

## Ritmičko-auditorna stimulacija u tretmanu hoda kod osoba sa Parkinsonovom bolešću

Tamara PAUNOVIĆ<sup>1</sup>

Student doktorskih studija, Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Srbija

U radu su predstavljeni rezultati istraživanja uticaja ritmičko-auditorne stimulacije, kao komplementarne tehnike eksterne podrške neurološkoj rehabilitaciji hoda kod osoba sa Parkinsonovom bolešću. U pregled je uvršteno 12 empirijskih eksperimentalnih istraživanja objavljenih u periodu 1990-2016. godine. Ocenjeno je da je ritmičko-auditorna stimulacija efikasna u pružanju podrške planiranju i egzekuciji motoričkih funkcija. Rezultati pregleda su pokazali dosledan uticaj ritmičko-auditorne stimulacije u tretmanu spacio-temporalnih parametara hoda kao što su: brzina hoda, dužina pređene trase, kadenca, vreme pređene trase i redukciji i stabilizaciji obrazaca aktivacije mišića natkolenice i potkolenice. Pozitivan uticaj na parametre hoda se ispoljava kroz sinhronizaciju kadence sa pulsom auditornog stimulusa i stimulacijom boljih rezultata temporalnih parametara hoda u vidu sinhronizacije kadence sa auditornim pulsom koji je veći od bazične kadence ispitanika. Jedini slučaj gde se ritmičko-auditorna stimulacija nije pokazala uspešnom je pri poređenju efikasnosti eksternih stimulacija. U odnosu na hod sa podrškom para, ritmičko-auditorna stimulacija nije značajna kao tehnika podrške obrascima hoda. Ritmičko-auditorna stimulacija se preporučuje kao tehnika podrške u tretmanu narušenih obrazaca hoda kod osoba sa Parkinsonovom bolešću.

**Ključne reči:** komplementarna tehnika, neurološka rehabilitacija, pacijenti

## Uvod

Parkinsonova bolest (u daljem tekstu: PB) je progresivni neurološki poremećaj (Lim et al., 2005, Bächlin et al., 2010) koje izaziva gubitak dopaminergijskih ili drugih subkortikalnih neurona (Braak et al., 2004, prema Bächlin et al., 2010). PB ima rastuću prevalencu sa starenjem (Lim et al., 2005): u Evropi, 1,8/100 000 stanovnika starijih od 65 godina ima dijagnostifikovanu PB, dok je prevalenca u kategoriji 85-89 godina 2,6 na 100.000 stanovnika (De Rijk et al. 2002, prema Lim et al., 2005).

Motorički poremećaji su najizraženiji deo (Thaut et al., 1996) simptomatologije Parkinsonovog sindroma (Janković, 2008, prema Bächlin et al., 2010). Narušeni obrasci hoda kod osoba sa PB podrazumevaju teškoće kod automatskih egzekucija elementarnih pokreta, pri izvođenju motoričkih zadataka i disharmoniju repetitivnih pokreta po ritmu, brzini i amplitudi (Olmo & Cudeiro, 2003). PB je uzrok 200.000 fraktura kuka na godišnjem nivou (Sudarsky, 1990, prema Miller, Thaut, McIntosh, & Rice, 1996). Česti pratoci PB su: smanjena brzina hoda, asimetrija ciklusa hoda (Knutsson, 1972, Ueno, Yanagisawa, & Takami, 1993, sve prema McIntosh et al., 1997), bradikinezija (McIntosh et al., 1997; Thaut et al., 1996), skraćivanje obrazača dužine pređene trase (Grimbergen, Munneke & Bloem, 2004, Stolze et al., 2004, sve prema Bruin et al., 2010; Knutsson, 1972, Ueno, Yanagisawa & Takami, 1993, sve prema McIntosh et al., 1997; Miller et al., 1996), redukovana kadenca (Marsden, 1989, Rogers, 1996, sve prema Lim et al., 2005; Thaut et al., 1996), skraćivanje koraka (McIntosh et al., 1997), povećani rizik od padova (DeDreu et al., 2012; Bloem, Hausdorff, Visser & Giladi, 2004, Knutsson, 1972, Morris, Huxham, McGinley, Dodd & Iansek, 2001, Rogers, 1996, sve prema Lim et al., 2005), nepravilna postura, manjena mobilnost, tremor i u stanju mirovanja, akinezija ili posturalna nestabilnost, zamrzavanje motoričkih pokreta do potpune motoričke oduzetosti (Grimbergen, Munneke, & Bloem, 2004, Stolze et al., 2004, sve prema Bruin et al., 2010; Marsden, 1989, Blin, Ferrandez, & Serratrice, 1990, Morris, Iansek, & Matyas, 1996, Morris, Huxham, McGinley, Dodd & Iansek, 2001, prema Lim et al., 2005). Najčešći farmakološki tretman PB je dopaminska terapija (Bächlin et al., 2010), koja ne uspeva da otkloni navedene motoričke poremećaje (Baachlin et al., 2010; Blin, Ferrandez & Serratrice, 1990, prema Lim et al., 2005; Giladi et al., 1992, prema McIntosh et al., 1997; Nombela, Hughes, Owen & Grahn, 2013; Thaut et al., 1996).

Autori potvrđuju da se motoričke performanse osoba sa PB mogu poboljšati ako se uvede eksterna senzorna stimulacija kao komplementarna strategija (Nieuwboer et al., 2007, prema DeDreu et al., 2012; Lim et al., 2005; McIntosh et al, 1997; Olmo & Cudeiro, 2003). U preglednom članku, Lim i saradnici (Lim et al., 2005) ističu sličnost efekata vizuelne i auditorne stimulacije i favorizuju auditornu stimulaciju s obzirom da izaziva bržu humanu reakciju nego vizuelni stimulus. Od senzornih stimulacija, empirijski su zastupljene tehnike mapiranja linija na podu (Martin, 1967, prema McIntosh et al, 1997; Howe, Lövgreen, Cody, Ashton, & Oldham, 2003) i akustička stimulacija (McIntosh et al, 1997; Thaut et al., 1996) – ritmičko-auditorna stimulacija. Taut i saradnici (Thaut et al., 1999, prema Nombela et al., 2013) ističu snažniju humanu detekciju auditornog sistema, usled periodičnosti muzičke forme i ritmičkih obrazaca, u odnosu na druge senzorne sisteme.

Ritmičko-auditorna stimulacija (u daljem tekstu: RAS) je standardizovana tehnika u neurološkoj terapiji hoda (Lindaman & Abiru, 2013), odnosno biološki zasnovana tehnika sistematske primene muzike u artikulaciji pokreta i facilitaciji motoričkih funkcija (de L'Etoile, 2007, prema Lindaman & Abiru, 2013; Thaut, 2005). Kod terapijskog potencijala muzičkog ritma, autori se oslanjaju na teze nekolicine istraživača (Lee et al., 1996, prema Nombela et al., 2013) diskutuju o auditornom refleksu, brzoj humanoj reakciji na zvuk. RAS u tretmanu motoričkih poremećaja koristi dvodelni metar (2/4, 4/4). Kao izvor zvuka se primenjuje metronom ili muzika sa jasno artikulisanom ritmičkom komponentom i pravilnim ritmičkim obrascima, koji imaju potencijal da podstaknu na sinhronizaciju parametre hoda, kao što su kadenca, dužina trase, brzina hoda i slično (Lindaman & Abiru, 2013; Thaut, 2005). Bazična forma ritmičke stimulacije je primena metronoma, ali se koriste i auditorni izvori različite kompleksnosti u kojima je ritam dominantna kategorija. Ukoliko ritam i puls nisu dominantne kategorije auditornog izvora u RAS, efekat može izostati (Nombela et al., 2013).

