autosomno-dominantna arteriopatija s subkortikalnim infarktom i leukoencefalopatija). Drugi mehanizam podrazumijeva poremećaje jednog gena koji mogu uzrokovati multisistemski poremećaj u kojem slučaju je moždani udar samo jedna manifestacija (npr. anemija srpastih stanica). Treći mehanizam odnosi se na uobičajene varijante genetskih polimorfizama povezane s rizikom od moždanog udara, iako se pojedinačni doprinos takvih polimorfizama smatra relativno niskim. Četvrti mehanizam uključuje genetski uzroke konvencionalnih čimbenika poput fibrilacije atrijske, dijabetesa i hipertenzije (20).

Prema Pikiji i sur., incidencija i smrtnost od ishemijskog moždanog udara u Hrvatskoj je znatno veća nego u mnogim drugim razvijenim europskim zemljama. 2015. godine provedena je promatračka prospektivna kohortna studija pacijenata u kojih je zabilježen prvi slučaj ishemijskog moždanog udara u populacijskoj studiji incidence (n = 751) i istodobnog ispitivanje slučajeva-kontrola (215 pacijenata = 125 kontrola) u Varaždinskoj županiji u razdoblju od 2007. do 2010. godine. Kod ispitanika je također zabilježena atrijska fibrilacija



(engl. Atrial fibrillation, AF) koja je uglavnom ostala neprepoznata (>50%) prije provođenja istraživanja. Prema multivarijantnoj analizi, rizik za moždani udar bio je povećan kod pušača (OR = 3,95, 95% CI 1,33-10,8), ispitanika koji su konzumirali nezdravu hranu (OR = 2,12, 1,12-4,01) i ispitanika s atrijskom fibrilacijom (OR = 9,40, 4,01-22,0). Smanjeni rizik od moždanog udara bio je povezan s visokim obrazovanjem (OR = 0,33, 0,11-0,98), umjerenom konzumacijom alkohola (OR = 0,48, 0,25-0,93), povećanom razinom HDL kolesterola (OR = 0,14, 0,07-0,30) upotrebom antikoagulansa prije moždanog udara (OR = 0,09, 0,01-0,59), lijekova za hipertenziju (OR = 0,52, 0,27-1,00) i statina (OR = 0,29, 0,12-0,69). Autori su zaključili da je učestalost ishemijskog moždanog udara u Hrvatskoj povezana s konvencionalnim čimbenicima rizika i visokom stopom nesvjesnosti i neadekvatnog liječenja predispozicijskog morbiditeta (21).

### 1.6. Klinička simptomatologija i deficiti akutnog moždanog udara

Simptomi moždanog udara klinički se prezentiraju kao neurološki deficiti naglog početka i ovise o zahvaćenom području mozga, što je pak definirano zahvaćenom arterijskom anatomijom. Iako su neki simptomi više ili manje tipični za hemoragične oblike moždanog udara, i razlikuju se od simptoma ishemijskog moždanog udara, niti jedan nije dovoljno diskriminirajući kako bi omogućio preciznu kliničku dijagnozu tipa moždanog udara. Prema tome, za sve moždane udare potrebno je slikanje mozga i neurovaskularnog sustava u akutnoj fazi. Uobičajeni simptomi moždanog udara koji se manifestiraju u lijevoj hemisferi uključuju poremećaj govora (afazija), desnostranu hemiparezu i desnostrani gubitak polovice vidnog polja (hemianopsija). Kliničke manifestacije u desnoj hemisferi mozga očituju se smanjenom svijesti o stranama u prostoru, sa ili bez senzornog gubitka (sindromom hemispacijalnog zanemarivanja), lijevom hemiparezom i lijevom hemianopsijom (22).

Poznavanje cerebrovaskularne arterijske anatomije pruža pouzdane smjernice za definiranje i identifikaciju krvnih žila koje su uključene u akutni moždani udar. Atipični obrasci koji nisu u skladu s vaskularnom raspodjelom mogu ukazivati na drugu dijagnozu, poput venskog infarkta (5).

Većina akutnih moždanih udara (90%) je supratentorijalna, odnosno lokalizirana na područje prednje moždane cirkulacije ili karotidnog sliva, dok preostali postotak pripada skupini infratentorijalnih moždanih udara koji su lokalizirani u području stražnje moždane cirkulacije ili vertebrobazilarnog sliva. Simptomi supratentorijalnog moždanog udara mogu se prepoznati na temelju engleske kratice „FAST“ koja označava akronim za ovjes lica (engl. facial droop),

pad ruke (engl. arm drop), poremećaj govora (engl. speech disturbance) i vrijeme (engl. Time). Infratentorijski moždani udar ima mnoštvo drugih simptoma koji uključujući dvoslike (diplopija), bulbarnu paralizu, otežano gutanje (disfagija), jednostranu disimetriju i nekoordinaciju, kao i smanjenu razinu svijesti. Iako glavobolja ili bol u glavi, licu ili vratu mogu biti pomoćni simptomi, moždani udar obično je bezbolan. Najvažnija amnestička značajka moždanog udara je iznenadnost njegovog početka (22).

#### *1.6.1. Cerebrovaskularna arterijska simptomatologija moždanog udara*

Klinička slika ovisi o zahvaćenom arterijskom području, a simptomi se dijele prema arterijskim slivovima. Karotidni sliv uključuje unutarnju karotidnu arteriju, prednju cerebralnu arteriju i srednju cerebralnu arteriju. Vertebrobasilarni sliv uključuje vertebralnu arteriju, bazilarnu arteriju i stražnju cerebralnu arteriju (1).

Unutarnje karotidne arterije grane su zajedničkih karotidnih arterija koje se razdvajaju u unutarnju i vanjsku karotidnu arteriju na razini karotidnog sinusa. Unutarnja karotidna arterija (lat. *carotis interna*) jedna je od klinički najvažnijih vitalnih arterija. Na račvanju iz zajedničke karotide, unutarnja karotidna arterija nastavlja se kroz karotidnu ovojniciu i ulazi u karotidni kanal temporalne kosti. Unutar lubanjske šupljine, dvije unutarnje karotidne arterije ujedinjuju se s dvije vertebralne arterije, čineći Willisov arterijski prsten (lat. *circulus arteriosus cerebri*), koji mozak opskrbljuje kisikom. Unutarnja karotidna arterija grana se u oftalmološku arteriju koja primarno opskrbljuje oko, ekstraokularne mišiće, suzne žlijezde, gornji dio nosa i dijelove čela. Potom se grana u srednju cerebralnu arteriju i prednju cerebralnu arteriju (23).

Prednja (lat. *arteria cerebri anterior*), srednja (lat. *arteria cerebri media*) i stražnja (lat. *arteria cerebri posterior*) cerebralna arterija su 3 primarne arterije koje opskrbljuju moždane polutke. Prednja i srednja moždana arterija pripadaju karotidnom slivu i proizlaze iz supraklinoidnih unutarnjih karotidnih arterija. Prednja cerebralna arterija opskrbljuje medijalni dio frontalnog i parijetalnog režnja, prednje dijelove bazalnih ganglija i prednju unutarnju kapsulu mozga. Srednja cerebralna arterija opskrbljuje lateralne dijelove frontalnog i parijetalnog režnja, anteriorni i lateralni dio temporalnog režnjeva te pruža perforirajuće ogranke za globus pallidus, putamen i unutarnju kapsulu. Perforirajući ogranci podrazumijevaju arterijske grane koje prodiru ili prolaze od prednjeg prema stražnjem aspektu ili odjeljku određene strukture. Stražnje cerebralne arterije proizlaze iz bazilarne arterije i čine stražnju (posteriornu) cirkulaciju. Stražnja cerebralna arterija pruža perforirajuće ogranke koji opskrbljuju talame, moždano deblo i kortikalne grane posteriornih i medijalnih temporalnih i okcipitalnih

režnjeva. Hemisfere malog mozga inferiorno opskrbljuje stražnja inferiorna cerebelarna arterija (lat. *arteria cerebellaris anterior inferior*) koja proizlazi iz vertebralne arterije, superiorno gornja cerebelarna arterija (lat. *arteria cerebelli superior*), a anterolateralno prednja donja cerebelarna arterija (lat. *arteria anterior inferior cerebelli*) (5).

Srednje cerebralne arterije primarno opskrbljuju motoričke i senzorne kortekse za gornje udove i lice, Brocino područje u frontalnom režnju i Wernickeovo područje u temporalnom režnju. Prednje cerebralne arterije opskrbljuju područje mozga koje je prvenstveno odgovorno za senzomotoriku donjih udova (23).

Vertebrobazilarni sliv sastoji se od bilateralnih vertebralnih arterija i bazilarne arterije. One primarno arterijski opskrbljuju moždano deblo, kralježničnu moždinu cervikalnog dijela kralježnice, mali mozak, talamus i okcipitalne režnjeve. Vertebralna arterija svojim se tokom dijeli na četiri segmenta. Pre-foraminalni ili V1 segment je prvi ogranak koji uključuje subklavijsku arteriju koja je lokalizirana iznad prvog rebra. Subklavijska arterija nastavlja se posteriorno između m. scalenusa anteriora i m. longusa colli te se potom pruža kroz transferzalni otvor šestog vratnog kralješka (C6) uz silazni vertebralni venski pleksus prateći simpatički živac kao foraminalni ili V2 segment. Kako se vertebralna arterija uspinje kroz vratne kralješke, grane vertebralne arterije na svakoj razini segmenata vratne kralježnice opskrbljuju okolnu muskulaturu putem prednjih kralježničnih arterija. Nakon izlaska iz transferzalnog otvora axisa, atlanto ili V3 segment vertebralne arterije usmjerava se lateralno kroz transferzalni otvor prvog vratnog kralješka (C1), nastavlja se preko stražnjeg luka atlasa kroz subokcipitalni trokut da bi ušao u intrakranijalni prostor gdje se formira u intrakranijalni, intraduralni ili V4 segment. Ulaskom u lubanju grana se u posteriornu donju cerebralnu arteriju prije sjedinjavanja sa kontralateralnom vertebralnom arterijom te u dnu ponsa tvori bazilarnu arteriju (24).

Bazilarna arterija (lat. *arteria basilaris*) opskrbljuje komponente Willisovog arterijskog prstena i stražnje lubanjske jame. Nastaje spajanjem segmenata vertebralnih arterijskih ogranaka i osigurava arterijsku opskrbu moždanog debla, malog mozga i stražnje moždane cirkulacije kroz stražnje cerebralne arterije (25).

Ukoliko moždani udar zahvati područje unutarnje karotidne arterije i / ili srednje moždane arterije, klinička će slika rezultirati kontralateralnom hemiparezom / hemiplegijom, ispadima osjeta, jednostranim kontralateralnim gubitkom polovice vidnog polja i poremećajem govora (ukoliko je zahvaćena dominantna polutka mozga). Moždani udar koji se manifestira u

području bazilarne arterije dovodi do opsežnog infarkta u vitalnim strukturama. Simptomi mogu uključivati; kljenut bulbarnih mišića i sva četiri ekstremiteta (kvadriplegija), ograničenje pokreta očnih jabučica u lateralnom horizontalnom smjeru (intranuklearnu oftalmoplegiju), obostrani gubitak vida, dvoslike, nekontrolirane pokrete očiju (nistagmus), gubitak koordinacije pokreta (cerebralna ataksija), te poremećaj svijesti. Najčešći simptomi infarkta malog mozga su vrtoglavica, mučnina, povraćanje, nistagmus, ataksija i glavobolja (1).

Mali subkortikalni infarkti uzrokovani su začepljenjem malih perforirajućih arterija. Često su asimptomatski, međutim kada se pojave u elokventnim područjima mozga, stvaraju se "lacunarni sindromi". Najčešći lacunarni sindromi prema lokalizaciji uključuju;

- a) čisti motorički udar (okcipitalni dio unutarnje kapsule)
- b) čisti senzorni moždani udar kao posljedica zahvaćenosti (lateralni dio talamusa)
- c) senzomotorički moždani udar (talamo-kapsularna regija)
- d) dizartrija udružena s nespretnim sindromom šake (pons)
- e) ataksična hemipareza (stražnja unutarnja kapsula, pons i centrum semiovale) (26).

**Čisti motorički udar** definira se kao jednostrana djelomična ili potpuna pareza koja uključuje najmanje dva od tri područja tijela (lice, gornji ili donji ud) uz odsustvo dokaza o poremećajima govora, osjeta, kognitivnih poremećaja i dr. (27).

**Čisti senzorni moždani udar** podrazumijeva odsustvo ili abnormalni osjećaj kontralaterale strane lica, ruke i noge. Na njega otpada 7% slučajeva lakunarnih udara (Jahngir & Qureshi, 2020). Odsutne osjetne senzacije uključuju osjećaj boli, temperature, dodira, pritiska, vida, sluha i okusa (28).

**Senzomotorički moždani udar** klinički se predstavlja kombinacijom ipsilateralnog osjetilnog i motoričkog gubitka. Osjetilno-motorički lakunarni udari druga su najčešća vrsta lakunarnih udara i čine 20% slučajeva (Toni i sur., 1994, Venkataraman i sur., 2021, Chamorro i sur., 1991) (28).

**Dizartrija udružena s nespretnim sindromom šake** podrazumijeva problem izgovaranja riječi zbog slabosti glasovnih mišića (jezik, grkljan i slabost ostalih mišića lica) udružen s kontralateralnom nespretnosti gornjeg ekstremiteta uz očuvanu motoričku snagu. Mogu biti prisutne prividne poteškoće u suptilnim finim pokretima poput pisanja ili vezanja vezice (28).

**Ataksična hemipareza** definira se kao hemipareza kontralateralne strane lica i noge s ataksijom kontralateralnog uda. Ataksija je istaknuto obilježje ovog moždanog udara (28).

### 1.7. Deficiti akutnog moždanog udara

Oštećenja koja proizlaze iz akutnog moždanog udara, česta su i obično višestruka (29).

Prema podacima studija, prevalencija oštećenja udova iznosi 80%, dok prevalencija oštećenja govora, jezika i vida iznosi od 20% do 60% (Lawrence i sur., 2001, Rowe i sur., 2019, Vidović i sur., 2011, Flowers i sur., 2013, Kessner i sur., 2016) (29).

Lawrence i suradnici (2001) proveli su istraživanje s ciljem procjene prevalencije i utvrđivanja razlike između akutnih oštećenja i ranog invaliditeta moždanog udara u multietničkoj populaciji u Londonu. Ispitivanje se provodilo na 1259 pacijenata kod kojih su zabilježena oštećenja koja se javljaju u vrijeme maksimalnog neurološkog deficita. Procjena invaliditeta provodila se pomoću Barthelovog indeksa (engl. Barthel Indeks, BI) kroz prvi tjedan i 3 mjeseca nakon moždanog udara. Rezultati su utvrdili da je 6% bolesnika imalo 1 ili 2 oštećenja, 31,1% imalo je 3 do 5 oštećenja, kod 50,6% bolesnika zabilježeno je 6 do 10 oštećenja, dok je 10,6% bolesnika imalo manje od 10 oštećenja (>10). Uobičajena oštećenja bila su slabost mišića (gornji ekstremitet, 77,4%), urinarna inkontinencija (48,2%), poremećaj svijesti (44,7%), disfagija (44,7%) i oslabljena kognicija (43,9%). Pacijenti s infarktom lokaliziranim u arterijskom slivu imali su najvišu dob-prilagođenu prevalenciju slabosti, disfagije, urinarne inkontinencije, kognitivnih oštećenja i invaliditeta. Pacijenti sa subarahnoidnim krvarenjem imali su najveću stopu kome, dok su pacijenti s lakunarnim moždanim udarom imali visoku stopu prevalencije slabosti, ali najmanje su bili pogođeni invaliditetom, inkontinencijom i kognitivnom disfunkcijom. Prema multivarijabilnoj analizi, inkontinencija, koma, disfagija, kognitivna oštećenja i pareza pogleda bili su neovisno povezani s teškim invaliditetom (BI <10) i smrću nakon 3 mjeseca (30).