Prema Nombeli i saradnicima, RAS je jedna od prvih tehnika hoda primenjenih u neurološkoj rehabilitaciji (Nombela et al., 2013). Prvi primer akustičke facilitacije je primenjen i opisan 1942. godine (Von Wilzenben, 1942, prema Lim et al., 2005), a prvu sistematsku meta-analizu eksternih stimulacija na osobe sa Parkinsonovom bolešću su uradili Lim i saradnici (Lim et al., 2005). Zaključci potvrđuju efekat eksterne auditorne stimulacije na kvalitet hoda kod osoba sa PB, ali sa ograničenjem da se rezultati iz laboratorijskih uslova moraju empirijski potvrditi i u drugim uslovima.

Lindeman i Abiru (Lindaman & Abiru, 2013) ocenjuju ulogu muzike u facilitaciji hoda kao najzastupljeniju oblast terapijske primene muzike.

U dosadašnjim empirijskim istraživanjima, RAS se, kao tehnika u rehabilitaciji hoda, primenjuje kod populacija sa različitim dijagnozama neuroloških poremećaja: sa moždanim udarom (Schauer, Steingreuber & Mauritz, 1996, Schauer & Mauritz, 2003, Bradt et al., 2010, Nakano et al., 2010, sve prema Lindaman & Abiru, 2013; Hurt, Rice, McIntosh & Thaut, 1998; Thaut et al., 1993; Thaut et al., 1997; Thaut et al., 2007), sa multiplom sklerozom (Conklyn et al., 2010; de L'Etoile, 2008, prema Lindaman & Abiru, 2013), demencijom i Alchajmerovim sindromom (Clair & O'Konski, 2006; Hagen, Armstrong-Esther & Sandilands, 2003; Raglio et al., 2012), cerebralnom paralizom (Kim et al., 2011; Kim et al., 2012; Kwak, 2007), Hantingtonovom bolešću (Nombela et al., 2013) i šlogom (Cha, Kim & Chung, 2014; Prassas, Thaut, McIntosh, & Rice, 1997).

RAS se pokazala kao efikasna tehnika i u tretmanu hoda osoba sa Parkinsonovom bolešću (Bachlin et al., 2010; Van Wegen et al., 2006, prema Bachlin et al., 2010; DeDreu et al., 2012; Lim et al., 2005; Satoh, Kuzuhara, 2008, Thaut & Abiru, 2010 sve prema Nombela et al., 2013, Olmo & Cudeiro, 2005; Rochester et al., 2009; Thaut et al., 1996). Pozitivni efekti se primećuju u kategorijama brzine koraka, kadenci, dužini trase, simetriji muskulatorne aktivacije gornjih i donjih ekstremiteta i smanjenju temporalne varijabilnosti (Nombela et al., 2013).

## Metod

Rad predstavlja pregled 12 aktuelnih empirijskih istraživanja uticaja RAS na motoričke performanse hoda kod osoba sa PB. Pretraga radova je vršena pomoću domena [www.scholar.google.com](http://www.scholar.google.com), elektronskih baza naučnih publikacija Konzorcijuma biblioteka Srbija za objedinjenu nabavku (KOBSON) i Srpskog citatnog indeksa. U okviru napredne pretrage domena [www.scholar.google.com](http://www.scholar.google.com) na ključne reči *Parkinson syndrome*, *RAS* i *gait* u vremenskom okviru od 1990. do 2016. godine je dobijeno 2.090 rezultata. Kriterijumi za uključivanje radova u pregled su: (1) Empirijski tip istraživanja; (2) Radovi sa istraživačkim predmetom Ritmičko-akustičke stimulacije motoričkih funkcija donjih ekstremiteta – hoda kod osoba sa dijagnozom PB. Kriterijumi isključivanja: (1) Dijagnoza neurološkog poremećaja drugačija od PB. (2) Radovi koji istražuju motoričke performanse gornjih

ekstremiteta; (3) Radovi u kojima RAS nije predmet istraživanja, već samo referenca. Radovi nedostupni javnosti preko domena [www.scholar.google.com](http://www.scholar.google.com) su traženi preko elektronskih baza KOBSON-a: Ebsco (EB), Oxford Journals (OX), Free Medical (FM), Wiley Interscience (WI), Sage (SG), Science Direct (SD) i DOAJ (DAj). Pretraga Srpskog citatnog indeksa na ključne reči *Parkinsonov sindrom* je dala jedan rezultat koji nije ispunio kriterijume uključivanja. Dalja pretraga je vršena prema citiranoj literaturi prvobitno dostupnih teorijskih i empirijskih radova. Radovi su prezentovani prema hronološkom redosledu publikovanja.

## Rezultati

Taut i saradnici (Thaut et al., 1996) su u tronedeljnom eksperimentu merili učinak ritmičke stimulacije na EMG obrasce i parametre hoda kod osoba sa PB. Svi ispitanici su imali motorički poremećaj kvaliteta hoda, ali su bili sposobni da se samostalno kreću. U uzorku je bilo 37 ispitanika sa PB na redovnoj dopaminskoj terapiji. U eksperimentalnu grupu sa ritmičkom muzičkom stimulacijom je raspoređeno 15 pacijenata (10 muškaraca, 5 žena prosečna starost  $M=69$  godina, Hoehn-Yahr=2,4) sa dijagnozom PB. U kontrolnoj grupi je bilo 22 pacijenta sa PB podeljenih na dve podgrupe (prosečna starost  $M1=71$  Hoehn-Yahr=2,6  $M2=74$  Hoehn-Yahr=2,5). RAS je predstavljena u obliku snimljene instrumentalne muzike dvodelnog metra (2/2, 4/2) u trajanju od 32 takta sa dodatnim snimkom metronoma u funkciji isticanja ritmičke komponente u tri različita tempa. Elektronskim modifikacijama je manipulirano tempom slušane muzike, kako bi pacijenti usklađivali brzinu hoda uz novo dobijene muzičke verzije. Tokom tri nedelje su ispitanici u eksperimentalnoj grupi šetali uz snimljenu muziku 30 minuta svaki dan. Testiranja su vršena u jutarnjim terminima, 90-120 minuta nakon medikamentozne terapije. Prve nedelje je trening rađen sa (1) pretest bazičnom kadencom pacijenata, (2) 5-10% bržim stimulišućim tempom muzike i mečovanim hodom i (3) 15-20% bržim stimulišućim tempom muzike i mečovanim hodom. Svake nedelje su nivoi tempa povećavani za 5-10% u skladu sa individualnim mogućnostima ispitanika. Uzorak je bio podeljen u eksperimentalnu grupu ( $n=15$  prosečna starosna dob  $M=69$  godina) i kontrolnu grupu sa dve procedure ( $n=11$   $n=11$  prosečna starost  $M1=71$  godina,  $M2=74$  godina). Eksperimentalna procedura je podrazumevala ritmizovane vežbe akcentovane u tri različita tempa. Pacijenti su birali

muzičke fragmente prema ponuđenim stilovima (folk, klasična, džez i kantri). Mereni su parametri koraka i padova i EMG obrasci mišića potkolenice (središnji gastroknemijski mišić potkolenice, GA i tibialis anterior, TA) i natkolenice (vastus lateralis VA). Analizirane su promene varijabilnosti, bilateralne simetrije i vremena aktivacije EMG obrazaca. Test–re-test promena obrazaca je pokazala da je samo promena TA bila značajna. Post-test promene simetrije u eksperimentalnoj grupi su povećane za svaki mišić do 85%. Period mišićne aktivacije je značajno smanje u post-test merenju kod VA i TA. Eksperimentalna grupa je značajno poboljšala brzinu za 25%, dužinu trase za 12%, kadencu za 10% u odnosu na kontrolnu grupu koja je brzinu povećala za 7%. Značajno je prosečno povećanje brzine u eksperimentalnoj grupi. Autori su smatrali da upoznatost sa procedurom nije uzrok efekata u eksperimentalnoj grupi. Dužina trase i kadenca su značajno poboljšani parametri u eksperimentalnoj grupi, dok kontrolna grupa nije imala značajne rezultate. Prosečna stimulacija brzine hoda je bila 18,2% u odnosu na bazični post-test hod. U eksperimentalnoj grupi su EMG obrasci značajno promenjeni u mišićima prednje natkolenice (VA) i potkolenice (TA). Nakon eksperimentalne procedure, ispitanici su popunjavali upitnik prema kome su istraživači ocenjivali njihovo zadovoljstvo tretmanom. U 100% slučajeva, iskustvo RAS zapacijente je bilo pozitivno. RAS je delotvorna senzomotor-na tehnika u poboljšanju kvaliteta hoda i pojedinih obrazaca EMG pacijenata sa PB nakon tronedeljnog tretmana čiji efekti ostaju prisutni i 24 sata nakon senzorne stimulacije.

Mekintoš i saradnici (McIntosh et al.,1997) su ispitivali uticaj RAS na brzinu hoda, kadencu, dužinu trase i simetriju kod pacijenata sa PB. Uzorak studije čini 31 ispitanik, 21 pacijent sa PB (15 muškaraca, šest žena, prosečna starost  $M=71$  godina, Hoehn-Yahr 2-4) i 10 starijih kontrolnih ispitanika bez neuroloških oštećenja (šest žena, četiri muškarca, prosečna starost  $M=72$  godine). Među ispitanicima sa PB, 21 pacijent je na redovnoj medikamentoznoj terapiji (prva ekpserimentalna grupa), 10 nije (druga ekpserimentalna grupa). Eksperimentalna procedura je sprovedena u sve tri grupe. Korišćena je muzika renesansnog stila, dvodelnog metra (2/4) radi usklađivanja ritma muzike i hoda pacijenata na dužini od 30 metara. Ekpserimentalna procedura je sprovedena u četiri situacije na pojedinačnoj trasi od 30 metara: (1) maksimalna brzina hoda bez eksterne stimulacije; (2) mečvanje kadence i pulsa RAS-a, 100% bazična kadenca; (3) RAS na nivou 110% bazične kadence; (4) bez RAS, merenje kratkoročnih efekata. RAS je snimljena instrumentalna muzika renesansnog stila u dvedelnom

metru (2/4) sa mogućnošću tehničkih modifikacija tempa. Ispitanici na dopaminskoj terapiji (period „on“) su testirani ujutru 60-90 minuta pre uzimanja lekova. Ispitanici koji nisu na terapiji su testirani uveče uvek u isto vreme 24 sata nakon poslednje doze. Kontrolni ispitanici su testirani uvek u isto vreme tokom dana. RAS je doneo značajne promene prosečne brzine, kadence i dužine trase u svim grupama i približnu sinhronizaciju rezultata eksperimentalne grupe sa kontrolnom grupom. Promena simetrije ni u jednoj grupi nije bila značajna. Poboljšanja brzine, kadence i dužine trase su trajale i tokom poslednje eksperimentalne situacije bez eksterne stimulacije, sa malim padom procenta brzine 1-5%, što potvrđuje kratkoročni efekat RAS. Autori su primetili funkcionisanje principa povlačenja i pored neurološke disfunkcionalnosti bazalnih ganglija. Zaključak istraživanja je da ritmička stimulacija može da olakša lokomotorne funkcije kod pacijenata sa PB. Autori preporučuju RAS kao efikasnu tehniku u rehabilitaciji disfunkcionalnog hoda kod pacijenata sa PB.

Fridlend i saradnici (Freedland et al., 2002) su objektivnim merenjima ispitivali uticaj RAS na hod kod pacijenata sa PB koristeći stimulaciju metronomom. Učestvovalo je 16 ispitanika (11 muškaraca, pet žena) sa dijagnozom PB (prosečna starost  $M=74$  godina). Dizajn studije operiše sa test-retest merenjima. Tri su eksperimentalne situacije sprovedene: merenje bazične kadence ispitanika, mečovanje pulsa hoda i metronoma (100%), stimulacija bržeg hoda uz puls metronoma 110%. Uključeno je i objektivno merenje srčanog pulsa u sedećem položaju tokom odmaranja u trajanju od jednog minuta. Razmatrane su promene kadence, vremena iskoraka, brzina, dupli iskorak, dužina koraka i bazična podrška za levu i desnu nogu. Značajno smanjenje je nađeno kod vremenskog ciklusa na opštem test-retest merenju. Pozitivan uticaj RAS – metronoma je izmeren kao značajan u odnosu na test-retest merenja. Ispitanici su proveli značajno manje vremena u dvostrukom osloncu nakon RAS tretmana metronoma. Dužina koraka je značajno povećana na retest merenju. Kadencia je značajno smanjena u posttest merenju. Nakon eksperimentalne procedure sa stimulacijom metronomom, brzina bazičnog hoda bez stimulacije je opala za 9,35%. Uloga metronoma kao eksternog stabilizatora protoka vremena je značajna na mečovanju kadence 100% i 110%. U brzini iskoraka nije bilo razlike između leve i desne noge. Brzina je značajno veća. Pozitivna korelacija je pronađena između vremena medikamentozne terapije i bazičnog hoda u situacijama: test, metronom na 100% kadence metronom postavljen na 110% kadence i retest merenje. Rezultati upućuju da je vreme uzimanja terapije uticalo na

širinu bazičnog hoda kad je metronom uveden. Autori potvrđuju pozitivno dejstvo RAS na parametre hoda pacijenata sa PB.

Havi i saradnici (Howe et al., 2003) su merili uticaj RAS na spacio-temporalne parametre hoda (kadencu, dužinu pređene trase i brzinu hoda) kod pacijenata u ranoj fazi PB. Učestvovalo je 11 pacijenata (devet muškaraca i dve žene, prosečna starost  $M=54$  godina, Hoehn & Yahr 1-2) u ranoj fazi PB. Ispitanici su imali samostalni hod bez deficita ravnoteže. Kriterijum isključivanja je bila demencija merena *Mini Mental Test-om* (Folstein & Folstein, 1975). Dužina trase je devet metara. Bazična kadenca je merena prolaskom 3 trase bez eksterne stimulacije. RAS tretman se sastojao iz jedne seanse u trajanju od 45 minuta. Ponovljena su merenja na bazičnoj situaciji i četiri eksperimentalne situacije stimulacije hoda na četiri nivoa (85%, 92,5%, 107,5% i 115%). Zadatak je mečovanje kadenca sa pulsom RAS nakon jednog minuta slušanja. Redosled eksperimentalnih situacija je randomiziran. Nakon svakog nivoa merenja je određivan odmor u trajanju od tri minuta. Prosečna kadenca i brzina su značajno povećane na nivou merenja 115% i 107,5% u odnosu na bazični hod, dok je na nivou 85% smanjena. Dužina pređene trase se nije značajno promenila. Zaključak je da brzina auditornih stimulusa ima potencijal da modifikuje temporalne, ali ne i spacijalne parametre hoda pacijenata sa PB u ranoj fazi bolesti.