2020. godine, Clery i sur. procjenjivali su prevalenciju akutnih oštećenja moždanog udara u kohortnoj populaciji u razdoblju od 2001. do 2018. godine. Također se istraživala povezanost između akutnih oštećenja moždanog udara i etiološke podvrste moždanog udara. Studija se provodila na temelju podataka populacijskog registra u Londonu (engl. South London Stroke Register). Ukupan broj ispitanika iznosio je 4683, a kriteriji istraživanja uključivali su 8 akutnih oštećenja; oštećenje vida, sindrom zanemarivanja, motorički deficit udova, gubitak osjeta, disfagiju, disfaziju, dizartriju te inkontinenciju. Rezultati su utvrdili smanjenje stope

prevalencije u 3 / 8 akutnih oštećenja tijekom 18-godišnjeg razdoblja. Prevalencija motoričkih deficita udova smanjila se sa 77% na 62%, disfagija sa 37% na 15% i urinarna inkontinencija sa 43 % na 29%. Prema stratifikaciji TOAST klasifikacije, prevalencija svih oštećenja pokazala se visokom za aterosklerozu velikih arterija, kardioemboliju i moždani udar neodređene etiologije. Suprotno tome, okluzije malih žila imale su nisku razinu svih oštećenja, osim motoričkih oštećenja udova i dizartrijske (29).

Somatosenzorni deficiti (tjelesna osjetila poput dodira, temperature, boli i propriocepcije) moždanog udara također su česti, a stope prevalencije su, prema rezultatima studija, različite. Prevalencija deficita somatskih osjeta iznosi od 11 do 85% (Carey i sur., 1993., Yekutieli, 2000., Hunter, 2002.) (31).

Kognitivna oštećenja akutnog moždanog udara predstavljaju snažan prediktor dugotrajne funkcionalne ovisnosti i demencije. Nys i sur. (2007) ispitivali su kliničke odrednice i prevalenciju kognitivnih poremećaja akutnog moždanog udara. Metode su uključivale neuropsihološki pregled koji je obuhvaćao 7 kognitivnih domena, a istraživanje se provodilo na 190 pacijenata u trajanju od 3 tjedna nakon moždanog udara. Rezultati istraživanja bili su sljedeći; 74% pacijenata s kortikalnim moždanim udarom, 46% s subkortikalnim moždanim udarom i 43% s infratentorialnim moždanim udarom pokazalo je akutno kognitivno oštećenje. Najčešći poremećaji uključivali su poremećaje u izvršnom funkcioniranju (39%) i vizualnoj percepciji / konstrukciji (38%). Prevalencija i težina deficita u izvršnom funkcioniranju, jeziku, verbalnom pamćenju i apstraktnom zaključivanju bili su izraženiji kod lijevostranog u odnosu na desnostrani kortikalni moždani udar ( $p < 0,05$ ). Također je utvrđeno da su intracerebralno krvarenje i kortikalna zahvaćenost moždanog udara bile neovisne odrednice akutnog kognitivnog oštećenja. Autori su zaključili da su kognitivna oštećenja česta u prvim tjednima nakon moždanog udara, a izvršni i perceptivni poremećaji su najčešći (32).

### *1.7.1. Motorički deficiti*

Primarni deficit moždanog udara je motoričko oštećenje (33).

Prema Međunarodnoj klasifikaciji modela funkcionalnosti, invaliditeta i zdravlja (engl. International Classification of Functioning, Disability and Health model, ICF), oštećenja se mogu definirati kao;

- 1) oštećenja tjelesne funkcije poput značajnog odstupanja ili gubitka neuromuskuloskeletne funkcije i funkcije kretanja koje se odnosi na pokretljivost zglobova, snagu mišića, tonus mišića i / ili nehotične pokrete
- 2) oštećenje tjelesnih struktura, poput značajnog odstupanja u strukturi živčanog sustava ili struktura povezanih s kretanjem, primjerice ruke i / ili šake

Moždani udar može dovesti do obje vrste oštećenja (34).

Pacijenti preživjeli od moždanog udara pate od djelomičnog invaliditeta, poput hemiplegije, što značajno smanjuje pokretljivost i neovisnost u provođenju svakodnevnih životnih aktivnosti (35).

Razvoj invaliditeta ovisi o lokalizaciji i opsegu zahvaćenosti moždanih polutki (lijeva, desna ili obje). Može se manifestirati u različitim stupnjevima (akutni, srednji, teški) i na različitim razinama; gornja (lice, vrat), srednja (trup, gornji udovi) i donja (donji udovi) (36).

#### *1.7.1.1. Neuralna osnova motoričke kontrole*

Dio mozga zadužen za percepciju osjeta i motoričke funkcije je senzomotorički dio mozga. Pokreti koje generira motorički sustav mogu se klasificirati u 3 kategorije;

- a) dobrovoljni pokreti
- b) refleksni odgovori
- c) ritmički motorički uzorci

Kako bi se izveo svrsishodan pokret, motorički sustav mora izvršiti tri zadatka:

- 1) prijenos točne naredbe određene vremenskim redoslijedom (vremenski sekvencirana naredba)
- 2) posturalna prilagodba s obzirom na raspodjelu tjelesne mase
- 3) percepcija detalja o motornom postrojenju

Integracija ove tri funkcije u postiže se kroz dvije organizacijske značajke;

- 1) Kontinuirani protok senzornih informacija: Kontinuirani protok senzornih informacija bitan je za normalno funkcioniranje motoričkog sustava. Motorički sustav koristi senzorne informacije za ispravljanje pogrešaka u kretanju povratnih upravljačkih mehanizama.
- 2) Hijerarhijska organizacija motorne kontrole koja na svakoj razini prima informacije relevantne za tu razinu (37).

Leđna moždina, moždano deblo i kortikalna motorička područja organizirana su hijerarhijski i paralelno. Motorički sustavi integriraju motoričke naredbe putem senzornih informacija kroz distribuciju povratnih informacija, prosljeđivanje informacija i adaptivne mehanizme na tri razine motorne kontrole;

- a) Leđna moždina: predstavlja donju razinu hijerarhije motorne kontrole. Sadrži neuronske sklopove koji posreduju u raznim automatskim i stereotipnim refleksima.
- b) Silazni putovi moždanog debla: predstavljaju srednju razinu hijerarhije. Uključuju 3 neuronska puta (medijalni, lateralni i aminergični) čiji aksoni projiciraju i reguliraju segmentne mreže u leđnoj moždini. Putovi moždanog debla integriraju vizualne i vestibularne informacije zajedno sa somatosenzornim informacijama u svrhu modulacije spinalnih krugova za posturalnu kontrolu
- c) Motorička područja moždane kore: moždana kora čini višu razinu motoričke hijerarhija. Sastoji se od tri područja, (1) primarni motorički korteks (M1), (2) premotorni korteks (PMC), (3) dopunsko motorno područje (SMA). Svako od navedenih područja projicira se izravno ili neizravno kroz moždano deblo do kralježnične moždine. Ta područja igraju presudnu ulogu u dobrovoljnoj kontroli pokreta

Uz tri hijerarhijske razine kontrole, postoje još dvije moždane strukture koje također igraju ulogu u motoričkim funkcijama mozga - mali mozak i bazalni gangliji. Mali mozak poboljšava točnost pokreta uspoređujući silazne motorne naredbe koje rezultiraju pokretom, dok bazalni gangliji primaju podražaje iz svih kortikalnih područja i projiciraju se na područja frontalnog korteksa koji su uključeni u motoričko planiranje (38).



### *1.7.1.2. Motorički deficiti povezni s cerebrovaskularnom lezijom primarnog motornog korteksa*

**Primarni motorni korteks (M1)** primarni je izvor silaznih projekcija s moždane kore na motoneurone u području leđne moždine i jezgre kranijalnih živaca. M1 smješten je u precentralnoj vijugi (Brodmannovo područje 4), a stimulacija neurona izaziva motorički odgovor na kontralateralnoj strani tijela (38).

Piramidalne stanice u sloju V cerebralnog korteksa inerviraju donje motoneurone smještene u kranijalnoj i spinalnoj motornoj jezgri kroz kortikobulbarni i kortikospinalni trakt. Navedene se piramidalne stanice nazivaju gornjim motoneuronima (39).

Njihova raspodjela slijedi jedinstveni topografski obrazac; gornji motoneuroni koji kontroliraju donje motoneurone donjeg ekstremiteta smješteni su medijalno, dok su gornji motoneuroni koji kontroliraju donje motoneurone gornjeg ekstremiteta smješteni lateralno (39).

Gornji i donji motoneuroni zajedno čine silazni motorički put od dva neurona koja su odgovorna za provođenje pokreta. Gornji motoneuron odgovoran je za integriranje svih ekscitacijskih i inhibicijskih signala iz korteksa i njihovo prevođenje u signale koji iniciraju ili inhibiraju dobrovoljno kretanje. Aksoni gornjeg motoneurona nastavljaju se prema dolje od cerebralnog korteksa do corone radiate, stražnjeg uda unutarnje kapsule, cerebralnih peduna, ponsa i medule. U donjem dijelu medule, većina vlakana (približno 90%) se dekadira (presijeca) i nastavi leđnom moždinom na kontralateralnoj strani tijela kao lateralni kortikospinalni trakt. Lateralni kortikospinalni trakt najveći je silazni motorički put i nalazi se u lateralnom funikulusu. Ovaj se trakt sinapsira izravno na donji motoneuron u prednjem rogu leđne moždine. Vlakna piramidalnog trakta koja se nisu dekutirala na meduli sastoje se od prednjeg kortikospinalnog trakta, koji je puno manji od lateralnog kortikospinalnog trakta. Ovaj se trakt nalazi u blizini prednje srednje pukotine i odgovoran je za aksijalno i proksimalno kretanje i kontrolu udova, što se prvenstveno odražava na posturu tijela. Donji motoneuron odgovoran je za prijenos signala od gornjeg motoneurona do efekorskog mišića za izvođenje pokreta (40).

Spinalne motorne jezgre inerviraju skeletne mišiće gornjih i donjih udova, a iste su inervirane gornjim motoneuronima kontralateralne strane. S druge strane, donji motoneuroni kranijalnih živaca inervirani su kortikobulbarnim vlaknima s obje strane (39).

Neki od neurona u sinapsama lateralnog kortikospinalnog trakta izravno su povezani s alfa motoneuronima koji upravljaju distalnim dijelovima ekstremitetima. Ova izravna sinaptička veza gornjeg motoneurona ograničena je na manju podskupinu alfa motoneurona koji inerviraju mišiće podlaktice i šake. Lezije ili oštećenja živčanog sustava rezultiraju dvjema vrstama abnormalnih funkcija, odnosno negativnim (gubitak određenih kapaciteta koje normalno kontrolira sustav) i pozitivnim (abnormalni stereotipni odgovori koji se javljaju nakon lezije) odgovorom. Neki od deficita koji su uzrokovani lezijom gornjeg motoneurona uključuju;

- a) Slabost
- b) Spastičnost, hiperrefleksija, klonus
- c) Babinski refleks
- d) Gubitak fine motorike
- e) Apraksija udova
- f) Motoričko zanemarivanje (38).

Slabost gornjeg motoneurona obilježena je tendencijom utjecaja na mišićne skupine, a ne na pojedine mišiće, kao kod lezija donjeg motoneurona (41).

Gubitak snage i koordinacije u jednom ili više udova karakterističan je simptom moždanog udara. Slabost može zahvatiti jedan dio tijela, poput šake, ali obično uključuje više područja na istoj strani tijela (38).

**Slabost** se definira kao poteškoća u generiranju dobrovoljne mišićne sile koja za cilj ima produkciju učinkovite motorike i izvedbe pokreta. Poremećaji voljnih pokreta u obliku pareza ili paraliza uobičajena su posljedica disfunkcije piramidalnog trakta (42).

Iako riječ paraliza često označava potpuni ili djelomični gubitak mišićne snage, paraliza ili plegija definira se kao potpuni ili ozbiljni gubitak mišićne snage, dok pareza označava djelomični ili lagani gubitak (43).

Hemipareza podrazumijeva jednostranu mišićnu slabost ili djelomičnu paralizu koja zahvaća i gornje i donje udove, a prisutna je u 88% bolesnika s moždanim udarom (36).

Hemiplegija se definira kao potpuna paraliza ograničena na jednu stranu tijela, obično nasuprot mjestu cerebrovaskularne lezije ili druge ozljede mozga (Woodsen, 2008) (44).

Najčešći deficit moždanog udara je hemipareza kontralateralnog gornjeg uda, s više od 80% pacijenata koji ovo stanje doživljavaju akutno i više od 40% pacijenata koji navedeno stanje doživljavaju kronično (Cramer i sur., 1997.) (45).

Visoku stopu prevalencije deficita moždanog udara bilježe i hemiplegijska oštećenja hoda. Disfunkcija hodanja javlja se u više od 80% osoba koje su preživjele moždani udar (Duncan i sur., 2005.). Unatoč kontinuiranom procesu rehabilitacije, 25% svih preživjelih pacijenata ima zaostala oštećenja hoda koja zahtijevaju potpunu fizičku ovisnost prije otpusta iz bolnice (Hendricks i sur., 2002). Hemiplegijska oštećenja hoda nakon moždanog udara odraz su mehaničkih posljedica mišićne slabosti, spastičnosti, abnormalne sinergijske aktivacije i njihovih interakcija (46).

Leziju gornjeg motoneurona karakterizira slabost kontralateralnih donjih mišića lica dok je slabost ekstremiteta najizraženija na distalnoj muskulaturi. Uz to, fini pokreti prstiju najviše su pogođeni zbog gubitka gornjih motoneurona koji izravno inerviraju alfa motoneurone. Također je uočen poseban obrazac slabosti antigravitacijskih mišića (41).

**Spastičnost** se definira kao motorički poremećaj obilježen povećanjem mišićnog tonusa ili toničnim refleksima istezanja koji ovise o brzini i povezani su s hipertonijom (47).

Prema podacima studije Schinwelskog i sur. iz 2019. godine, prevalencija spastičnosti kod pacijenata preživjelih od moždanog udara iznosila je 35% u vremenskom razdoblju od 12 mjeseci nakon moždanog udara (48).

Spastičnost je uzrokovana nedostatkom inhibicijskih utjecaja koje korteks vrši na posturalna središta vestibularnih jezgri i retikularnu formaciju (38).

Uključuje povećani tonus mišića, hiperrefleksiju i klonus (38).

Hiperrefleksija je posljedica gubitka inhibitorne aktivnosti silaznih motoričkih putova koja rezultira dezinhibicijom kralježničkih refleksnih krugova. To zauzvrat dovodi do pretjeranih dubokih tetivnih refleksa, poput trzajnog refleksa koljena. Hiperrefleksivni znakovi mogu imati oblik ritmičkih nehotičnih kontrakcija poznatih kao klonus (41).

Klonus nastaje kao odgovor na mišićno istezanje (38).

**Babinski refleks** jedan je od najpouzdanijih znakova oštećenja gornjeg motoneurona, a nastaje kao posljedica oštećenja silaznih motoričkih putova koji dovode do gubitka modulacije kralježničkih refleksa (41).

Prema podacima nedavnih studija, incidencija Babinskog refleksa u akutnom ishemijskom moždanom udaru iznosi 32,8% (Qu i sur., 2020) (49).

Ovaj znak karakterizira dorzifleksija palca i regrutacija mišića ekstenzora halucis longusa na podražaj tabana (50).

Babinski refleks općenito je prisutan znak u novorođenčadi i gubi se sazrijevanjem silaznih motoričkih putova. Stoga, ponovno pojavljivanje refleksa snažno ukazuje na oštećenje piramidalnog trakta (41).

**Apraksija** je rezultat neurološkog poremećaja i definira kao nemogućnost izvođenja naučenih motoričkih radnji usprkos odsustvu oštećenja senzomotoričkog sustava u pogledu koordinacije, razumijevanja i suradnje. Točnije, podrazumijeva bilo koji poremećaj motoričke sposobnosti stečen u odsustvu motoričkih oštećenja, poput slabosti, akinezije, abnormalnog tonusa ili posture tijela te poremećaja kretanja. Studije izvještavaju da stope prevalencije nakon lezija u lijevom parijetalnom i premotornom kortikalnom području variraju od 10% do 50% za tradicionalnu kliničku klasifikaciju deficita apraksije udova; ideomotorni (IMA) i ideacijski (IA) (Cantagallo i sur, 2012, Donkervoort i sur., 2001, Donkervoort i sur., 2006). Također su zabilježeni pacijenti s desnostranim oštećenjem mozga i IMA, sa stopom prevalencije od 20% do 54% (De Renzi i sur, 1980, Kaya i sur., 2006). Apraksija udova predstavlja podvrstu apraksije uzrokovana stečenom bolešću ili ozljedom mozga, a uključuje širok spektar viših motoričkih poremećaja koji utječu na izvedbu preciznih naučenih pokreta gornjih udova (51).