Olmo i Kudeiro (Olmo & Cudeiro, 2003) su realizovali pilot-istraživanje sa ciljem ispitivanja uticaja RAS na promene EMG obrazaca mišićnih promena kod pacijenata sa PB. U studiji je učestvovalo 11 pacijenata ( $M=61,5$  Hoehn-Yahr=3-4). U eksperimentalnij grupi je bilo šest ispitanika (tri muška, tri ženska) sa PB na regularnoj medikamentoznoj terapiji, dok je u kontrolnoj grupi bilo pet zdravih ispitanika. Vršena su elektromiografska testiranja mišića Tibialis Anterior (TA) i Gastrocnemius (GA) obe noge. Testiranje je sprovedeno 60 minuta nakon uzimanja terapije. Pacijenti nisu imali probna testiranja i nisu imali prilike da uvežbavaju eksperimentalni protokol. Svi paramteri su značajno smanjeni, varijabilnost svakog pojedinačnog parametra, što je dovelo do značajnog poboljšanja vremena aktivacije pokreta. Svi pacijenti su imali značajnu promenu EMG obrazaca: interval između EMG odgovora TA mišića je smanjen za 20%, 23% VA and 20% GA). Rezultati su kompatibilni sa rezultatima dobijenim u prethodnim studijama. Zaključak studije je da ritmičko-auditorna stumulacija ima potencijal da smanji vreme mišićnog odgovora na zadatu motoričku komandu.



Olmo i Kudeiro Olmo & Cudeiro, 2005) su merili uticaj RAS na dužinu koraka, kadencu i brzinu hoda kod pacijenata sa PB. U istraživanju je učestvovalo 30 pacijenata, 15 sa PB (osam muškaraca, sedam žena, prosečna starost 61,7, Hoehn-Yahr 1-2,5) na dopaminskoj terapiji i 15 kontrolnih subjekata (11 muškaraca, četiri žene, prosečna starost 63,1) bez istorije neuroloških oboljenja. Muzička intervencija u eksperimentalnoj grupi je trajala četiri nedelje, pet puta nedeljno po jedan sat. Pacijenti su hodali 30 metara na tri zadata načina: bazični hod, bazični hod sa manuelnim zadatkom, stimulišući hod (uz RAS) sa mečovanjem kadence i pulsa muzike. Mereni su: brzina, izražene pređenom dužinom trase u metrima u sekundi, dužina koraka, kadenca (zasićenost koraka u minuti) i varijabilnost intervala dva uzastopna koraka. Rezultati su prikazani prema zadacima: (1) korak u optimalnoj brzini; (2) korak sa manuelnim zadatkom; (3) hod u većoj brzini: Eksperimentalna grupa je ostvarila značajno niža postignuća u odnosu na kontrolnu grupu u kategoriji brzine hoda i dužini koraka u sva tri zadatka. U kategoriji dužini koraka, eksperimentalna grupa je imala i značajno manju prosečnu dužinu poredeći dva različita zadatka. Ovakvo merenje nije sprovedeno u kontrolnoj grupi. Pozitivan rezultat u kategoriji kadence koraka u eksperimentalnoj grupi je pronađen jedino u zadatku brzog hoda: u ponovljenom merenju je primećeno značajno smanjenje kadence u odnosu na inicijalno merenje. Eksperimentalna grupa je u ovom zadatku pokazala značajno manju kadencu od kadence kontrolne grupe. U eksperimentalnoj grupi je koeficijent varijabilnosti bio značajno veći u prvom i drugom zadatku, dok u trećem nije bilo značajne razlike u odnosu na kontrolnu grupu. U prvom zadatku jeste primećena razlika u varijabilnosti u obe grupe, ali je samo za kontrolnu grupu razlika značajna; (4) Zadatak reprodukcije i (5) sinhronizacije: muzičkog pulsa u četiri tempa. Četvrti zadatak je pokazao povećanje brzine u obe grupe u sva četiri tempa u repetitivnom merenju, ali je povećanje statistički značajno za eksperimentalnu grupu u umerenom (puls=60) i brzom tempu (puls=90), a za kontrolnu u umerenom (puls=60), brzom (puls=90) i veoma brzom tempu (puls=120). Kadenca koraka je u petom zadatku u eksperimentalnoj grupi značajno smanjena kod umerenog (puls=60) i brzog tempa (puls=90), u veoma brzom tempu (puls=120) nije bilo značajne razlike, dok se ta razlika značajno povećala u najbržem tempu (puls=150). U kontrolnoj grupi je prosečna kadenca značajno smanjena u petom zadatku u umerenom, brzom i veoma brzom tempu (60, 90, 120), dok u najbržem tempu nije bilo razlike (150). Rezultati hoda bez eksterne stimulacije pokazuju da je brzina u eksperimentalnoj grupi značajno manja

u odnosu na kontrolnu grupu u svakoj situaciji: optimalni hod, optimalni hod sa manuelnim zadatkom i brzi hod. Dužina koraka je takođe manja u eksperimentalnoj grupi: optimalan hod, optimalni hod sa manuelnim zadatkom i brzi hod. Kadenca se razlikuje samo u brzom hodu. U eksperimentalnoj grupi je nađeno značajno smanjenje prosečne dužine koraka optimalnog hoda i hoda sa manuelnim zadatkom. Koeficijent varijabilnosti je veći u eksperimentalnoj grupi kod optimalnog hoda sa manuelnim zadatkom u poređenju sa kontrolnom grupom. Obe grupe su imale trend smanjenja koeficijenta varijabilnosti optimalnog hoda, ali je smanjenje značajno samo u kontrolnoj grupi. Rezultati hoda uz RAS donose značajno povećanje prosečne brzine u obe grupe na nivou tempa 60 otkucaja i 90, za kontrolnu i 120. Kadenca je u eksperimentalnoj grupi i kontrolnoj grupi bila značajno manja na nivou 60 otkucaja. Za kontrolnu grupu tu je i značajna razlika na nivou 120, a za eksperimentalnu na 150. Dužina koraka se smanjila u obe grupe u sva četiri tempa u petom zadatku. Multivarijantnom analizom je izdvojen faktor „slušanja nasuprot sinhronizaciji“ za obe grupe. Pacijenti su demonstrirali manju dužinu i veću brzinu koraka u odnosu na kontrolnu grupu u tri motorička zadatka. Varijabilnost je značajno poboljšana za optimalni hod u eksperimentalnoj, ali ne i u kontrolnoj grupi. Zaključak je da eksterna ritmička stimulacija pomaže pacijentima sa PB da poboljšaju kadencu koraka i olakšava njihovu lokomotornu funkciju. Sama prisutnost ritmičkog stimulansa daje pozitivan učinak, bilo da je tražena reprodukcija nakon slušanja ili vremenska sinhronizacija.