**Motoričko zanemarivanje** nastaje kao posljedica oštećenja mozga i odnosi se na nedovoljnu iskorištenost zahvaćenog uda unatoč normalnoj snazi mišića, refleksima i osjetima. Postoje različita izvješća o učestalosti motoričkog zanemarivanja. Siekierka-Kleiser i sur. (2006), izvijestili su o incidenciji od 33% u populaciji s akutnim moždanim udarom, pri čemu je 74% uzorka motoričkog zanemarivanja uključivalo lezije desne hemisfere, dok su Buxbaum i sur. (2004) izvjestili o incidenciji od 12% u akutnoj i 8% u kroničnoj populaciji preživjelih od moždanog udara (svi pacijenti u studiji Buxbaum imali su lezije desne hemisfere). Pacijenti sa sindromom motoričkog zanemarivanja obično nedovoljno koriste ud na kontralezijskoj strani, imaju mali ili nikakav udio sudjelovanja ekstremiteta u bimanualnim zadacima (npr. pljeskanje, otvaranje boce) i automatskoj gestikulaciji. Za razliku od bolesnika s hemiplegijom, pacijenti s motoričkim zanemarivanjem nemaju parezu niti povećan tonus mišića, nemaju znakove piramidnog oštećenja ili promjene u osjetu (52).

M1 se obično smatra sofisticiranim mišićnim aparatom koji se odražava na izravno djelovanje mišića. Neuronu u M1 primaju proprioceptivne i taktilne podražaje kroz kortikokortikalna vlakna i somatosenzorni korteks te direktnim putevima iz talamusa. Funkcija neurona odnosi se na kodiranje količine i promjene smjera sile koju vrši ekstremitet. Opći motorni deficiti povezani s lezijama primarnog motornog korteksa uključuju;

- a) Slabost
- b) Gubitak preciznosti pokreta
- c) Gubitak distalne funkcije naspram proksimalne (gornji i donji ekstremitet)
- d) Veća zahvaćenost gornjeg uda naspram donjeg
- e) Hipersenzibilnost refleksa istezanja i dubokih refleksa
- f) Babinski refleks (38)

#### *1.7.1.3. Motorički deficiti povezani s cerebrovaskularnom lezijom premotornog područja*

**Premotorno područje (PMC)** je složena mreža međusobno povezanih područja frontalnog režnja koja pridonose motoričkim funkcijama i smješteni su rostralno (naprijed) od M1. Sastoji se od dva osnovna područja:

- 1) dopunsko motorno područje (vrhunski medijalni aspekt hemisfere)
- 2) premotorni korteks (lateralna površina hemisfere)

Navedena područja premotoričkog korteksa primaju opsežne multisenzorne podražaje iz regija inferiornog i superiornog područja parijetalnih režnjeva, kao i složene signale povezane s motivacijom i namjerom. Neuronu iz PMC područja imaju neizravne uzajamne projekcije na M1 te izravne veze s moždanim deblom i leđnom moždinom kroz aksone kortikospinalnog i kortikobulbarnog trakta. PMC doprinosi oko 30% aksona u kortikospinalnom traktu. Funkcija premotornog korteksa je priprema motoričkog sustava za generiranje pokreta. Posebno je aktivan kada pokret nastaje kao odgovor na vizualni podražaj. Aktivan je tijekom bilateralnih pokreta i može imati određenu ulogu u koordinaciji bilateralnih sekvencijalnih kretanja (38).

**Dopunsko motorno područje (SMA)** nalazi se u medijalnom superiornom aspektu hemisfere. SMA usmjereno je na programiranje motornih sekvenci. Stimulacija SMA generira složene obrasce pokreta poput orijentacije tijela ili otvaranja / zatvaranja šake. Mnogi generirani pokreti su bilateralni. SMA je aktivan prilikom performansi složenih sekvencijalnih

i složenih ne-sekvencijalnih pokreta, posebno kada postoji element izbora u pokretu koji se izvodi. SMA također igra važnu ulogu u koordinaciji posture i dobrovoljne kontrole pokreta

Općeniti motorički deficiti povezani s lezijama premotornog područja uključuju;

- a) Pareza proksimalnih funkcija
- b) Oštećenje sposobnosti razvijanja odgovarajuće strategije kretanja
- c) Oštećenje sposobnosti korištenja kontekstualnih znakova za odabir pokreta
- d) Ekstermno-kinetička apraksija
- e) Nemogućnost orijentacije šake i prstiju tijekom finih motoričkih zadataka (38)

**Ekstermno-kinetička apraksija** definira se kao poremećaj izvođenja pokreta koji nastaje ozljedom dopunskog motornog područja (53).

Pacijente s navedenom vrstom apraksije obilježava gubitak preciznosti, spretnosti i vještina prilikom izvođenja pokreta gornjih udova (54).

### 1.7.2. Slabost donjeg uda

Mišićna slabost vidljiv je simptom i pojavljuje se kao jedan od glavnih čimbenika koji usporava oporavak normalnih tjelesnih sposobnosti među pacijentima. Pojavljuje se u nekoliko oblika, a najznačajniji uključuje parezu tijela s kontralateralne strane cerebrovaskularne lezije, iako je također primijećena i korelacija između deficita snage na ipsilesionalnoj strani i brzine hodanja (55).

1994. godine, Schneider i sur. proučavali su slabost donjeg uda povezanu s cerebrovaskularnim lezijama moždanog udara uz procjenu uzroka i obrazaca mišićne slabosti. Istraživanje se provodilo na 1575 pacijenata s akutnim moždanim udarom, pri čemu je slabost u nozi utvrđena kod 63 (4%) pacijenata. Cerebralne lezije bile su lokalizirane na području prednje cerebralne arterije (n = 12); srednje cerebralne arterije (n = 9) ili oba područja (n = 2 slučaja); unutarnje kapsule (n = 18), od kojih je šest slučajeva imalo lezije u ponto-pedunkularnom ili pontinskom području; drugim regijama moždanog debla (n = 10) i talamusu (n = 2). Četiri slučaja nisu bila precizno klasificirana. Lezije ograničene na stražnji dio medijalnog dijela precentralne vijuge uzrokovale su kontralateralnu, pretežno distalnu slabost nogu. Slabost je klasificirana kao ozbiljna i evaluirana s malim poboljšanjem. Lezije koje su zahvatile medijalni dio premotorne kore, dopunsko motorno područje i stražnji dio medijalnog dijela precentralne vijuge uzrokovale su kontralateralnu, tešku hemiplegiju

dominantne noge i distalno dominantnu, manje ozbiljnu proksimalnu slabost ruke. Evaluirano je da je oporavak bio mnogo bolji za ruku nego za nogu. Lezije lokalizirane na medijalnom dijelu premotornog korteksa i dopunskom motornom području uz poštedu precentralnog girusa, uzrokovale su kontralateralnu hemiparezu koja dominantno prevladava na nozi i sekundarno na ruci, odnosno proksimalno i na nozi i na ruci. Oporavak je ocijenjen kao dobar za noge i za ruke. S obzirom na vrstu, zabilježeno je je 22 infarkta koja su nastala zbog okluzije prednje ili srednje cerebralne arterije, jedan zbog okluzije sagitalnog sinusa, 18 lakunarnih i pet hemorgijskih infarkta. Lezije u području unutarnje kapsule i moždanog debla rezultirale su proporcionalnom slabošću noge. Lezije u moždanom deblu uzrokovale su uglavnom proporcionalnu slabost nogu. Također su zabilježena dva slučaja proksimalne slabosti ekstremiteta (jedan u nozi i jedan u ruci) koja su se manifestirala kao posljedica lezije ponsa (56).

### 1.8. Utjecaj moždanog udara na balans

Struktura i funkcija skeletnih mišića omogućuju širok spektar aktivnosti; od rapidne proizvodnje sila i pokreta do dugotrajnog održavanja orijentacije segmenta tijela u odnosu na gravitaciju. Uz to, zadatak-specifična aktivacija (engl. Task-specific activation) funkcionalno različitih vrsta mišićnih vlakana koja čine određeni mišić može postići bogat repertoar mišićnih kontrakcija i energije produkcije sile (57).

Ravnoteža se definira kao sposobnost kontrole centra mase tijela u odnosu na bazu oslonca (Shumway-Cook & Woollacott, 2007). Dijeli na statičku i dinamičku. Statička ravnoteža definira se kao vještina održavanja baze oslonca uz minimalno posturalno njihanje, dok dinamička ravnoteža podrazumijeva vještinu izvršavanja određene kretnje uz održavanje stabilnog položaja ili održavanje na nestabilnoj površini (Bressel, Yonker, Kras i Heath, 2007; Hrysomallis, 2011) (58).

Kontrola ravnoteže opisuje se kao senzomotorička vještina koja zahtijeva prostorne i vremenske integracije senzornog inputa za planiranje i izvršavanje obrazaca kretanja neophodnih za kontrolu težišta tijela unutar baze oslonca te predstavlja dio segmenta u sustavu posturalne kontrole (59).

Posturalna kontrola definira se kao održavanje, postizanje ili uspostavljanje ravnoteže tijekom bilo kojeg držanja tijela ili aktivnosti. Uvjetovana je namjenskim neuronskim krugovima na spinalnoj i supraspinalnoj razini. Centri za motoričku kontrolu primaju informacije iz

vizualnih, vestibularnih i somatosenzornih sustava. Zauzvrat, oni kontroliraju mišiće odgovorne za posturalni odgovor. U osnovi, zadaća posturalne kontrole je zadržati centar mase tijela u osnovi baze oslonca. Čak i prilikom uspravnog stajanja prisutna su mala posturalna njihanja koja odražavaju stalnu aktivnost posturalne kontrole (60).

Posturalna kontrola podrazumijeva distribuciju tonusa mišićne aktivnosti ("držanje tijela"), dok kontrola ravnoteže podrazumijeva kompenzacijski odgovor na unutarnje ili vanjske poremećaje (perturbacije) (57).

Kada su perturbacije (poremećaji u ravnoteži) minimalne, plantarni fleksori / dorzalni fleksori gležnja i inverteri / evertori su glavne mišićne skupine odgovorne za posturalni odgovor. U slučaju jačih perturbacija, primarna regulacija kontrolira se u razini kukova (60).

U populaciji pacijenata preživjelih od moždanog udara, kontrola ravnoteže predstavlja izazov s obzirom na posljedičnu manifestaciju hemipareze. Više od 50% preživjelih osoba doživi pad unutar jedne godine nakon moždanog udara (npr. Ashburn i sur., 2008) (61).

Oštećena posturalna kontrola primarni je senzomotorički deficit moždanog udara koji utječe na razinu neovisnosti u ASŽ i hodu kod osoba koje su preboljele moždani udar (4).

### 1.8.1. Funkcionalne komponente balansa i posturalne kontrole

Kontrolu ravnoteže, posture i kretanja osiguravaju sustavi kaudalnog i rostralnog područja neuraksije (62).

Neuraksija podrazumijeva izraz koji se odnosi na cjelokupni živčani sustav, od perifernih receptora i leđne moždine sve do subkortikalnih struktura i korteksa mozga (63).

Ti su sustavi organizirani kako bi ispunili pet primarnih ciljeva;

- 1) Održavanje okomite potpore koja se opire sili gravitacije
- 2) Održavanje ravnoteže kroz održavanje centar mase tijela unutar baze oslonca
- 3) Osiguravanje posturalne stabilnosti prikladne za zadatak
- 4) Kontrola putanje stopala s ciljem osiguravanja sigurnog razmaka od tla
- 5) Umanjivanje prijenosa akceleracije prema glavi u svrhu stabilizacije vizualnog i vestibularnog aparata (Winter, 1989, 1993; Rothwell, 1994)

Navedeni ciljevi nastaju kao odgovor na neočekivano pomicanje segmenata tijela (reaktivna posturalna kontrola), promjene u posturi i ravnoteži povezanih s voljnim radnjama ili



očekivane poremećaje ravnoteže (anticipativna posturalna kontrola). Generalizirani model anticipativne i reaktivne kontrole ravnoteže, potpore i posture tijela naglašava da motoričke naredbe koje djeluju na mišićno-koštani sustav moraju biti povezane s naredbama za lokomotorne i posturalne kontrolne centre. Senzorna povratna sprema iz samostalno-generiranog ili nametnutog kretanja može modulirati središnje motoričke, lokomotorne i posturalne naredbe na temelju razlike između senzornog i željenog ishoda kretanja. Temeljne komponente živčanog sustava koje ostvaruju ove ciljeve uključuju ulazne informacije (engl. *input*) senzornih sustava (vizualni, vestibularni i somatosenzorni sustav) koji pružaju povratnu informaciju o položaju i kretanju objekata u vanjskom okruženju, orijentaciji, kretanju glave i tijela u prostoru, relativnom položaju i kretanju segmenata tijela. Centri koji provode navedene informacije dijele se na supraspinalne centre višeg reda koji su zaduženi za planiranje, iniciranje i izvršavanje pokreta na temelju ciljeva, nagrade i multisenzornog unosa, te na subkortikalne centre nižeg reda (jezgre moždanog debla i leđna moždina) koji su zaduženi za integraciju motoričkih naredbi putem multisenzorne povratne sprege kako bi voljne i automatske radnje bile usklađene s odgovarajućim prilagodbama položaja. Povratne senzorne informacije iz vizualnog, vestibularnog i somatosenzornog sustava pružaju informacije koje se koriste za uspostavu unutarnje sheme orijentacije i kretanja tijela te njegovog odnosa prema vanjskom okruženju. Svaki senzorni modalitet daje funkcionalno specifične informacije koje doprinose unutarnjoj shemi. Ipak, temeljna značajka senzorne posturalne i kretanja je ta da svaki senzorni modalitet ne funkcionira neovisno. Umjesto toga, postoji opsežna konvergencija i integracija multisenzornog unosa, na više razina neuraksije, na regije koje primaju motorne naredbe i projiciraju se na motorne i premotorne neurone u leđnoj moždini (Bronstein, 2016). Ova konvergencija omogućuje živčanom sustavu da modulira izlazne informacije (engl. *output*) ovisno o pouzdanosti i istaknutosti svakog inputa sukladno ciljevima predviđenog pokreta. Također omogućuje sposobnost prilagođavanja i kompenzacije korupcije ili gubitka inputa iz jednog modaliteta (62).

#### *1.8.1.1. Proprioceptivni i ekstroceptivni receptori*

Informacije o fizičkoj okolini, orijentaciji i brzini kretanja tjelesnih segmenata proizlaze iz proprioceptivnih i kožnih receptora koji uključuju; mišićna vretena, Golgijeve tetivne organe, receptore u zglobovima i kožne receptore. Pojam proprioceptija odnosi se na nesvjesnu obradu osjetilnih informacija koje se odnose na položaj tijela ili udova te kretanje u prostoru koje potječe od receptora u mišićima, tetivama i zglobnim kapsulama (Konczak i sur., 2009). Kinestezija je izraz koji se koristi za opisivanje svijesti o položaju tijela ili udova u prostoru.

Disfunkcija ili gubitak propriocepcije može značajno ugroziti kontrolu kretanja i regulaciju ravnoteže i posture te zahtijeva kompenzacijsku regulaciju drugih osjetljivih sustava (vid, vestibularni osjet) (62).

**Mišićna vretena** nalaze se u skeletnim mišićima i pružaju informacije o duljini i brzini istezanja mišića. Ove povratne informacije moduliraju mišićnu aktivnost i daju informacije o relativnom položaju i kretanju zgloba. Brzo provodljiva aferentna povratna informacija s mišićnih vretena igra ključnu ulogu u reaktivnoj posturalnoj kontroli (npr. refleksi istezanja) kroz regulaciju ukočenosti zgloba i pružanje kinestetičkog osjeta. Također ima snažan utjecaj na fazu i uzorak kretanja (62).

**Golgijevi tetivni organi** su mehanoreceptori koji pružaju informacije o razini vlačnog opterećenja na tetivu. Iz tog razloga, Golgijevi tetivni organi, posebice oni u ekstenzorima donjih ekstremiteta, kritični su za osjet sila koje se odupiru nametnutim opterećenjima ili sili gravitacije kao i za regulaciju aktivnosti ekstenzora potrebnu za održavanje vertikalne potpore i stabilne posture. Ovi receptori nalaze se između mišićnih vlakana i kolagenih niti koje sačinjavaju tetivu (62).

**Zglobni receptori** nalaze se u sinovijalnim zglobovima i pružaju informacije o osjetu položaja zgloba. Navedeni receptori uključuju; Golgijeve završetke (tip III) koji se nalaze u zglobnim ligamentima, Ruffinijeve završetke (tip I), paciniformna tjelešca (tip II) smještena u zglobnoj čahuri te slobodne živčane završetke (tip IV) koja inerviraju vezivno tkivo (Rothwell, 1994) (62).

**Kožni receptori stopala** pružaju povratnu informaciju o raspodjeli pritiska ispod stopala (baza oslonca), smjeru, razini i brzini nosivosti (tlak) te o usklađenosti i geometriji površine. Postoje četiri receptorske strukture kože koje pružaju navedene podatke; Merkelovi diskovi, Meissnerova tjelešca, Pacinijeva tjelešca i Ruffinijevi završeci (62).

### 1.8.1.2. Vestibularni sustav

Vestibularni sustav omogućuje brzu percepciju linearne i kutne promjene pri pokretima i orijentaciji glave. Primarne funkcije ovog sustava su;

- 1) Stabilizacija pogleda pri pokretima glave u odnosu na tijelo
- 2) Stabilizacija pokreta glave (doprinosi stabilizaciji vizualne slike na mrežnici)
- 3) Osjećaj samokretanja
- 4) Aktivacija i modulacija posturalnih refleksa koji pridonose održavanju vertikalne potpore i kontrole ravnoteže

Ove se funkcije ostvaruju kroz brze refleksne putove koji kontroliraju pokrete vrata i očiju (vestibulookularni i vestibulokolični refleksi) te kroz dulje odgovore na latenciju putem outputa na vestibularne jezgre i retikularne formacije koje kontroliraju posturalne reflekse i vertikalnu potporu. Osjetni organi vestibularnog sustava nalaze se obostrano unutar vestibularnog dijela unutarnjeg uha. Svaki se vestibularni aparat sastoji od tri međusobno ortogonalna polukružna kanala (prednji vertikalni, stražnji okomiti i horizontalni ili lateralni kanali) i dva otolitna organa (utrakula i vrećice), koji su međusobno okomito orijentirani. Polukružni kanali osjetno percipiraju kutno kretanje glave, dok otolitni organi percipiraju linearno ubrzanje (gravitacija i translacijsko kretanje). Osjet kretanja u polukružnim kanalima kodiran je stanicama dlake koje se nalaze unutar zadebljale zone epitela blizu krajeva kanala. Stanice dlake protežu se u želatinoznu dijafragmu, zvanu kupula. Kutno ubrzanje glave (rotacija, fleksija, ekstenzija) generira kretanje endolimfatične tekućine sadržane u kanalima, pomiče kupulu, deformira stanice dlake i uzrokuje pražnjenje osjetnih završetaka. Otolitni organi imaju sličan sustav za osjet kretanja, ali imaju strukturu koja je specijalizirana za kodiranje linearnog kretanja, osobito za osjet dinamičkih odgovora koji su u fazi s linearnim ubrzanjima, uključujući gravitaciju. Kad je glava uspravna, ušica je orijentirana gotovo okomito na gravitacijsku liniju, stoga stanice dlake reagiraju kada je glava nagnuta u odnosu na gravitaciju ili tijekom linearnih ubrzanja. Nasuprot tome, vrećica je orijentirana okomito, tako da se stanice dlake preferirano aktiviraju tijekom okomitih ubrzanja glave (62).

### 1.8.1.3. Vidni sustav

Vizualni sustav i putevi prenose informacije o kontrastu objekta, svjetlini, veličini, udaljenosti do oka (percepcija dubine) i prostornoj frekvenciji (razina detalja prisutna u podražaju po stupnju vidnog kuta) (Bronstein i Guerraz, 1999). Vizualni sustav koristi te informacije kako bi obavijestio živčani sustav o statičkim i dinamičkim značajkama okruženja te o orijentaciji i kretanju tijela u odnosu na te značajke. Ove se informacije koriste za iniciranje reakcija na nagle promjene u vidnom polju te za planiranje i izvršavanje anticipativnih radnji i srodnih posturalnih prilagodbi. Posturalni odgovori na elemente u vidnom polju pretežno su posredovani ulazima iz retine u primarni vidni korteks (V1, kalkarinski sulcus, područje 17) putem vidnog živca, optičkog hijazma, optičkog trakta i lateralne genikulatne jezgre. Output iz primarnog vidnog korteksa projektira se na dva funkcionalno specijalizirana vizualna puta posvećena izdvajanju vizualnih atributa iz vidnog polja: dorzalni (V1 do stražnjeg parijetalnog korteksa) i ventralni (V1 do inferotemporalnog korteksa) (Ungerleider i Mishkin, 1982; Goodale i Milner, 1992). Ventralni tok služi prepoznavanju i razlikovanju oblika i objekata. Ove se informacije koriste za stvaranje vizualne „baze znanja“ (Goodale, 1996) koja se može koristiti za planiranje budućih radnji. Sukladno tome, ventralni tok doprinosi anticipativnim radnjama kroz veze iz inferotemporalnog korteksa, u prefrontalne regije frontalnog korteksa, u premotorni i primarni motorni korteks. Dorzalni tok doprinosi kontroli djelovanja u stvarnom vremenu kroz pretvorbu informacija o prostornom položaju, obliku, orijentaciji i kretanju objekata u koordinatne okvire efektora (udova) koji se koriste za izvedbu radnje (Goodale, 1996). Vizualne informacije teku kroz dorzalni tok iz područja V1 u ekstrastrijijska područja V6, MT/V5, a zatim u gornja i donja područja stražnjeg parijetalnog korteksa. Vizualna obrada kroz gornji parijetalni korteks (područja V6A, PEc, MIP, LIP) specijalizirana je za prepoznavanje gibanja i samokretanja objekta te se smatra da ima važnu ulogu u otkrivanju pogrešaka i brzom korekciji putanja udova kao što je izbjegavanje prepreka (Marigold i Drew, 2011; Drew i Marigold, 2015; Potocanac i Duysens, 2017). Motorne radnje posredovane gornjim parijetalnim putem posreduju se putem do dorzalnog premotornog korteksa, zatim primarnog motornog korteksa, pri čemu se naredbe silaznog puta šalju spinalnim motoneuronima preko kortikospinalnog trakta. Nasuprot tome, vizualni input u donji parijetalni korteks (područja AIP, PFG, PF) kodira prostorno mjesto nepomičnih i pokretnih objekata i projicira se na ventralni premotorni korteks te može imati prednost u akviziciji cilja (npr. hvatanje objekta u svrhu uspostavljanja ravnoteže) (62).

### 1.8.2. Osnovni koncepti i abnormalnosti balansa kod pacijenata s moždanim udarom

Poteškoće u određivanju pojedinačnih uzroka oštećenja ravnoteže i invalidnosti povezane su s različitim mehanizmima. Smanjena mišićna snaga i opseg pokreta, abnormalni mišićni tonus, motorička koordinacija, senzorna organizacija, spoznaja i multisenzorna integracija potencijalno doprinose poremećajima ravnoteže na različitim razinama (64).

Pacijenti s hemiparezom donjeg uda prilikom mirnog stajanja u frontalnoj i sagitalnoj ravnini pokazuju obrasce ozbiljne posturalne nestabilnosti i asimetrije (65).

Posturalna kontrola ispituje se procjenom točke pritiska (engl. center of pressure, CP) kroz mjerenje položaja tijela i količine posturalnog njihanja. Nakon moždanog udara, površina baze oslonca se smanjuje. Uz smanjenje baze oslonca, mirno stajanje kod pacijenta s hemiparezom / hemiplegijom također karakterizira asimetrija prijenosa težine ili WBA (engl. Weight-bearing asymmetry), odnosno pomak srednjeg položaja CP-a prema neoštećenoj strani i pojačano njihanje tijela. WBA javlja se učestalo i prevladava kod pacijenata s lezijom desne hemisfere. S obzirom na jednostrano oštećenje donjih ekstremiteta, mogući je pomak CP prema neoštećenoj strani tijela tijekom stajanja kako bi se minimizirala nestabilnost. Stupanj WBA također je vrlo povezan s pojedinim varijablama hoda poput brzine hoda, kadence i trajanja faze oslonca. Amplituda njihanja tijela također se povećava, osobito u frontalnoj ravnini. Zabilježena je negativna povezanost s brzinom hoda i rizikom od pada (Sackley, 1991) (66).

S obzirom na hod, karakteristični su asimetrični obrasci lateralnih kretnji i veće ekscurzije pokreta zdjelice kroz prekomjerno izmicanje točke težišta. Ubrzanja prilikom hoda asimetrična su, a najveće vrijednosti zabilježene su kada je težina tijela na paretičnoj strani. To ukazuje na poteškoće u kontroli lateralnih kretnji trupa, što predstavlja bitnu komponentu održavanje ravnoteže u lokomotornim aktivnostima (65).

#### 1.8.2.1. *Senzorni modaliteti i integracija*

Kao što je već prethodno spomenuto, posturalna kontrola ovisi o tri senzorna modaliteta; somatosenzornim, vizualnim i vestibularnim aferentnim putovima. Integracija informacija iz ovih sustava od presudne je važnosti za odgovarajuću posturalnu kontrolu. Senzorne informacije reguliraju se dinamički i prilagođavaju se promjenama uvjeta okoline. Unatoč dostupnosti većeg broja izvora senzornih informacija, u danoj situaciji, središnji živčani sustav (SŽS) trenutno prioritizira sustav potreban za kontrolu ravnoteže u ortostatskom

položaju. Osobe s invaliditetom koriste somatosenzorne podatke iz stopala koja su u dodiru s površinom prilikom stajanja sa čvrstom bazom oslonca. U ovim uvjetima, somatosenzorni aferenti čine i do 70% informacija potrebnih za posturalnu kontrolu, vestibularni 20%, a vizualni 10%. Vizualni i vestibularni inputi relevantniji su izvori informacije kada su propioceptivne informacije nepouzdana (primjerice prilikom njihanja). Sposobnost izbora i oslanjanja na senzorni input prikladan za određeno stanje naziva se senzorno ponderiranje. Primjerice, kada osoba stoji na nestabilnoj površini, SŽS povećava senzorno ponderiranje vestibularnih i vizualnih informacija i smanjuje ovisnost o površinskim somatosenzornim inputima za posturalnu orijentaciju. S druge strane, prilikom kretanja u mraku, kontrola ravnoteže ovisi o somatosenzornim i vestibularnim povratnim informacijama. Senzorno ponderiranje također je važno u situacijama senzornih sukoba koje se često javljaju prilikom svakodnevnih aktivnosti; na primjer, kada osoba stoji pored autobusa koji je u pokretu, vizualni sustav daje informacije o relativnom kretanju osobe u odnosu na objekt, koji je u sukobu s informacijama iz somatosenzornog i vestibularnog sustava. U ovom slučaju, SŽS mora odbiti informacije vizualnog sustava i koristiti vestibularne i somatosenzorne inpute. Sposobnost analize, usporedbe i odabira odgovarajuće senzorne informacije za prevenciju padova mogu biti oštećeni u hemiparetičnih bolesnika s moždanim udarom. Također je zabilježena pozitivna korelacija između poremećaja u ravnoteži i smanjene propiocepcije gležnja. Nenormalne interakcije između navedenih senzornih modaliteta uključenih u održavanje ravnoteže mogu biti izvor abnormalnih posturalnih reakcija. U situacijama senzornog sukoba, osoba koja je preboljela moždani udar može ovisiti o prioritizaciji neprikladnog senzornog sustava. Laboratorijska mjerenja senzorne organizacije pokazala su da bolesnici s kroničnim moždanim udarom imaju lošije performanse u uvjetima promijenjenih somatosenzornih informacija i vizualne deprivacije ili netočnog vizualnog inputa, a pretjerano oslanjanje na vizualni input može biti naučeni kompenzacijski odgovor koji se javlja tijekom vremena (Bonan i sur., 2004). Primarno oslanjanje na jedan sustav može rezultirati neprikladnom prilagodbom, a time i poremećajem ravnoteže. Nadalje, senzorna integracija i ponderiranje također može biti oslabljeno u bolesnika s moždanim udarom, naglašavajući oslanjanje na vizualni input uključujući i slučajevne pogrešnih informacija (64).

### *1.8.2.2. Biomehanička ograničenja*

Posturalna stabilnost može se interpretirati kao sposobnost održavanja točke težišta (engl. center of gravity, CG), u granicama baze oslonca (engl. base of support, BS). Ograničenja nisu fiksna, već se prilagođavaju zadacima, pokretima, individualnoj biomehanici i aspektima okoliša. Odnosno, poremećaji u opsegu pokreta, mišićnoj kontroli, tonusu i mišićnoj snazi posljedično utječu na posturalnu kontrolu. SŽS sadrži tzv. „unutarnji prikaz“ granica stabilnosti čija je svrha održavanje ravnoteže i određivanje načina kretanja. Najvažnije biomehaničko ograničenje ravnoteže podrazumijeva kvalitetu i veličinu BS-a. Hemiparetične pacijente karakterizira slabost i oslabljena mišićna kontrola zahvaćenog donjeg ekstremiteta, smanjeni opseg pokreta i bol. Promjene povezane sa hemiparetičnim donjim udom mogu rezultirati promjenama u BS-u. Anteroposteriorna neravnoteža mišića u skočnom zglobu paretične noge može rezultirati pomakom točke pritiska CP-a prema naprijed. Također postoji pozitivna korelacija između smanjenja snage donjih ekstremiteta i poremećaja u ravnoteži, a loša kontrola trupa negativno utječe na ukupan balans (64).

### *1.8.2.3. Strategije kretanja*

Studije provedene osamdesetih godina prošlog stoljeća pokazale su da ljudsko tijelo ima razvijen mehanizam tzv. „posturalnih strategija“ koje općenito predstavljaju senzomotorički zaštitni mehanizam posturalne kontrole (64).

Posturalne strategije specifični su obrasci mišićne aktivacije, zglobnog momenta, rotacije zgloba i / ili kretanja udova koji su izazvani poremećajem ravnoteže. Ove reakcije sprječavaju pad i djeluju na ponovno uspostavljanje optimalne posturalne ravnoteže. Potaknuti višestrukim senzornim inputima, oni uključuju polisinaptičke spinalne i supraspinalne neuralne putove i vrlo su prilagodljivi funkcionalnim zahtjevima. Odabir strategije i modulacija kretanja ovise o: (1) karakteristikama perturbacije (vrijeme, smjer, veličina, predvidljivost), (2) "središnjem sklopu" pojedinca (utjecaj, uzbuđenje, pozornost, očekivanja, prethodno iskustvo), (3) trenutnoj aktivnosti (kognitivna ili motorna) i (4) ograničenjima okoliša (sila reakcije i kretanje udova) (67).

Strategije obuhvaćaju zglobove gležnja i kuka te strategiju koraka. U strategiji gležnja, aktivacija mišića javlja se u smjeru od distalno prema proksimalno, a središte mase (engl. center of mass, CM) se obrtnim momentom pomiče u gležanj (64).

Središte mase tijela predstavlja točku u tijelu ili sustavu tijela u kojoj se ukupna masa tijela može smatrati koncentriranom (68).

U strategiji kuka, aktivacija mišića odvija se u trupu i kuku, istovremeno dajući obrtne momente u gležnju, koljenu i kuku (64).

Obrtni moment definira se kao mjera sile koja uzrokuje rotaciju objekta oko njegove osi s ciljem postizanja kutnog ubrzanja, a zglobni moment podrazumijeva zbroj pasivnih i aktivnih obrtnih momenata zgloba (69).

U strategiji koraka, aktivacija mišića započinje s kontrakcijom mišića abduktora kuka i mišićnom ko-kontrakcijom u skočnom zglobu, što dovodi do asimetričnog otpuštanja težine u donjim udovima kako bi se baza oslonca mogla pomaknuti sukladno središtu mase tijela. Postoji nekoliko razlika između strategije koraka i preostale dvije strategije kretanja; strategija gležnja učinkovitija je pri održavanju trupa u okomitom položaju tijekom manjih perturbacija prilikom stajanja, dok je strategija kuka adekvatna za brže i veće ekurzije pomicanja CM-a. Ova strategija zahtijeva odgovarajuće vestibularne informacije dok strategija gležnja više ovisi o točnim somatosenzornim informacijama. Strategija gležnja ne može se pravilno regulirati ukoliko se površina BS smanji (primjerice na uskoj površini) ili kada postoji slabost mišića gležnja. Promjena u držanju praćene su harmoničnim prijelazima iz strategije gležnja u strategiju kuka dok strategija koraka predstavlja potpuno neovisnu strategiju. Odnosno, strategija koraka BS prilagođava kretanju CM –a, a ostale strategije teže održavaju CM unutar BS-a. Kontrola ravnoteže može biti reaktivna (kao odgovor na vanjske sile koje istiskuju CM) ili anticipativna (dobrovoljna ili u automatskom iščekivanju interno-generiranih sila tijekom hoda ili izvođenja pokreta, kao npr. podizanje ruke), a ovisi o sposobnostima SŽS da predvidi i percipira nestabilnost te primjeni odgovarajuće obrasce mišićne aktivacije. Odgode u posturalnim odgovorima mogu biti uzrokovane usporenim povećavanjem mišićne aktivnosti ili promjenama u prostorno-vremenskoj koordinaciji sinergija. Pacijenti s moždanim udarom koriste kompenzacijske strategije, uključujući pridržavanje za predmete ili zidove te češće koriste strategiju koraka naspram posturalne kontrole. Kako bi održali adekvatnu bazu oslonca, osobe koje su preboljele moždani udar najčešće koriste strategiju kuka i strategiju gležnja. Navedene strategije nisu se pokazale dovoljno učinkovitim za održavanje stabilnosti, na što ukazuje i visoka učestalost padova u bolesnika s moždanim udarom (Lamb i sur., 2003; Harris i sur., 2005; Belgen i sur., 2006). Iako hemiparetični pacijenti mogu posjedovati određene aspekte anticipativne kontrole u ortostatskom položaju, njihova izvedba često je lošija u usporedbi s zdravim osobama približne dobi. Generiranje propulzivnih sila za iniciranje pomaka CM-a ili prekid istih kako bi CM ostao unutar granica BS-a predstavlja problem za pacijente s hemiparezom (64).