Hausdorf i saradnici (Hausdorff et al., 2007) su merili uticaj auditorne stimulacije na varijabilnost hoda pacijenata sa Parkinsonovom bolešću. Testiranje je rađeno na ruti od 100 metara (četiri trase od 25 metara) sa eksperimentalnom situacijom spoljašnje auditorne stimulacije i sa kontrolnom situacijom tišine. Uzorak čini devet pacijenata sa PB (55% muškaraca 45% žena  $M=67,2$  Hoehn & Yahn 2-3) i 26 zdravih kontrolnih pacijenata mečovanih prema polu i starosnoj dobi (64,6 47% mškaraca, 53% žena). Grupisanje je urađeno prema kriterijumu dijagnoze, a ne primenom postupka randomizacije. Uzorak je unutrašnje koherentan (prema polu, starosnoj dobi, visini i težini). Prate se efekti auditorne stimulacije metronoma na: prosečno vreme prolaska trake, prosečno vreme zamaha, varijabilnost vremena za rutu, varijabilnost zamaha. Postavljeno je šest eksperimentalnih situacija sa dva minuta pauze između svake situacije: (1) bazični hod (optimalni puls, bez RAS); (2) hod uz RAS, mečovanje kadence na nivou 100%; (3) hod bez RAS sa ciljem utvrđivanja kratkoročnih efekata RAS iz prethodne procedure;

(4) hod uz RAS na nivou 110% bazične brzine; (5) hod bez RAS (ponovno merenje kratkoročnih efekata); (6) hod bez RAS, merenje efekata nakon 15 minuta. Merenja su ponovljena. Eksperimentalna procedura je sprovedena i u kontrolnoj i u eksperimentalnoj grupi. Pacijenti su bili upoznati sa procedurom. Na test merenju su dobijeni značajno manji rezultat parametara hoda za pacijente sa PB u odnosu na kontrolnu grupu. Uticaj RAS je uočen kroz veću brzinu hoda, veću pređenu dužinu trase, duže vreme zamaha. RAS je na kontrolne ispitanike značajno uticala samo u varijabilnosti vremena prolaska trase na nivou mečovanja 100% i vremenu prolaska trase i brzini hoda na nivou mečovanja 110%. Značajno poboljšanje je uočeno u retest merenju na nivou celog uzorka. Kontrolna grupa nije imala značajan rezultat. Efekti spoljašnje stimulacije su bili vidni i u periodu od 15 minuta nakon eksperimentalne procedure, što je za autore ohabrujuć nalaz. Značajni 15-minutni efekat RAS je u eksperimentalnoj grupi bio na svim ispitivanim parametrima. U kontrolnoj grupi su značajni rezultati nakon 15 minuta ostali na parametrima brzine prolaska trase i brzine hoda. Ritmičnost se pokazala nezavisnom od promena pređene dužine trake i brzine hoda. Zaključak je da auditorna stimulacija ima funkciju eksternog stabilizatora ritmičnosti ciklusa hoda kod pacijenata sa PB.

Bruin i saradnici (Bruin et al., 2010) su pratili promene u kvalitetu hoda kod pacijenata sa Parkinsonovom bolešću uz slušanje muzike. Od 33 pacijenta na početku, 22 je završilo intervenciju. Pacijenti su randomizacijom raspoređeni u dve grupe: eksperimentalnu (n=11, prosečna starost 64,1, šest muškaraca, pet žena, Hoehn-Yahr 2-3) i kontrolnu (n=11, prosečna starost 67, pet muškaraca, šest žena, Hoehn-Yahr 2-3). Podaci su prikupljeni tokom 13 nedelja. Za to vreme su ispitanici u kontrolnoj grupi nastavili sa svojim standardnim aktivnostima, dok su pacijenti iz eksperimentalne grupe slušali muziku uz hodaenje 30 minuta tri puta nedeljno. Muzički saradnik je oformio plej-listu za pacijente iz eksperimentalne grupe prema njihovim ličnim afinitetima. Puls muzičkih numera je bio meren, sinhronizovan sa optimalnim pulsom hoda svakog pacijenta (+/- 10-15 otkucaja u minuti). Načelno je birana muzika koja bi pacijentima bila poznata, dopadljiva i prijatna za slušanje. U eksperimentalnoj grupi je primećen napredak u brzini hoda, brzini iskoraka, ritmu (kadenci) i motoričkom kvalitetu. Ispitanici iz eksperimentalne grupe su hodali sporije), sa kraćim koracima i sporijom kadencom. U dualnom zadatku je eksperimentalna grupa hodala smanjenom brzinom, smanjenim vremenom i dužinom prolaska trase i kadencom u odnosu na jednostruki zadatak. U kontrolnoj grupi nije bilo značajnih

rezultata. Uticaj RAS: eksperimentalna grupa je imala značajno povećanje brzine i kadence i smanjenje vremena prolaska trase. Ispitanici iz eksperimentalne grupe su merili zadovoljstvo muzičkim tretmanom na 10-stepenoj skali i kvalitativnim odgovorima na intervjuima. Ispitanici su ocenili zadovoljstvo tretmanom prosečnom ocenom 9 i pozitivnim iskustvom u 100% slučajeva. Ispitanici su procenili da im je hod poboljšan u većoj meri od očekivane (subjektivna procena u 9/11 slučajeva) i da je eksperimentalno iskustvo unapredilo motoričke aktivnosti i nakon neposrednog uticaja muzičkog tretmana (u 2/11 slučajeva). Padovi su bili prisutni u obe grupe ravnomerno (9 + 9). Nedostaci studije su mali uzorak, relativna heterogenost grupa i nastavak svakodnevne rutine pacijenata iz kontrolne grupe umesto unificiranja sa aktivnostima eksperimentalne grupe. Autori ističu da je ovo prva studija o bezbednoj primeni muzike u unapređivanju hoda kod pacijenata sa PB u kućnim uslovima.

Ročester i saradnici (Rochester et al., 2009) su ispitivali kratkoročni efekat RAS na parametre hoda, ravnoteže i kognitivnog deficita kod pacijenata sa PB. U studiji je učestvovalo devet pacijenata sa PB (Hoehn & Yahr 1-4 prosečna starost 78,89), kognitivnim deficitom merenim Mini Mental Test-om (Folstein & Folstein, 1975) i samostalnim hodom na redovnoj dopaminskoj terapiji sat vremena nakon uzimanja lekova. Merenja su ponavljana sa dva zadatka: (a) temporalni zadatak mečovanja pulsa RAS i hoda; (b) spacijalni zadatak sa mečovanjem pulsa hoda i RAS i izvršenjem motoričkog prostornodefinisanog zadatka. Jednostruki zadaci su obavljani u dve proceduralne situacije: eksperimentalnoj (hod i RAS) i kontrolnoj situaciji (hod bez eksterne stimulacije). Dvostruki zadatak je podrazumevao koncentraciju na nošenje dve čaše vode. Mereni su kratkoročni efekti RAS na brzinu hoda, amplitudu trase, frekvenciju koraka i koeficijent varijabilnosti (CV%) na trasi od 8 metara. Redosled zadataka i situacija je bio: tri bazična hoda, dva hoda sa temporalnim zadatkom, dva hoda sa spacijalnim zadatkom. Potvrđen je kratkoročni efekat RAS na brzinu hoda (sec), amplitudu trase (cm) i frekvenciju koraka (cm / min). U jednostrukim zadacima, spacijalni zadatak je značajno poboljšao brzinu hoda i amplitudu trase u poređenju sa temporalnim zadatkom. Frekvencija koraka je značajno povećana u temporalnom zadatku u odnosu na bazični hod. Brzina hoda i frekvencija koraka su značajno povećane u poređenju sa bazičnim hodom u re-test merenju. Trend smanjenja KV (%) nije značajan. U dvostrukom zadatku, značajan je efekat RAS na brzinu hoda i amplitudu trase. Spacijalni zadatak je značajno poboljšao brzinu hoda i amplitudu trase u poređenju sa temporalnim