#### *1.8.2.4. Percepcija vertikalnosti*

Percepcija vertikalnosti temelji se na integrativnom graviceptivnom ulazu iz okomitih polukružnih kanala i otolitnih organa. Ovaj ulaz posreduje bilateralnim središnjim krugom koji povezuje vestibularne jezgre s integracijskim centrima za vertikalnu i torzijsku koordinaciju oka i glave smještenu u rostralnom srednjem mozgu tegmentuma i talamusa. Vestibularni input mora biti integriran s vizualnim i somatosenzornim podacima o vertikalnoj orijentaciji trodimenzionalnog prostora u odnosu na silu gravitacije. Zasebno, vizualni i vestibularni sustav pružaju nam informacije o vertikalnoj orijentaciji. Njegove koordinate moraju biti usklađene konvergencijom kako bi se stvorila stvarna globalna percepcija gore i dolje, desno i lijevo, te naprijed i natrag. Ova percepcija može se primijeniti ili na orijentaciju okolnih meta ili na orijentaciju položaja tijela u prostoru (70).

Odgovarajuća orijentacija u prostoru ključna je za posturalu kontrolu. Osobe bez invaliditeta mogu identificirati gravitacijsku vertikalnost unutar  $0,5^\circ$  bez upotrebe vizualnih povratnih informacija. Percepcija vizualne vertikalnosti neovisna je o posturalnoj vertikalnosti. Posturalna percepcija vertikalnosti ima više neuronskih prikaza koji mogu biti abnormalni u bolesnika s moždanim udarom, osobito u prisutnosti vizualno prostorno zanemarivanje. Pacijenti s moždanim udarom i poremećajima ravnoteže imaju poteškoće koje se očituju u nemogućnosti održavanja težine na neparetičnoj strani, odnosno, karakterizira ih pojava tzv. "sindroma guranja" ili "Pusher sindroma". Pusher sindrom predstavlja najteže posturalno oštećenje tijela koje klinički karakterizira sklonost zauzimanja položaja tijela na način da se pacijenti naginju prema zahvaćenoj strani i aktivno se odupiru svakom pokušaju ispravljanja ovog položaja zbog straha od pada prema neparaliziranoj strani (64).

#### *1.8.2.5. Kognitivno procesuiranje i utjecaj starenja*

Motorički odgovori i aktivacija mišićne sinergije pod utjecajem su senzornih povratnih informacija, kao i funkcije očekivanja, pažnje, iskustva, okolišnog konteksta i namjera. Od pacijenata s moždanim udarom mogu se zahtijevati veće zadatak-specifične radnje u domeni statičke posturalne kontrole, osobito u zadacima s progresijom težine. Neadekvatno usmjeravanje pažnje može dovesti do povećanog rizika od nestabilnosti i pada. S obzirom na dob, starenje je povezano s poremećajima ravnoteže koji nastaju kao posljedica funkcionalnog pada u tri senzorna aferentna sustava, kao i u snazi, opsegu pokreta i neuromišićnom sustavu, s poremećajem u organizaciji mišićnih odgovora karakteriziranog aktivacijom proksimalnog prije distalnog mišića. Osobe starije životne dobi, u usporedbi s mlađim odraslim osobama,

koriste strategiju kuka i strategiju koraka češće od strategije gležnja (Shumway-Cook i sur., 2001; Horak i sur., 1989). Također, doprinos vida za kontrolu balansa povećava se s godinama, posebice u izazovnim situacijama (64).

#### 1.8.2.6. Područje lezije

Tvrđnja da područje zahvaćeno lezijom moždane hemisfere predstavlja ključnu odrednicu u poremećajima ravnoteže nakon moždanog udara još uvijek nije u potpunosti potvrđena. Utvrđeno je da poremećaji ravnoteže prevladavaju u lezijama lokaliziranim na desnoj strani moždane hemisfere (Rode i sur., 1997; Bohannon i sur., 1986; Heilman i sur., 1986; Ustinova i sur., 2001; Peurala i sur., 2007). Integracija prostornih informacija od strane desnog posteriornog parijetalnog korteksa potencijalno bi mogla objasniti navedene nalaze, međutim, još uvijek ne postoje dokazi koji bi upućivali na razliku ili lošije rezultate statičke i dinamičke kontrole ravnoteže kod osoba s lezijama lokaliziranim na lijevoj hemisferi (Bonan i sur., 2004; De Haart i sur., 2004; Chen i sur., 2002) (64).

### 1.9. Evaluacija balansa u populaciji pacijenata preživjelih od moždanog udara

Procjena ravnoteže kod pacijenta s moždanim udarom potrebna je kako bi se odredili objektivni ciljevi i metode liječenja te kako bi se omogućilo praćenje napretka i predviđanje prognoze. Osim toga, korištenje objektivnih alata za mjerenje ravnoteže važno je za praksu utemeljenu na dokazima kako bi se poboljšala sposobnost ravnoteže. Metode mjerenja ravnoteže uključuju testove funkcionalnih performansi, kao što su Rombergov test (engl. Romberg test), test stajanja na jednoj nozi (engl. Single-Leg Stance test), test koraka (engl. Step test), test funkcionalnog dosega (engl. Functional Reach test), TUG test (engl. Timed up & go test). Također postoje ordinalne ljestvice mjerenja kao što su BBS (engl. Balance Berg scale), PASS (engl. Postural assessment scale for stroke patients), ABC (engl. Activities-specific balance confidence scale), MAS (engl. Motor assessment scale), TIS (engl. Trunk impairment scale), BBA (engl. Brunel balance assessment) i FMA (engl. Balance section of the Fugl-Meyer assessment) kao i alati za mjerenje posturalnog njihanja, raspodjele težine i posturalne kontrole (71).

Bambirra i sur. (2015) proveli su sustavni pregled literature s ciljem utvrđivanja instrumenta koji imaju odgovarajuća psihometrijska i klinička svojstva za procjenu ravnoteže kod osoba s hemiparezom u fizioterapijskoj praksi. Sekundarni cilj studije uključivao je istraživanje u

svrhu identifikacije alata koji se najčešće koristi u intervencijskim studijama koje procjenjuju učinak terapijskih programa vježbi na ravnotežu hemiparetičnih pojedinaca. Pretražene baze podataka uključivale su Medline, Lilacs, PEDro i Web of Science. Pojmovi korišteni u istraživanju podrazumijevali su izraze; “*clinical assessment*,” “*clinical tests*,” i “*clinical evaluation*” kombinirane s pojmovima “*balance*,” “*stroke*” (cerebrovascular accident), i “*rehabilitation*”. Studija je obuhvaćala tekstove na engleskom, španjolskom i portugalskom jeziku, objavljene u razdoblju od 2002. do svibnja 2012. godine. U bazi podataka Medline pronađene su 142 studije, od kojih je odabrano 29 studija. Ukupan broj studija uključenih u istraživanje iznosio je 32. Od navedenih, 22 studije su kao glavni fokus analize imale instrument / alat (20 promatračkih / metodoloških studija i 2 sustavna pregleda), te je identificirano 10 intervencijskih studija. The Berg Balance skala bio je najčešće korišteni instrument u intervencijskim studijama. Također je identificirano devet funkcionalnih testova izvedbe jednog zadatka (timed up and go test, functional reach test, step test, four-square step test, side step test, supported standing balance test, standing arm raise test, static tandem standing test i weight shifting test) i šest funkcionalnih testova izvedbe više zadataka (BBS, Brunel balance assessment, Fugl-Meyer Assessment/balance section, Mini-Balance Evaluation Systems test i Postural Assessment scale). Prema rezultatima, BBS je bio najcitiraniji instrument s visokom pouzdanošću i valjanošću za mjerenje ravnoteže kod pacijenata s moždanim udarom (72).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj istraživanja je utvrditi utjecaj MU na balans kod osoba koje su ga preboljele.

Specifičan cilj istraživanja je utvrditi utjecaj MU na balans i procijeniti rizik od pada kod osoba koje su ga preboljele na temelju procjene statičkih i dinamičkih funkcionalnih zadataka.

## 3. HIPOTEZE

**H0** – Osobe koje su preboljele MU nemaju statistički značajno narušen balans i ne pokazuju povećani rizik od pada.

**H1** – Osobe koje su preboljele MU imaju statistički značajno narušen balans i pokazuju povećani rizik od pada.

#### 4. ISPITANICI I METODE

Istraživanje je provedeno na temelju dokumentacije pacijenata prikupljene u vremenskom periodu od 2016. godine do 2021 godine. U istraživanje je bilo uključeno 30 ispitanika liječenih stacionarno na odjelu Zavoda za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Kliničkog bolničkog centra u Rijeci. Kriteriji uključivanja u istraživanje bili su dijagnoza akutnog moždanog udara i prisutnost posljedičnog neurološkog deficita (hemipareza). Svi pacijenti testirani su prilikom prijema na odjel.

Procjena balansa i rizika od pada provedena je Berg-Balance skalom. BBS omogućuje kvantitativnu procjenjuju ravnoteže kod starijih odraslih osoba (73).

Namijenjena je mjerenju sposobnosti ispitanika da održi ravnotežu prilikom izvođenja funkcionalnih zadataka, a temelji se na principu da se čovjekova ravnoteža ispituje smanjenjem baze oslonca. Test sadrži 14 statičkih i dinamičkih aktivnosti povezanih sa ASŽ koje uključuju progresiju zadataka od sjedećeg do stojećeg položaja – od sjedenja do stajanja, stajanja sa skupljenim stopalima, tandemskog stajanja i stajanja na jednoj nozi (74).

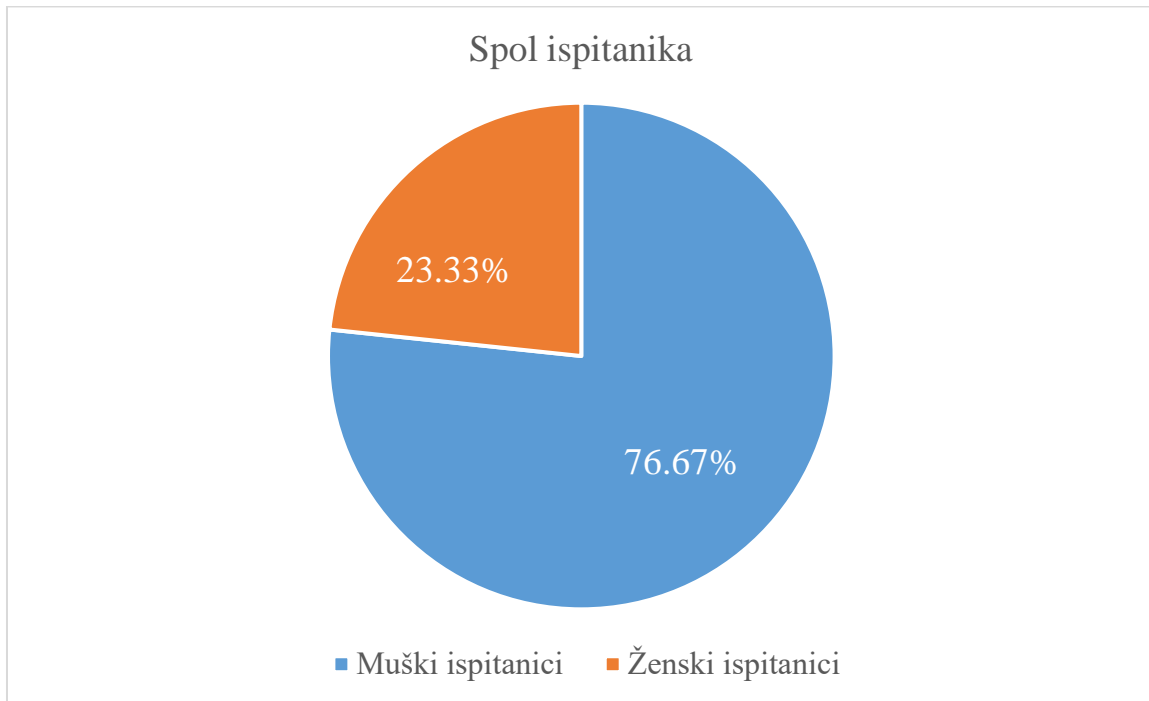
Test se boduje ljestvicom od 0 do 4, pri kojoj 0 označava nemogućnost izvršenja zadatka a 4 potpunu neovisnost pri izvršavanju zadatka. Ukupan broj bodova ljestvice iznosi 56. Granične vrijednosti za starije osobe prema Bergu i sur. (1992) podrazumijevaju 56 i 45 bodova na ljestvici. Ocjena 56 pokazatelj je optimalne funkcionalne ravnoteže dok Ocjena < 45 ukazuje na to da pojedinci mogu biti u većem riziku od pada (75).

Podaci dobiveni istraživanjem upisani su tablično u programu Microsoft Office Excel 2016, nakon čega je napravljena statistička obrada u programu Statistica (Version 13.5.0.17, 1984-2018 TIBCO Software Inc). Podatci su obrađeni deskriptivno u obliku aritmetičke sredine, standardne devijacije, medijana, moda i raspona. Dobiveno je prikazano u obliku tablica i grafova. Pomoću Kolmogorov-Smirnov testa ispitivana je normalnost raspodjele podataka. Statistički značajne razlike, radi malog uzorka ispitivane su pomoću neparametrijskog Mann-Whitney U Testa i Median testa na razini statističke značajnosti od 0,05 (5%). Fischer exact testom ispitivana je razlika u frekvencijama na razini statističke značajnosti od 0,05 (5%).

## 5. REZULTATI

### *Spol ispitanika*

U istraživanju je sudjelovalo 30 ispitanika, od kojih je 76,67% (n=23) ispitanika muškog spola i 23,33% (n=7) ispitanika ženskog spola.



*Slika 1 - prikaz podjele ispitanika prema spolu*

### *Dob ispitanika*

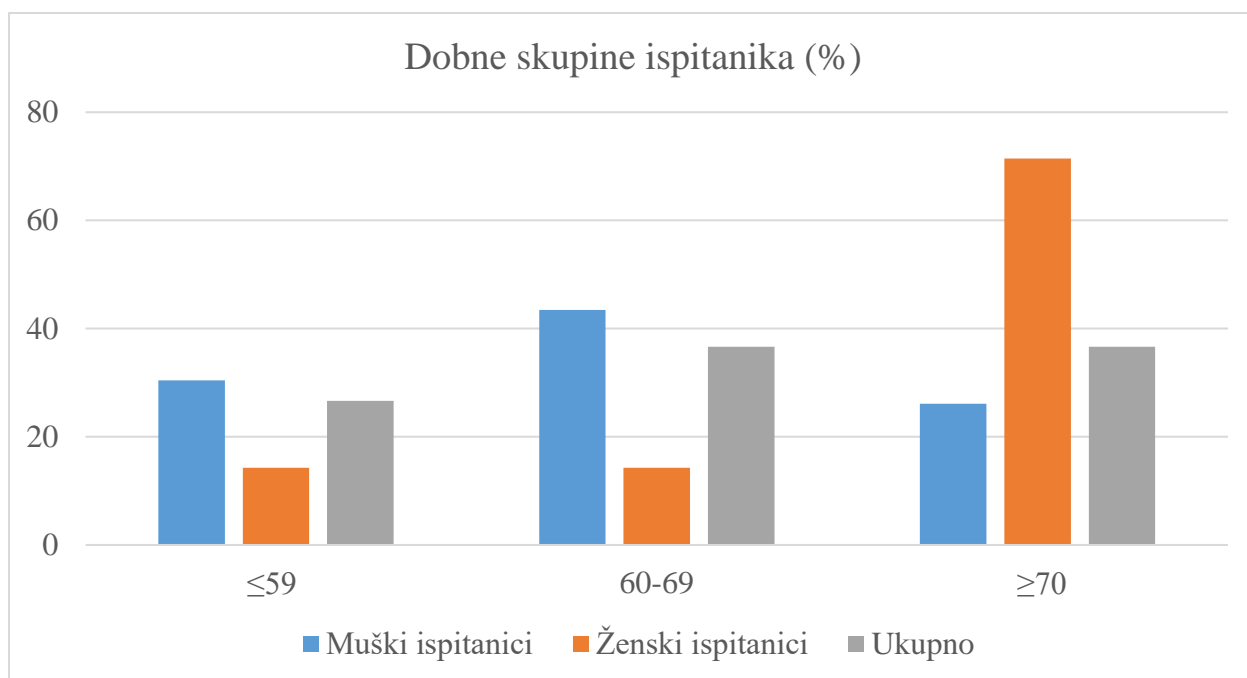
Prosječna dob ispitanika iznosila je  $67,10 \pm 8,14$  godina, a medijan 66 godina. Najmlađi ispitanik imao je 49 godina, a najstariji 82. Najveći broj ispitanika ima više od 60 godina, a podjednako je onih od 60 do 69 godina i starijih od 70. Najmanji postotak ispitanika, 26,67% (n=8) ima manje od 59 godina.

Ispitanici muškog spola imali su prosječno  $65,04 \pm 6,99$  godina, medijan 65. Najmlađi ispitanik imao je 49 godina, a najstariji 78. Najveći broj ispitanika muškog spola nalazi se u dobnoj skupini od 60 do 69 godina, 43,48% (n=10), a najmanje u dobnoj skupini starijih od 70 godina, 26,09% (n=6). Ispitanici ženskog spola imali su prosječno  $73,86 \pm 8,68$  godina, medijan 77 godina. Najmlađi ispitanik imao je 59 godina, a najstariji 82 godine. Ispitanici ženskog spola u najvećem broju pripadaju dobnoj skupini starijih od 70 godina, 71,43% (n=5), a u ostalim dobnim skupinama je po jedan ispitanik. Postoji statistički značajna razlika u dobi ispitanika muškog i ženskog spola (p=0,019).

*Tablica 1 - prikaz prosječne dobi ispitanika u ovisnosti o spolu*

Dobi ispitanika (godine)	N	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medijan	Mod	Raspon (min-max)	p
Muški ispitanici	23	$65,04 \pm 6,99$	65	59	49-78	0,019
Ženski ispitanici	7	$73,86 \pm 8,68$	77	*	59-82	
Ukupno	30	$67,10 \pm 8,14$	66	59	49-82	

\*višestruk mod



*Slika 2 - prikaz podjele ispitanika na dobne skupine u ovisnosti o spolu (godina)*



### *Dani od doživljenog moždanog udara*

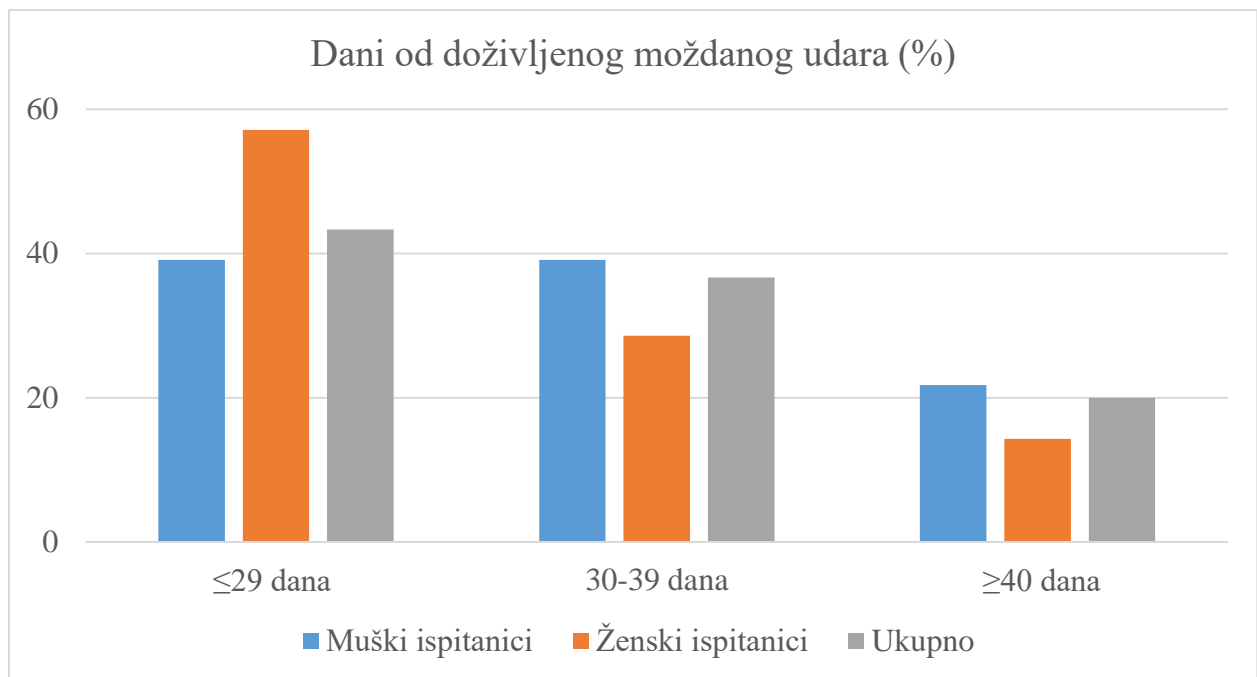
Ispitanici su započeli rehabilitaciju, odnosno napravili početno mjerenje prosječno  $38,53 \pm 29,41$  dana nakon moždanog udara, najbrže nakon 20 dana, a najkasnije 161 dan. Najveći postotak ispitanika u prvih 29 dana od doživljenog moždanog udara obavilo je početno mjerenje, njih 43,33% (n=13). Najmanji postotak ispitanika započeo je s rehabilitacijom nakon više od 40 dana, njih 20,00% (n=6).

Muški ispitanici u prosjeku su napravili početno mjerenje nakon  $41,52 \pm 32,96$  dana, najbrže nakon 20, a najkasnije nakon 161 dan. Muški ispitanici započeli su rehabilitaciju u najvećem postotku unutar 29 dana od moždanog udara, njih 39,13% (n=9) ili od 30 do 39 dana, također 39,13% (n=9). Ženski ispitanici u prosjeku su napravili početno mjerenje nakon  $28,71 \pm 7,06$  dana, najbrže nakon 20, a najkasnije nakon 40 dana. Ženski ispitanici u najvećem postotku su napravili početno mjerenje unutar 29 dana, njih 57,14% (n=4). Statističkom analizom nije pronađena značajna razlika između ispitanika muškog i ženskog spola u broju dana od početnog testiranja ( $p=0,291$ ).

*Tablica 2 - prikaz prosječne količine dana od doživljenog moždanog udara do početnog mjerenja ispitanika u ovisnosti o spolu*

Dani od doživljenog moždanog udara (dani)	N	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medijan	Mod	Raspon (min-max)	P
Muški ispitanici	23	$41,52 \pm 32,96$	31	27	20-161	0,291
Ženski ispitanici	7	$28,71 \pm 7,06$	28	*	20-40	
Ukupno	30	$38,53 \pm 29,41$	31	27	49-82	

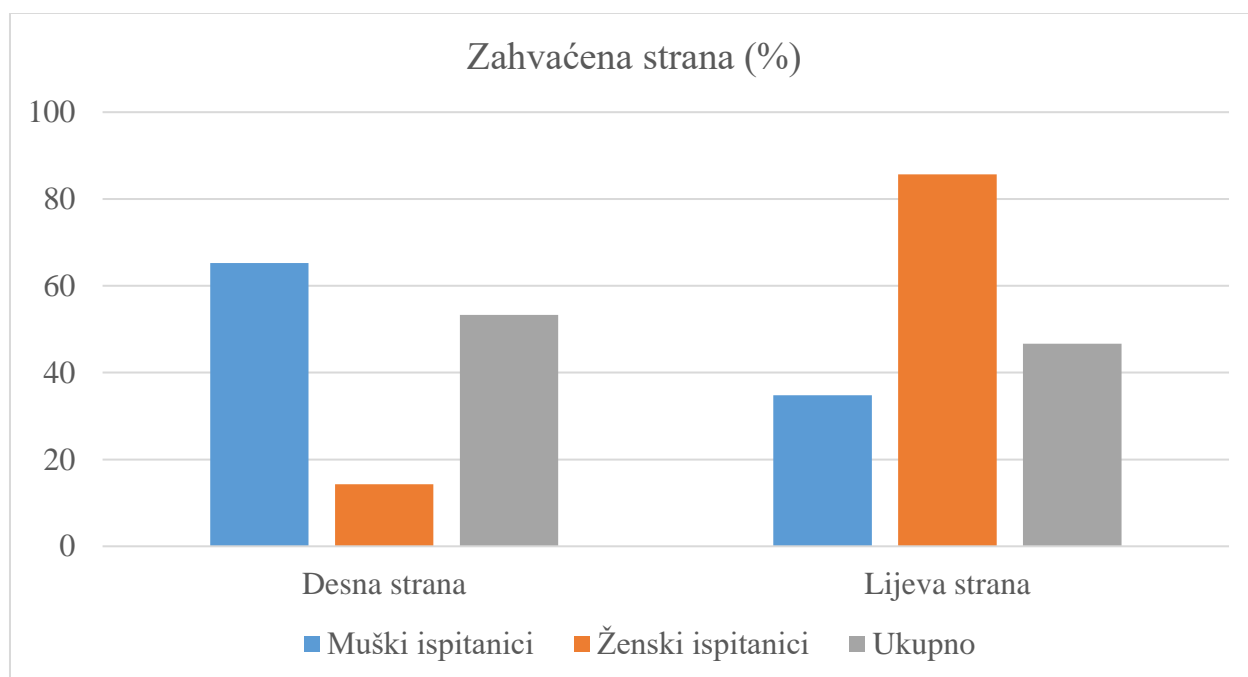
\*višestruk mod



*Slika 3 - prikaz broja dana od doživljenog moždanog udara do početnog mjerenja ispitanika u ovisnosti o spolu*

### Zahvaćena strana

Zahvaćenost desne i lijeve strane skoro je podjednaka kod ispitanika. 53,33% (n=16) ispitanika ima zahvaćenu desnu stranu, a 46,67% (n=14) lijevu stranu. Kad se zahvaćenost desne ili lijeve strane promatra prema spolu, vidljivo je da ispitanici muškog spola u većem postotku imaju zahvaćenu desnu stranu, njih 65,21% (n=15), a ispitanici ženskog spola u većem postotku imaju zahvaćenu lijevu stranu, njih 85,71% (n=6). Statistička analiza pokazala je da postoji značajna razlika u proporcijama zahvaćenosti desne i lijeve strane u ovisnosti o spolu ispitanika ( $p=0,025$ ).



Slika 4 - prikaz zahvaćenosti desne i lijeve strane u ovisnosti o spolu ispitanika

### *Berg-Balance skala*

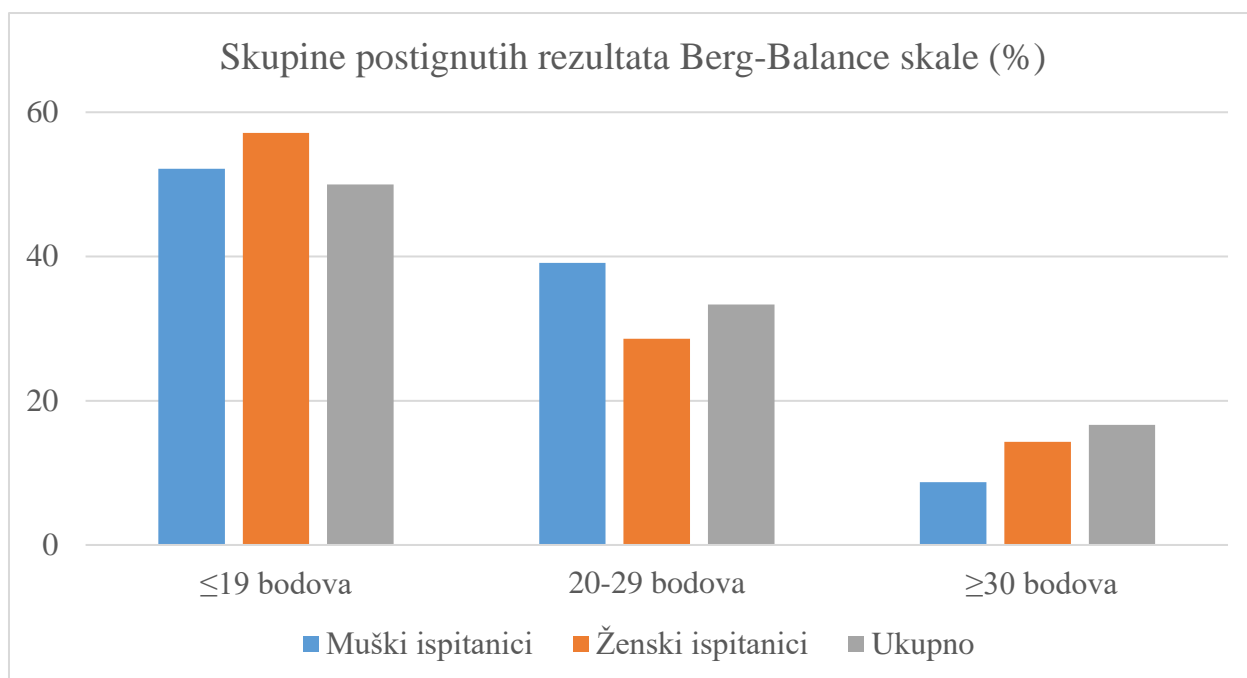
Ispitanici su u prosjeku postigli  $19,13 \pm 10,73$  bodova na BBS-u. Najmanji postignuti rezultat iznosio je 2 boda, a najveći 40. Samim time svi ispitanici postigli su manju vrijednost od postavljene granične vrijednosti (<45 bodova) koja ukazuje na povećani rizik od pada. U najvećem postotku ispitanici su postigli 19 bodova ili manje, njih 50,00% (n=15), 33,33% (n=10) ispitanika postiglo je između 20 i 29 bodova, a najmanji postotak je ostvario 30 bodova ili više, njih 16,67% (n=5).

Ispitanici muškog spola na BBS-u prosječno su ostvarili  $18,48 \pm 9,69$  bodova, najmanje 3, a najviše 40 bodova. U najvećem postotku ostvarili su rezultat od 19 bodova ili manje, njih 52,17% (n=12). Ispitanici ženskog spola prosječno su ostvarili rezultat od  $21,29 \pm 14,34$  bodova, najmanje 2 boda, a najviše 35. Najveći postotak ispitanika ženskog spola ostvarilo je 19 bodova ili manje, njih 42,86% (n=3) te 30 ili više bodova u istom postotku. Nije pronađena statistički značajna razlika u rezultatima BBS-a između ispitanika muškog i ženskog spola (p=0,492).

*Tablica 3 - prikaz prosječnih rezultata postignutih na BBS-u u ovisnosti o spolu ispitanika*

Berg-Balance skala (bodovi)	N	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medijan	Mod	Raspon (min-max)	p
Muški ispitanici	23	$18,48 \pm 9,69$	18	18	3-40	0,492
Ženski ispitanici	7	$21,29 \pm 14,34$	25	*	2-35	
Ukupno	30	$19,13 \pm 10,73$	20	18	2-40	

\*višestruk mod



*Slika 5 - prikaz postignutih rezultata na BBS-u ovisnosti o spolu ispitanika*

### *Usporedba rezultata BBS-a s dobnim skupinama ispitanika*

Mlađi ispitanici prosječno su ostvarivali bolje rezultate naspram ispitanika starije životne dobi. Primjerice ispitanici koji imaju 59 godina ili manje prosječno su ostvarili rezultat od  $25,50 \pm 12,22$  boda, medijan 28,50 bodova. Ispitanici koji pripadaju dobnjoj skupini od 60 do 69 godina prosječno su ostvarili rezultat od  $18,27 \pm 9,21$ , medijan 18,00 bodova, dok su oni najstariji, sa 70 ili više godina u prosjeku ostvarili rezultat od  $15,36 \pm 9,78$ , medijan 18,00 bodova. Unatoč razlikama statističkom analizom nije pronađena statistički značajna razlika između navedenih skupina ( $p=0,233$ ).