zadatkom. KV ni u dvostrukom zadatku nije značajan, ali je uočen trend smanjivanja. Nije uočen pozitivan uticaj RAS tokom dvostrukog zadatka u temporalnoj situaciji, što ukazuje da samo temporalni parametri nisu dovoljni da bi se poboljšao hod kod pacijenata sa PB. Mane studije su nedostatak kontrolne grupe, mali uzorak i nerandomizirani proceduralni postupak. Zaključak je da RAS ima terapijski potencijal u poboljšanju pokretljivosti i egzekutivnih funkcija i usmerenu pažnju kod pacijenata sa PB i blagim kognitivnim oštećenjima kada je udružen sa spacijalnom simulacijom.

Kadivar i saradnici (Kadivar et al., 2011) su posmatrali uticaj auditorne stimulacije na spacio-temporalne parametre hoda i ravnotežu. U uzorku je bilo 16 pacijenata sa PB (Hoehn & Yahn 2-4) na dopaminskoj terapiji. Randomizacijom su ispitanici podeljeni u eksperimentalnu grupu (n=8 M=72,5) sa auditornom stimulacijom i kontrolnu grupu (n=8, prosečna starost M=68,5 godina) bez auditorne stimulacije. Period eksperimentalne procedure je trajao šest nedelja, tri puta nedeljno po 45-60 minuta. Stimulacija je sprovedena na tri nivoa: (1) u nivou bazične kadence, (2) 10-20% brže od bazične kadence, (3) 10-20% sporije od bazične kadence na motoričkim zadacima randomiziranih kombinacija promena pravaca koraka (napred, nazad i sa strane). Testiranja su vršena 8 nedelja – prat. ili su se dugoročni efekti auditorne stimulacije. Eksperimentalna grupa je imala značajna poboljšanja u odnosu na kontrolnu grupu, koja je u retest merenjima održavala rezultate sa inicijalnog merenja. Izdvojen je faktor grupa × test-dan. RAS može da poboljša motoričke obrasce i ravnotežu tokom perioda od osam nedelja. Mane studije su odsustvo slepog metodološkog postupka, mali broj ispitanika i uzorak koji ne pokriva sve nivoe PB.

Ušitomi i saradnici (Uchitomi et al., 2011) su poredili dva eksterna izvora podrške hoda pacijenata sa PB: hod uz podršku para i hod uz RAS. Ispitivanje je sprovedeno kroz ponovljena merenja u eksperimentalnoj (n=20 osam žena i 12 muškaraca prosečna starost 69,2 M=3,64 godine bolesti Hoehn & Yahn 1-3) i kontrolnoj grupi (n=18 16 muškaraca 2 žene, prosečna starost M=24,7 godina) zdravi ispitanici. Svaki ispitanik je prelazio ukupnu dužinu traka od 200 metara u devet različitih kombinacija situacija i zadataka. Tri su situacije u eksperimentalnoj proceduri: (1) hodanje uz podršku para; (2) hodanje uz ritmičko-auditornu stimulaciju; (3) kontrolna situacija – tišina. U svakoj situaciji je prolaženo kroz 3 zadatka: (a) ispitanici hodaju sami; (b) hod uz RAS; (v) hod sami. Između svakog zadatka je pravljena pauza u trajanju od 5 minuta. Redosled zadataka i kombinacija je kontrainbalansiran. Posle svake situacije je pravljena pauza u trajanju od 30 minuta.

Hodanje uz RAS i podršku para je značajno povećalo dužinu pređene trase u odnosu na situaciju tišine i samo stimulaciju RAS. Nije nađena razlika između situacije tišine i RAS. RAS nije dala značajne razlike u post-test merenjima.

Bukovska i saradnici (Bukowska et al., 2016) u pilot-istraživanju su merili dejstvo RAS na kvalitet hoda i ravnotežu kod pacijenata sa PS. Uzorak je činilo 55 pacijenata sa PB (Hoehn & Yahr 2-3) na dopaminskoj terapiji bez dijagnoze demencije (MMSE < 25). Učesnici su podeljeni u eksperimentalnu (n=30, prosečna starost M=63,4 godina) i kontrolnu grupu (n=25, prosečna starost 63,4 godina). Grupe su ujednačene prema starosnoj dobi. RAS stimulacija je trajala četiri nedelje i sprovedena je četiri puta nedeljno, po 45 minuta na perkusionim instrumentima (kongosi, bubanj, marakas i doboš), metronomu i muzici sa istaknutom ritmičkom komponentom. Test-re-test merenja su vršena na šest dužina trake od osam metara (48 metara), na proširenoj bateriji instrumenata za praćenje spacio-motornih funkcija: vremena prolaska trake, kadence, dužine koraka, dužine pređene trake, brzine i širine koraka. Značajna test-retest merenja su primećena u eksperimentalnoj grupi: na vremenu zamaha, podršci, vremenu prolaska trake, kadenci, dužini koraka, brzini i dužini pređene trake. Kontrolna grupa je imala tri značajne post-test razlike: u dužini koraka, brzini i dužini pređene trake. Značajne razlike između grupa su nađene na parametrima: skraćanje stance phase, proširenje perioda zamaha, skraćanje dvostruke podrške, skraćanje vremena prolaska trase povećanje kadence, produženje koraka, povećanje brzine, povećanje dužine prolaska trase i povećanje širine koraka. Značajna poboljšanja su uočena u većini spaciotemporalnih parametara hoda u eksperimentalnoj grupi u poređenju sa kontrolnom. RAS predstavlja strategiju podrške hodu i posturalne kontrole kod pacijenata sa PB.