*Tablica 4 - prikaz prosječnih rezultata postignutih na BBS-u u ovisnosti o dobnjoj skupini ispitanika*

Berg-Balance skala (bodovi)	N	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medijan	Mod	Raspon (min-max)	p
$\leq 59$	8	$25,50 \pm 12,22$	28,50	7	7-40	0,233
60-69	11	$18,27 \pm 9,21$	18,00	*	3-35	
$\geq 70$	11	$15,36 \pm 9,78$	18,00	*	2-31	

\*višestruk mod

## 6. RASPRAVA

Svrha ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj MU na balans kroz procjenu rizika od pada kod osoba koje su ga preboljele. Ispitivanje je provedeno pomoću Balance Berg skale funkcionalnih statičkih i dinamičkih zadataka. Provedeno istraživanje pripada skupini kohortnog (retrospektivnog ili povijesnog) istraživanja. Rezultati istraživanja potvrdili su da osobe koje su preboljele MU imaju statistički značajno narušen balans i pokazuju povećani rizik od pada.

BBS predstavlja široko korišteni instrument za procjenu pacijenata s moždanim udarom (Blum & Korner Bitensky, 2008) (76).

Međutim, broj dostupnih istraživanja evaluacije balansa i procjene rizika pada s metodologijom koja isključivo podrazumijeva primjenu BBS-a, ograničen je. Radovi pronađeni u medicinskim bazama podataka u većem broju usmjereni su na proučavanje čimbenika rizika pada (Tutuarima i sur., 1997; Youb Lim i sur.,2012; B. Campbell &Tabolt Matthews, 2010), predviđanje rizika od pada kod osoba oboljelih od moždanog udara (Maeda i sur., 2009; Khan i sur., 2015) te usporedbu evaluacijskih instrumenata balansa kod osoba oboljelih od moždanog udara (Khan i sur., 2015) (77), (78), (79), (80), (81).

Pronađena su dva retrospektivna (Tutuarima i sur., 1997; Youb Lim i sur.,2012,.) dva opažajna (Maeda i sur., 2009; Khan i sur., 2015) i jedno pregledno istraživanje (B. Campbell &Tabolt Matthews, 2010).

S obzirom na populaciju i periodizaciju, istraživanja su uključivala vrijeme hospitalizacije pacijenata (Tutuarima i sur., 1997; Maeda i sur., 2009), rehabilitacijski proces (B. Campbell &Tabolt Matthews, 2010), vrijeme nakon rehabilitacijskog procesa (Youb Lim i sur.,2012) te 6 mjeseci ili više nakon akutnog moždanog udara (Khan i sur., 2015). Balance Berg skala korištena je u dva istraživanja (Maeda i sur., 2009; Khan i sur., 2015), od kojih je jedno usmjereno na usporedbu evaluacijskih instrumenata balansa (Khan i sur., 2015). Kriteriji uključivanja pacijenata podrazumijevali su; komorbiditet, neurološke deficite (hemiplegiju, kortikalna neurološka oštećenja, oštećenja vida) i komplikacije (Tutuarima i sur., 1997), popratni deficit moždanog udara i anamnezu pada (Youb Lim i sur.,2012), hemiplegiju (Maeda i sur., 2009) te muskuloskeletalne ili druge neurološke deficite (Khan i sur., 2015). Od navedenih, tri istraživanja su obuhvatila / istaknula dijagnozu hemipareze (Tutuarima i sur., 1997; Youb Lim i sur.,2012; B. Campbell &Tabolt Matthews, 2010), iako je bitno naglasiti da je dijagnoza hemipareze u navedenim studijama bila samo jedan od kriterija

neuroloških deficita uključenih u studiju. Također su pronađena dva značajnija validacijska sustavna pregleda Balance Berg skale (Blum & Korner-Bitensky, 2008; Kudlac i sur., 2019). (77), (80), (79), (78), (81), (82), (83).

Youb Lima i sur., ispitivali su učestalosti padova i čimbenike rizika pada u osoba koje su preživjele moždani udar. Istraživanje se provodilo na 330 pacijenata s dijagnozom moždanog udara koji su primljeni u rehabilitacijsku jedinicu u razdoblju od travnja 2006. do srpnja 2008. godine. Pacijenti su popisani i kontaktirani telefonom od veljače 2009. do kolovoza 2009. godine. Podaci dobiveni intervjuima koji su provedeni  $20 \pm 8$  mjeseci nakon otpusta iz bolničke rehabilitacije uključivali su demografske podatke, podatke o padovima i trenutnu ambulantnu funkciju. Nakon telefonskog razgovora pregledana je medicinska dokumentacija sudionika za vrijeme prijema. Prema rezultatima, od 330 pacijenata, 62 (19%) je imalo povijest pada nakon početka moždanog udara. Od 222 ambulantna pacijenta pao je 51 pacijent (23%). Padovi su se često događali zimi, a većina padova dogodila se u zatvorenom prostoru (70%). Dvadeset i devet posto pacijenata doživjelo je ponovljene padove. Otprilike polovica onih koji su pali ozlijeđeni su, a 11% je zadobilo prijelome. Pacijenti koji su imali moždani udar i teške deficite pokazali su manju vjerojatnost pada nakon moždanog udara. U analizi podskupina pacijenata s ambulantnim kapacitetom, lijevostrana hemiplegija / hemipareza bila je povezana s povećanim rizikom od padova (78).

Prema rezultatima dobivenima ovim istraživanjem, nije moguće u potpunosti potvrditi ili osporiti rezultate studije. Također je bitno naglasiti mnogobrojne razlike u istraživanjima koji se odnose na metodologiju, uzorak ispitanika i periodizaciju samog istraživanja. Navedene podatke zahvaćenosti lijeve i desne strane moguće je djelomično promatrati prema spolu. Zahvaćenost desne i lijeve strane ispitanika u istraživanju gotovo je bila podjednaka kod ispitanika. 53,33% (n=16) ispitanika imalo je zahvaćenu desnu stranu, a 46,67% (n=14) lijevu stranu. Prema spolu, ispitanici muškog spola u većem postotku imali su zahvaćenu desnu stranu, njih 65,21% (n=15), dok su ispitanici ženskog spola u većem postotku imaju zahvaćenu lijevu stranu, njih 85,71% (n=6). Statistička analiza pokazala je da postoji značajna razlika u proporcijama zahvaćenosti desne i lijeve strane u ovisnosti o spolu ispitanika ( $p=0,025$ ). S obzirom na rezultate BBS-a, nije pronađena statistički značajna razlika u rezultatima BBS-a između ispitanika muškog i ženskog spola ( $p=0,492$ ).

B. Campbellu & Tabolt Matthews su proveli su preglednu studiju koja je obuhvaćala 11 istraživanja u razdoblju od 1990. do 2009. godine, Prema rezultatima, najznačajniji čimbenici



rizika povezani s moždanim udarom primarno uključuju deficit balansa, percepcije i samozbrinjavanja (79).

Tutuarima i sur. procjenjivali su učestalost padova i čimbenike rizika povezane s akutnim moždanim udarom. Istraživanje se provodilo na temelju podataka 720 pacijenata s moždanim udarom. Od 720 pacijenata, kod 104 (14,4%) zabilježen je minimalno jedan pad. Od navedenih 104, 69 pacijenata (66,3%) palo je samo jednom, 19 (18,3%) je palo dva puta, a 16 (15,4%) je palo tri ili više puta. Registrirano je ukupno 173 pada. Trajanje hospitalizacije kretalo se od 1 do 186 dana (medijan, 21 dan). Polovica ispitivane skupine imala je srčane bolesti, a 80% je imalo određeni stupanj hemipareze. Bolesti srca, mentalni otklon, stanje zbunjenosti i urinarna inkontinencija zabilježeni su kao inkrementalni čimbenici rizika, dok je primjena psihotropnih lijekova zabilježena čimbenik koji smanjuje rizik od pada ( $P < 0,05$ ) (77).

Iako je navedeno istraživanje usko povezano s problematikom rada, niti jedan od čimbenika rizika nije se specifično odnosio na oštećenja ravnoteže.

Unatoč širokoj primjeni BBS-a u fizioterapijskoj praksi, Blum & Korner-Bitensky su 2008. godine provele sustavni pregled s ciljem utvrđivanja psihometrijskih svojstava BBS -a specifičnih za moždani udar te identificirati prednosti i nedostatke korištenja za rehabilitacijski proces. U istraživanje je bila uključena 21 studija koja je ispitala psihometrijska svojstva BBS-a u populaciji pacijenata s moždanim udarom. Unutarnja konzistentnost ocjenjena je kao je izvrsna (Cronbach alfa =, 92–98 .98). 16 studija bilo je usredotočilo na valjanost i općenito pokazalo izvrsnu korelaciju s Barthelovim indeksom, skalom posturalne evaluacije za pacijente s moždanim udarom, testom funkcionalnog dosega, Fugl-Meyerove procjenom ravnoteže, mjerama funkcionalne neovisnosti, Rivermeadovim indeksom mobilnosti (engl. Rivermead Mobility Indeks) i brzinom hoda. Potvrđeno je da BBS rezultati predviđaju duljinu boravka, određuju vrijeme otpusta i motoričke sposobnosti unutar 180 dana od moždanog udara i razinu invaliditeta unutar 90 dana. Unatoč određenim varijablama, rezultati nisu omogućili predviđanje padova. Osam studija usredotočeno prijavilo je umjerenu do izvrsnu osjetljivost a šest studija izvijestilo je o opaženim učincima „stropa“ i „poda“ (82).

Učinci stropa i pod podrazumijevaju termine korištene u mjernim ljestvicama i odnose se na okolnosti postizanja krajnje maksimalnog ili krajnje minimalnog rezultata. Odnosno, stropni i

podni učinci javljaju se kada značajan dio ispitanika postigne najveći ili najmanji rezultat, što rezultira nemogućnošću razlikovanja subjekta na bilo kojoj krajnosti ljestvice (84).

Autori su zaključili da BBS predstavlja psihometrijski ispravnu mjeru procjene oštećenja ravnoteže u populaciji pacijenata s moždanim udarom. S obzirom na učinke poda i stropa, predlaže se korištenje BBS zajedno s drugim mjerama ravnoteže (82).

Maeda i sur. proveli su opservacijsku studiju s ciljem ispitivanja odnosa između ravnoteže, mobilnosti i pada u 72 stacionarna hemiplegična pacijenta, s ciljem razvoja a modela predviđanja rizika pada. Metode istraživanja uključivale su bolničku evidenciju stacionara koja je sadržavala; anamnezu padova tijekom boravka u bolnici, dob, spol, vrstu moždanog udara, vrijeme od početaka moždanog udara; duljina boravka u bolnici, zahvaćenu stranu tijela (desna, lijeva ili obostrana); funkcionalne mjere neovisnosti (engl. Functional Independence Measure, FIM) po prijemu i otpustu, Balance Berg skalu po prijemu i Mini-Mental State test (engl. Mini-Mental State Examination, MMSE) za procjenu kognitivnih sposobnosti i pamćenja. Ispitanici su bili podijeljeni u dvije skupine, odnosno na padajuće i ne-padajuće ispitanike. Razlika u varijablama varirala je ovisno o skupini. Izvršena je i stupnjevita analiza regresije kako bi se identificirale varijable koje učinkovito predviđaju status pada. Padajući ispitanici (povremeni i ponavljajući;  $n = 27$ ) imali su kraće vrijeme od početka moždanog udara ( $P = 0.018$ ), niže ocjene FIM-a, prijema i otpusta ( $P < 0.001$ ) i niže ocjene BBS-a ( $P < 0.001$ ) u usporedbi s ne-padajućim ispitanicima. Logistički model predviđanja padova pokazao je da su rezultati BBS-a pri prijemu bili značajno povezani s padovima, pri čemu su padajući ispitanici imali niže ocjene BBS –a pri prijemu (granična vrijednost  $\leq 29$ ; osjetljivost 80%; specifičnost 78%). Ovi podaci potvrdili su da je BBS osjetljiva i specifična mjera za identificiranje pacijenata s rizikom od pada (80).

Khan i sur. proveli su istraživanje s ciljem predviđanja rizika od pada kod osoba oboljelih od moždanog udara. Cilj istraživanja ispitivao se kroz evaluaciju mjera ljestvica FES-I (engl. The Falls Efficacy Scale International) i Balance Berg skale. Sekundarni cilj istraživanja također je podrazumijevao ispitivanje efikasnosti navedenih skala kako bi se utvrdila najpouzdanija ljestvica za mjerenje rizika od pada u kliničkoj praksi. Istraživanje se provodilo na 50 pacijenata. Kriteriji uključivanja podrazumijevali su dob od  $\geq 40$  godina, prvu epizodu moždanog udara, vrijeme trajanja  $\geq 6$  mjeseci od početka moždanog udara te mogućnost hodanja 8 metara bez pomoći (76).

FES-I razvijena je u svrhu procijenila zabrinutosti zbog pada kod starijih osoba. FES-I je upitnik od 16 stavki samoefikasnosti povezanih s padom na temelju Fallsve ljestvice učinkovitosti (10 stavki) proširen za 6 dodatnih stavki, uključujući teže funkcionalne zadatke i društvene aspekte pada. 16 stavki FES-I ocjenjuje se prema "koliko ste zabrinuti zbog mogućnosti pada", kroz sljedeće odgovore (ocjena u zagrada); nimalo (1), donekle (2), prilično (3), i vrlo zabrinut (4). Ukupni rezultat kreće od 16 do 64 boda. Više vrijednosti ukazuju na manju samoefikasnost povezanu s padom (i veću zabrinutost zbog pada) (85).

Prema rezultatima studije, pacijenti s moždanim udarom imali su dosljednije i razumnije BBS rezultate za predviđanje rizik od pada u odnosu na FES-I. FES-I je definiran je kao manje relevantan za preciznije predviđanje rizika pada kod osoba preživjelih od MU u usporedbi s BBS-om. Autori su istaknuli statističku i kliničku značajnost razlike između usporedbe FES-I BBS ljestvice. Naglašava se potreba za budućim istraživanjima u svrhu generalizacije rezultata. Sveukupno, BBS je ocjenjena kao lako primjenjiva i privlačna klinička mjera koja uključuje minimalnu opremu (stolica, štoperica, ravnalo) i prostor te ne zahtijeva posebnu obuku. Međutim također se preporučuje primjena s uporabom drugih mjernih instrumenata ravnoteže zbog eliminacije problema učinaka poda i stropa navedenih u raspravi (81).

Kudlac i sur. su 2019. godine proveli sustavni pregled s ciljem prikupljanja literature o pouzdanosti i valjanosti BBS-a kako bi se utvrdila njezina prikladnost kao kliničkog alata u populaciji pacijenata koji su preboljeli moždani udar. Izvršena su sustavna pretraživanja baza podataka PubMeda, CINAHL -a, Scopusa i ProQuesta. Metodološka kvaliteta procijenjena je pomoću McGill Mixed Methods Appraisal Tool alata. U studiju je uključeno sveukupno 33 studije. Rezultati istraživanja izvijestili su da BBS ima izvrsnu pouzdanost i valjanost. Rezultati su predviđali čimbenike koji pridonose funkciji i učinku pacijenta. Međutim, rizik od pada nije se mogao snažno predvidjeti iz rezultata. Autori su zaključili da je BBS je pouzdan i valjan alat za procjenu ravnoteže i funkcionalne pokretljivosti u populaciji pacijenata preživjelih od moždanog udara. Međutim, također ističu da se upitnu pouzdanost predviđanja rizika od pada (83).

Nedostaci ovog istraživanja ogledaju se u jednostavnosti i ciljanosti provedbe. Iako je hipoteza istraživanja potkrijepljena rezultatima, postoji mnoštvo psiholoških, kognitivnih i preostalih motoričkih aspekata povezanih s navedenom problematikom koji se potencijalno mogu istražiti. Ograničenje istraživanja može se objasniti reduciranjem socijalnog kontakta, nedostatkom financijskih sredstava i samom težinom akutnog moždanog udara. Procjena kognitivnog statusa, strah od pada, usporedna evaluacija balansa ljevostrane i desnostrane

hemipareze / hemiplegije, evaluacija balansa gornjeg i donjeg zahvaćenog uda, utjecaj moždanog udara na balans i kvalitetu života te utjecaj moždanog udara na vestibularni i vidni sustav predstavljaju vrlo aktualnu i nedovoljno istraženu problematiku u svijetu znanosti, stoga se predlažu daljnje studije u srodnim područjima.

## 7. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja potvrdili su da osobe koje su preboljele MU imaju statistički značajno narušen balans i pokazuju povećani rizik od pada. Posljedice moždanog udara uvelike se odražavaju na kognitivne, psihološke i motoričke aspekte pojedinca. Kontrola ravnoteže ključna je odrednica posturalne stabilnosti, hoda, neovisnosti te samim time i ukupne kvalitete života. Smanjena mišićna snaga i opseg pokreta, abnormalni mišićni tonus, motorička koordinacija, senzorna organizacija, spoznaja i multisenzorna integracija potencijalno doprinose poremećajima ravnoteže na različitim razinama i povećanom riziku od pada, stoga objektivna evaluacija predstavlja ključnu komponentu za planiranje i provođenje kvalitetnog rehabilitacijskog procesa. Balance Berg skala je najčešće korištena mjera za procjenu ravnoteže i rizika od pada u populaciji osoba preživjelih od moždanog udara. Međutim broj istraživanja koja uključuju BBS kao jedinu mjernu skalu u procjeni ravnoteže vrlo je ograničen, posebice kod osoba s hemiparezom. Većina pronađenih istraživanja uključuje druge ili dodatne mjerene instrumente. Razlog tome ogleda se u multifaktorijskim čimbenicima. Ovisno o kriterijima i populaciji, većina pronađenih istraživanja vezana je uz dijagnozu hemiplegije ili generalno obuhvaća veći broj neuroloških deficita. Također, jako mali broj istraživanja je usmjeren isključivo na evaluaciju balansa. Uz rizik od pada, uvelike se proučavaju čimbenici rizika povezani s padovima ili mogućnost predviđanja rizika od pada na temelju procjene balansa. Veliki broj radova uz metodologiju mjerenja uključuje neuropsihijatrijke i / ili kognitivne testove zbog kompleksnosti patologije moždanog udara i općenito sustava za posturalnu kontrolu. Validacijska istraživanja potvrđuju izvrsnu pouzdanost, osjetljivost i jednostavnost kliničke primjene BBS-a u procjeni ravnoteže, iako su pronađeni nedostaci u smislu efekta „plafona“ i „poda“, stoga se sugerira primjena dodatnih instrumenta.

## 8. LITERATURA

1. **Bučuk, M i Tuškan-Mohar, L.** *Neurologija za stručne studije*. Rijeka : Sveučilište u Rijeci-Medicinski fakultet, 2012.
2. **Kuriakose , D i Xiao, Z .** Pathophysiology and Treatment of Stroke: Present Status and Future Perspectives. *Int J Mol Sci*. 2020, Svez. 21(20), str. 7609.
3. **Aqueveque, P, i dr.** After Stroke Movement Impairments: A Review of Current Technologies for Rehabilitation. *INTECH*. Chapter 7, Physical Disabilities - Therapeutic Implications, 2017, str. 96-116.
4. **Shin, W S, i dr.** Effects of Combined Exercise Training on Balance of Hemiplegic Stroke Patients. *J. Phys. Ther. Sci*. 2011, Svez. 23, str. 639-643.
5. **Danziger, A, i dr.** Stroke Imaging. [ur.] L G Naul. *Drugs & Diseases, Medscape*. 2018.
6. **Chugh , C.** Acute Ischemic Stroke: Management Approach. *Indian J Crit Care Med*. 2019, Svez. 23(2), str. 140-146.
7. **Hinkle, J L i McKenna Guanci, M.** Acute Ischemic Stroke Review. *Neurosci Nurs*. 2007, Svez. 39(5), str. 285-293.
8. **Regenhardt, R W, i dr.** Pathophysiology of Lacunar Stroke: History's Mysteries and Modern Interpretations. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2020, Svez. 28(8), str. 2079–2097.
9. **Arboixa, A i Alió, J.** Cardioembolic Stroke: Clinical Features, Specific Cardiac Disorders and Prognosis. *Curr Cardiol Rev*. 2010, Svez. 6(3), str. 150-161.
10. **Neuroscience Clerkship .** Clinical Differentiation: Cortical vs. Subcortical Strokes. *Case School of Medicine*. 2004.
11. **Corbetta, M, i dr.** Common behavioral clusters and subcortical anatomy in stroke. *Neuron*. 2015, Svez. 85(5), str. 927–941.
12. **Donkor, E S.** Stroke in the 21st Century: A Snapshot of the Burden, Epidemiology, and Quality of Life. *Stroke Res Treat*. 2018.
13. **Pyrgelis , E-S, Mavridis , I i Meliou , M.** Presenting Symptoms of Pituitary Apoplexy. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2018, Svez. 79(1), str. 52-59.
14. **Wafa, H A, i dr.** Burden of Stroke in Europe. *Stroke*. 2020, Svez. 51(8), str. 2418–2427.

15. **Tsendsuren , S, Li, C-S i Liu, C-C.** Incidence and Risk Factors for Stroke Among 14 European Countries. *Int J Aging Hum Dev.* 2016, Svez. 84(1), str. 66-87.
16. **Aleksić-Shihabi, A.** Stroke patients treated at Department of Neurology, Sibenik-Knin County General Hospital, 1996-2005. *Acta Clin Croat.* 2010, Svez. 49(1), str. 3-9.
17. **Hrabak-Žerjavić, V, i dr.** Epidemiologija hipertenzije, moždanog udara i infarkta miokarda u Hrvatskoj. *Arterijska hipertenzija, MEDIX.* 87/88, 2010, str. 102-107.
18. **Kadojić, D, i dr.** Incidence of Stroke and Transient Ischemic Attack in Croatia: A Population Based Study. *Coll Antropol.* 2015, Svez. 39(3), str. 723-7.
19. **Boehme, A K, Esenwa, C i Elkind, M S V.** Stroke Risk Factors, Genetics, and Prevention. *Circ Res.* 2018, Svez. 120(3), str. 472-495.
20. **Tsai, C-F, Thomas, B i Sudlow, C L M.** Epidemiology of stroke and its subtypes in Chinese vs white populations. *Neurology.* 2013, Svez. 81(3), str. 264–272.
21. **Pikija, S, i dr.** Eastern/Central Europe is Largely Due to Modifiable Risk Factors. *Curr Neurovasc Res.* 2015, Svez. 12(4), str. 341-52.
22. **Musuka, T D, i dr.** Diagnosis and management of acute ischemic stroke: speed is critical. *CMAJ.* 2015, Svez. 187(12), str. 887–893.
23. **Charlick, M i Das, J M .** Anatomy, Head and Neck, Internal Carotid Arteries. *StatPearls [Internet], Pubmed.* 2020.
24. **Piccinin, M A i Munakomi, S.** Neuroanatomy, Vertebrobasilar System. *StatPearls [Internet], Pubmed.* 2021.
25. **Adigun, O O, Reddy, V i Sevensma, K E.** Anatomy, Head and Neck, Basilar Artery. *StatPearls [Internet], Pubmed.* 2020.
26. **Murphy, S JX i Werring, D J.** Stroke: causes and clinical features. *Medicine (Abingdon).* 2020, Svez. 48(9), str. 561–566.
27. **Arboix, A, i dr.** Clinical study of 222 patients with pure motor stroke. *Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2001, Svez. 71, str. 239–242.
28. **Gore, M, Bansal, K i Asuncion, R M D.** Lacunar Stroke. *StatPearls [Internet], Pubmed.* 2021.

29. **Clery, A, i dr.** Trends in prevalence of acute stroke impairments: A population-based cohort study using the South London Stroke Register. *PLOS MEDICINE*. 2020.
30. **Lawrence, E S, i dr.** Estimates of the prevalence of acute stroke impairments and disability in a multiethnic population. *Stroke*. 2001, Svez. 32(6), str. 1279-84.
31. **Hatem, S M, i dr.** Rehabilitation of Motor Function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity Recovery. *Front Hum Neurosci*. 2016, Svez. 10, str. 442.
32. **Nys, G M S, i dr.** Cognitive disorders in acute stroke: prevalence and clinical determinants. *Cerebrovasc Dis*. 2007, Sves. 23(5-6), str. 408-16.
33. **Arienti, C, i dr.** Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews. *PLoS One*. 2019, Svez. 14(7).
34. **Raghavan, P.** Upper Limb Motor Impairment Post Stroke. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2015, Svez. 26(4), str. 599–610.
35. **Li, M , i dr.** Gait Analysis for Post-Stroke Hemiparetic Patient by Multi-Features Fusion Method. *Sensors*. 2019, Svez. 19, str. 1737.
36. **Aqueveque, P, i dr.** After Stroke Movement Impairments: A Review of Current Technologies for Rehabilitation. *INTECH*. 2017, Chapter 7, str. 96-116.
37. **Ghez, C.** The control of movement. *Principles of Neural Science*. 3, 1991, str. 533-547.
38. **Balasubramanian, S.** Motor impairments following stroke. *Human Systems Neuroscience*. 2015.
39. **Zaman Khan Assir, M i Das, J M.** How to Localize Neurologic Lesions by Physical Examination. *StatPearls [Internet]*. 2020.
40. **Zayia, L C i Tadi, P.** Neuroanatomy, Motor Neuron. *StatPearls [Internet]*. 2020.
41. **Emos, M C i Rosner, J.** Neuroanatomy, Upper Motor Nerve Signs. *StatPearls [Internet]*. 2020.
42. **Arboix, A i Martí´-Vilalta, J L.** Hemiparesis and other types of motor weakness. *Stroke Syndromes, Third Edition*. 2012.
43. **The Human Phenotype Ontology.** Weakness due to upper motor neuron dysfunction.



44. **Reed, K L.** Hemiplegia/Hemiparesis in Stroke. *Nervous System Disorders*. Part III, 2014.
45. **Hatem, S M, i dr.** Rehabilitation of Motor Function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity Recovery. *Front Hum Neurosci*. 2016, Svez. 10, str. 443.
46. **Li, S, Francisco, G E i Zhou, P.** Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. *Front Physiol*. 2018, Svez. 9, str. 1021.
47. **Rivelis, Y, Zafar, N i Morice, K.** Spasticity. *StatPearls [Internet]*. 2020.
48. **Schinwelski, M, i dr.** Prevalence and predictors of post-stroke spasticity and its impact on daily living and quality of life. *Neurol Neurochir Pol*. 2019, Svez. 53(6), str. 449-457.
49. **Qu, J F, i dr.** Does the Babinski sign predict functional outcome in acute ischemic stroke? *Brain Behav*. 2020, Svez. 10(4).
50. **Kumar, S P i Ramasubramanian, D.** The Babinski sign--a reappraisal. *Neurol India*. 2000, Svez. 48(4), str. 314-8.
51. **Pérez-Mármol, J M, i dr.** Functional rehabilitation of upper limb apraxia in poststroke patients: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2015, Svez. 16, str. 508.
52. **Sampanis, D S i Riddoch, J.** Motor Neglect and Future Directions for Research. *Front Hum Neurosci*. 2013, Svez. 7, str. 110.
53. **Jang, S H i Seo, Y S.** Complete monoplegia due to limb-kinetic apraxia in a patient with traumatic brain injury. *Medicine (Baltimore)*. 2020, Svez. 99(49).
54. **Acosta, L M, Bennett, J A i Heilman, K M.** Callosal disconnection and limb-kinetic apraxia. *Neurocase*. 2014, Svez. 20(6), str. 599-605.
55. **Wist, S, Clivaz, J i Sattelmayer, M.** Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. Issue 2, 2016, Svez. 59, str. 114-124.
56. **Schneider, R i Gautier, J-C.** Leg weakness due to stroke Site of lesions, weakness patterns and causes. *Brain*. 1994, Svez. 117, str. 347-354.
57. **Ivanenko, Y i Gurfinkel, V S.** Human Postural Control. *Front Neurosci*. 2018, Svez. 12, str. 171.

58. **Coskun, B, i dr.** Comparison of the Static and Dynamic Balance Between Normal-Hearing and Hearing Impaired Wrestlers. *Monten. J. Sports Sci. Med.* 8, 2019, No 1, str. 11-16.
59. **Laufer, Y, i dr.** Standing Balance and Functional Recovery of Patients with Right and Left Hemiparesis in the Early Stages of Rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair* . 2003, Svez. 17(4).
60. **Raynard, F, Christe, D i Terrier, P.** Postural control in healthy adults: Determinants of trunk sway assessed with a chest-worn accelerometer in 12 quiet standing tasks. *PLOS ONE*. 2019.
61. **Vistamehr, A, i dr.** Correlations between Measures of Dynamic Balance in Individuals with Post-stroke Hemiparesis. *J Biomech.* 2016, Svez. 49(3), str. 396-400.
62. **Mackinnon, C D.** Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. *Handb Clin Neurol.* 2018, Svez. 159, str. 3-26.
63. **Schmidt, R i Willis, W.** Neuraxis. *Encyclopedia of Pain.* 2007.
64. **Barros de Oliveira, C, i dr.** Balance control in hemiparetic stroke patients: Main tools for evaluation. *Journal of Rehabilitation Research & Development.* 2008, Svez. 45, No 8, str. 1215–1226.
65. **Yavuzer, G.** POSTURAL CONTROL IN HEMIPARETIC PATIENTS AFTER STROKE. *FTR Bil Der - J PMR Sci.* 2006, Svez. 9(3), str. 77-79.
66. **Tasseel-Ponche, S, Yelnik, A P i Bonan, I V.** Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. *Clinical Neurophysiology.* 2015, Svez. 45, str. 327-333.
67. **Maki, B E.** Postural Strategies. *Encyclopedia of Neuroscience.* 2009.
68. **“Center of mass.”.** *Merriam-Webster.com, Dictionary.* 11. Aug 2021, str. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/center%20of%20mass>.
69. **Anderson, D E, Madigan, M L i Nussbaum, M A.** Maximum voluntary joint torque as a function of joint angle and angular velocity: model development and application to the lower limb. *J Biomech.* 2007, Svez. 40 (14), str. 3105–3113.
70. **Dieterich, M i Brandt, T.** Perception of Verticality and Vestibular Disorders of Balance and Falls. *Front Neurol.* 2019, Svez. 10.

71. **Jang, H Y, Kim, Y L i Lee, S M.** Perception and use of balance measures for stroke patients among physical therapists in South Korea. *J Phys Ther Sci.* 2017, Svez. 29(2), str. 255–260.
72. **Bambirra, C, i dr.** Clinical evaluation of balance in hemiparetic adults: a systematic review. *Fisioter. mov.* 2015, Svez. 28(1).
73. **Zeltzer, L i McDermott, A.** Berg Balance Scale (BBS). *STROKE ENGINE.* 2010.
74. **Kornetti, D L, i dr.** Rating scale analysis of the Berg balance scale. *Physical Medicine and Rehabilitation.* 2004, Svez. 85, str. 1128-1135.
75. **Donoghue, D i Stokes, E K.** How much change is true change? The minimum detectable change of the Berg Balance Scale in elderly people. *Journal of Rehabilitation Medicine.* 2009, Svez. 41(5).
76. **Khan, S, i dr.** Comparing Falls Efficacy Scale International and Berg Balance Scale in Predicting Recurrent Risk of Fall in Stroke Patients. *Journal of Modern Rehabilitation.* 2017, Svez. 11, No 2.
77. **Tutuarima, J A, i dr.** Risk Factors for Falls of Hospitalized Stroke Patients. *Stroke.* Svez. 28, No 2.
78. **Youb Lim, J, i dr.** Incidence and risk factors of poststroke falls after discharge from inpatient rehabilitation. *PM R.* 2012, Svez. 4(12), str. 945-53.
79. **Campbell, G B i Tabolt Matthews, J.** An Integrative Review of Factors Associated With Falls During Post-Stroke Rehabilitation. *J Nurs Scholarsh.* 2010, Svez. 42(4), str. 395-404.
80. **Maeda , N, Kato, J i Shimada, T.** Predicting the probability for fall incidence in stroke patients using the Berg Balance Scale. *J Int Med Res.* 2009, Svez. 37(3), str. 697-704.
81. **Khan, S, i dr.** A Comparison of the Falls Efficacy Scale-International with Berg Balance Scale to Evaluate the Risk of Falls in Post Stroke Patients. *MedCrave.* 2015, Svez. 3, Issue 3.
82. **Blum, L i Korner-Bitensky, N.** Usefulness of the Berg Balance Scale in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Physical Therapy.* 2008, Svez. 88, Issue 5, str. 559–566.

83. **Kudlac, M, i dr.** Reliability and Validity of the Berg Balance Scale in the Stroke Population: A Systematic Review. *Physical & Occupational Therapy In Geriatrics*. Svez. 37, Issue 3, str. 196-221.
84. **Lim, C R, i dr.** Floor and ceiling effects in the OHS: an analysis of the NHS PROMs data set. *BMJ Open*. 2015, Svez. 5(7).
85. **Morgan, M T, i dr.** Reliability and Validity of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I) in Individuals with Dizziness and Imbalance. *Otol Neurotol*. 2013, Svez. 24(6), str. 1104–1108.