Tabela 1. Pregled istraživanja u odnosu na dizajn

| Autori  | Uzorak   | Rezultat na<br>Hoehn-Yahr skali | Dizajn   | Randomizacija                                    | Dopaminska<br>terapija                                      |
|---|--|---------------------------------|--|--|---|
| Thaut, McIntosh, Rice, Miller,<br>Rathbun, Brault, 1996             | 15 pacijenata sa PB i 22<br>zdrava kontrolna ispitivanja     | 2-3                             | Eksperimentalna i dve<br>kontrolne grupe                                   | Da   | Da. Testiranje 90-<br>120 minuta nakon<br>uzimanja terapije |
| McIntosh, Brown, Rice, Thaut,<br>1997                               | 31 pacijent sa PB  | 2-4                             | Dve eksperimentalne i<br>kontrolna grupa                                   | Da   | Da (n=21)<br>Ne (n=10)                                      |
| Freedland et al., 2002  | 16 pacijenta sa PB   | Nenaznačeno                     | Jedna grupa, ponovljena<br>merenja   | Ne   | Da  |
| Howe et al., 2003   | 11 pacijenta sa PB   | 1-2                             | Jedna grupa, ponovljena<br>merenja   | Eksperimentalna<br>procedura je<br>randomizirana | Da  |
| Olmo & Cudeiro, 2003  | 11 pacijenta sa PB i 5 zdravih<br>kontrolnih ispitivanja     | 3-4                             | Eksperimentalna I<br>kontrolna grupa                                       | Ne   | Da. Testiranje<br>60 minuta nakon<br>uzimanja terapije      |
| Olmo & Cudeiro, 2005  | 15 pacijenta sa PB i<br>15 zdravih kontrolnih<br>ispitivanja | 1-2,5                           | Eksperimentalna I<br>kontrolna grupa                                       | Ne   | Da  |
| Hausdorff et al., 2007  | 29 pacijenta sa PB i<br>26 zdravih kontrolnih<br>ispitivanja | 2-3                             | Eksperimentalna I<br>kontrolna grupa                                       | Ne   | Da  |
| Rochester et al., 2009  | 9 pacijenta sa PB  | 1-4                             | Jedna grupa, ponovljena<br>merenja   | Ne   | Da. Testiranje<br>60 minuta nakon<br>uzimanja terapije      |
| Bruin, Doan, Turmbull,<br>Suchowersky, Bonfield, Hu,<br>Brown, 2010 | 22 pacijenta sa PB. 11 osutih<br>pacijenata (33%)            | 2-3                             | Eksperimentalna I<br>kontrolna grupa, paritetne<br>prema broju ispitivanja | Da   | Da  |
| Kadivar et al., 2011  | 16 pacijenta sa PB   | 2-4                             | Eksperimentalna I<br>kontrolna grupa, paritetne<br>prema broju ispitivanja | Da   | Aa  |
| Uchitomi et al., 2011   | 20 pacijenata sa PB i 18<br>zdravih ispitivanja              | 1-3                             | Eksperimentalna i<br>kontrolna grupa                                       | Ne   | Aa  |
| Bukowska et al., 2016   | 55 pacijenata sa PB  | 2-3                             | Eksperimentalna I<br>kontrolna grupa mečovane<br>prema starosti            | Ne   | Da  |

Tabela 2. Pregled istraživanja u odnosu na istraživačke nalaze

| Autori   | Ekperimentalna procedura  | Varijable  | Izvor stimulacije   | Instrumenti  | Rezultati   |
|--|---|--|---|--|---|
| Thaut,<br>McIntosh,<br>Rice, Miller,<br>Rathbun,<br>Brault, 1996 | 3 nedelje po 30 minuta svakodneвно. Zadatak sinhronizacija kadenca i auditornog pulsa   | Brzina hoda, dužina predene trase, kadenca, varijabilnost ciklusa hoda, bilateralna simetrija, vreme aktivacije mišića prednje potkolenice i natkolenice | Snimljena instrumentalna muzika. Elektronske modifikacije muzičkog tempa sa pulsom u rangu 60-120 otkucaja u minute. Zapis trajanja muzike 32 takta, dvodelni metar | EMG  | Značajno poboljšana dužina trase I kadenca ( $p=0,01$ $p=0,009$ ) na test-retest razlici merenja. Značajno povećanje brzine na ravnoj podlozi ( $p=0,007$ ) i uzbrdici ( $p=0,009$ ). Značajna promena obrasca TA mišića ( $p=0,0559$ ), period mišićne aktivacije je značajno smanjen kod VA ( $p=0,0303$ ) i TA ( $p=0,0471$ ).   |
| McIntosh,<br>Brown, Rice,<br>Thaut, 1997                         | 3 nedelje procedura. Zadatak sinhronizacija kadenca i auditornog pulsa  | Kadenca, brzina hoda, dužina trase, simetrija  | Muzika stila dvodelnog metra svirana na sintisajzeru  | Kompjuterski program za snimanje I analizu nenaznačenog imena  | Pacijenti van dopaminske terapije imaju lošije rezultate u odnosu na pacijente koji primaju terapiju.   |
| Freedland et al., 2002   | Tri eksperimentalne situacije: merenje bazične kadenca, sinormizacija kadenca i auditornog pulsa, stimulacija pacijenata za bržu kadicu 110% od bazične kadenca | Kadenca, vreme iskoraka, brzina hoda, dužina iskoraka, vreme oslonca na levu i desnu nogu  | Metronom  | Seca weight scale, Monitor pulsa Seiko DM-10 digital metronome GaitRite electronic walkway, video-kamera | Značajno smanjen vremenski ciklus na opštem test-retest merenju ( $p < 0,001$ ). Pozitivan uticaj RAS na test-retest merenju ( $p < 0,003$ ). Ispitanici su proveli značajno manje vremena u dvostrukom osloncu nakon RAS eksperimentalnog tretmana ( $p < 0,004$ ). Dužina iskoraka i brzina hoda značajno povećani na re-test merenju ( $p < 0,001$ ), kadenca značajno smanjena ( $p < 0,001$ ). Uloga metronoma kao eksterne podrške u vremenskom planiranju značajna kod bazične kadenca ( $p < 0,001$ ) i 110% bazične kadenca ( $p < 0,002$ ). |



|                        |   |  |                         |   |   |
|------------------------|---|--|-------------------------|---|---|
| Howe et al., 2003      | RAS je jedna seansa u trajanju od 45 minuta. Modifikovan je tempo auditorne stimulacije na nivou 85%, 92,5%, 107,5% i 115% bazične kadenace ispitanika.   | Kadenca, dužina koraka, brzina hoda, dužina pređene trase                                      | Metronom                | GaitRite  | Kadenca i brzina značajno povećani ( $p \leq 0,01$ ) na nivoima merenja 115% i 107,5%, a na nivou 85% su smanjeni ( $p \leq 0,01$ ). Dužina trase se nije značajno promenila.   |
| Olmo & Cudeiro, 2003   | Slušanje audiotnog signala  | Interval EMG odgovora  | Elektronski ton 100MgHz | EMG   | Značajno smanjeni vreme aktivacije odgovora, varijabilnost svih parametara  |
| Olmo & Cudeiro, 2005   | Trajanje RAS tretmana 4 nedelje, 5 puta nedeljno po 1 sat. Музичка интервенција је трајала 4 недеље, 5 пута недељно по 1 сат. Пацијенти су ходали 30 метара: базични ход, базични ход и мануелни задатак, стимулација уз РАС и синхорнизација мечовање ккаденце и пулса музике  | Brzina hoda, dužina koraka, kadenca, varijabilnost intervala dva uzastopna koraka              | Metronom, puls 30-150   | Physical Rehabilitation Programme   | Značajno smanjena dužina koraka $p=0,003$ . Koeficijent varijabilnosti veći u odnosu na kontrolnu grupu ( $p=0,003$ ). Značajno veća brzina koraka u obe grupe: na 60 otkucaja u minuti ( $p=0,001$ ) i 90 ( $p=0,002$ ) ( $p=0,001$ ), za kontrolnu 120 ( $p=0,001$ ).                           |
| Hausdorff et al., 2007 | 6 eksperimentalnih situacija: (1) bazični hod (optimalni puls, bez RAS), (2) hod uz RAS, zadatak sinhronizacija pulsa 100%, (3) hod bez RAS, utvrđivanje kratkoročnih efekata RAS iz prethodne procedure, (4) hod uz RAS na nivou 110% bazične kadenace, (5) hod uz RAS, ponovno merenje kratkoročnih efekata, (6) hod bez RAS, merenje efekata nakon 15 minuta | Vreme prolaska trase, vreme zanošenja, vremenska varijabilnost, kratkoročni i dugoročni efekti | Metronome               | Mini-Mental State Exam, Timed Up and Go test, Kompjuterski sistem za merenje I analizu parametara hoda (Bazner et al., 2000; Frenkel-Toledo et al., 2005b; Yogev et al., 2005). | Brzina hoda značajno povećana ( $p=0,02$ ), pređena trasa ( $p=0,02$ ), vreme zanošenja ( $p=0,006$ ) na nivou merenja 100%. Na 110%: brzina je značajno povećana ( $p=0,001$ ), vreme prolaska trase ( $p=0,05$ ), vremenska varijabilnost ( $p=0,004$ ) i varijabilnost zanošenja ( $p=0,03$ ). |

|   |   |  |   |   |  |
|---|---|--|---|---|--|
| Rochester et al., 2009  | 3 bazična hoda, 2 hoda sa temporalnim zadatkom, 2 hoda sa spacijalnim zadatkom              | Brzina hoda, amplituda trase, kadeca, koeficijent varijabilnosti, ravnoteža, kognitivni deficiti | Elektronski ton 32.3–38.4 Hz  | GAITRite system, MMSE, Timetti gait and balance Scale, Freezing of gait questionnaire   | Kratkoročni efekti na brzinu hoda ( $\rho=0,00006$ ), amplitudu trase ( $\rho=0,00001$ ) i kadencu ( $\rho=0,001$ ). Jednostruki zadaci: Spacijalni zadatak povećao brzinu hoda ( $\rho < 0,00001$ ) i amplitudu trase ( $\rho < 0,00001$ ) u poređenju sa temporalnim zadatkom. Kadenca u temporalnom zadatku veća nego kod bazičnog hoda ( $\rho=0,0009$ ). Dvostruki zadaci: značajan uticaj RAS na brzinu hoda ( $\rho=0,009$ ) i amplitudu trase ( $\rho=0,0003$ ). Spacijalni zadatak poboljšao brzinu hoda ( $\rho=0,0002$ ) i amplitudu trase ( $\rho=0,0001$ ) značajno u odnosu na temporalni zadatak. Koeficijent varijabilnosti nije značajan, ali je uočen trend smanjivanja. |
| Bruin, Doan, Turnbull, Suchowersky, Bonfield, Hu, Brown, 2010 | 13 nedelja, 3 puta nedeljno p 30 minuta, slušanje plej-liste prema pacijentovim afinitetima | Brzina hoda, brzina iskoraka, kadenca, zadovoljstvo tretmanom                                    | Puls muzičkih numera je meren i sinhronizovan sa bazičnim pulsom hoda svakog pacijenta (+/- 10-15 otkucaja u minutu). Načelno je birana muzika prema pacijentovim afinitetima | GAITRite mat (100 Hz); Dalhousie University; CIR Systems Inc, Havertown, PA, USA UPDRS (III), Modified Baecke, Questionnaire for Older Adults, MMSE | 100% zadovoljnih tretmanom RAS. Značajno povećanje brzine ( $\rho=0,002$ ) i kadence ( $\rho=0,007$ ) i smanjenje vremena prolaska trase ( $\rho=0,019$ ).   |

|                       |  |  |  |  |   |
|-----------------------|--|--|--|--|---|
| Kadiivar et al., 2011 | Trajanje RAS tretmana 6 nedelja, 3 puta nedeljno po 45-60 minuta. Auditorna stimulacija brzine: (1) bazične kadenace, (2) 10-20% brže od bazične kadenace, (3) 10-20% sporije od bazične kadenace. Motorički spacijalni zadaci promene pravaca koraka. | Spacio-temporalni parametri hodai ravnoteža  | Elektronski ton visine 22.5 kHz trajanja 88 ms, jačine 75 dB   | Dynamic Gait Index (DGI), Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS), Tinetti-gait and balance tests, Timed-Up-and-Go (TUG), and Freezing of Gait Questionnaire (FOGQ) | Dugoročni efekti na parametre hoda i ravnotežu, trajanje efekta 8 nedelja. Izdvojen faktor grupa $\times$ test-dan ( $p < 0,001$ )  |
| Uchitomi et al., 2011 | 3 eksperimentalne situacije: (1) hodanje uz podršku para, (2) hodanje uz ritmičko-auditornu stimulaciju, (3) kontorlna situacija tišine. Kroz svaku situaciju se prolazi na 3 načina: (a) samostalni hod, (b) hod uz RAS, (v) samostalan hod           | Džina predene trase  | Nenaznačeno. RAS ima fiksiran tempo  | WalkMate   | RAS nema značajne rezultate. Hodanje uz podršku efikasniji od RAS. RAS ima značajan efekat kad nema podrše para ( $p < 0,05$ ).   |
| Bukowska et al., 2016 | 4 nedelje, 4 puta nedeljno po 45 minuta.   | Vreme i dužina prolaska trase, kadenca, dužina koraka, brzina hoda, vreme zanošenja, oslonac | Perkusioni instrumenti – kongosi, bubanj, marakas i doboš, metronom i muzika sa istaknutom ritmičkom komponentom | MMSE, Optoelectrical 3D Movement Analysis System, BTS Smart Computerized Dynamic, Posturography CQ Stab  | Značajna poboljšanja: vreme zanošenja ( $p < 0,001$ ), oslonac ( $p < 0,001$ ), vreme prolaska trase ( $p < 0,001$ ), kadenca ( $p=0,001$ ), dužina koraka ( $p < 0,001$ ), brzina koraka ( $p < 0,001$ ), dužina predene trase, ( $p < 0,001$ ). |

## *Diskusija*

### *Karakteristike dizajna*

Prikazano je 12 empirijskih studija eksperimentalnog dizajna sa različitim metodološkim rešenjima (videti Tabelu 1). U studijama dominiraju uzorci malih dimenzija ( $n=331$ ), koji su zastupljeni u 10/12 studija (manje od 30 ispitanika) (Bruin et al., 2010; Freedland et al., 2002; Hausdorff et al., 2007; Howe et al., 2003; Kadivar et al., 2011; Olmo & Cudeiro, 2003; Olmo & Cudeiro, 2005; Thaut et al., 1996; Uchitomi et al., 2011; Rochester et al., 2009;). Uzorak Mekintoša i saradnika (McIntosh et al., 1997) je nešto veći od 30 ispitanika ( $n=31$ ), dok je uzorak Bukovske i saradnika (Bukowska et al., 2016) jedini po kvantitativnim dimenzijama podoban za relevantniju interpretaciju rezultata staitičke analize ( $n=55$ ), Metodološke teškoće uzorkovanja ispitanika starije populacije sa neurološkim oštećenjima se ogleda i kod Bruina i saradnika, kod kojih je primetno osipanje uzorka za trećinu (33%) (Bruin et al., 2010).

Studije nisu homogene prema kriterijumu dijagnostičkog uzorkovanja pacijenata. Prema Hoehn-Yahr-ovoj skali tipizacije PB, najučestaliji su nivoi 2 i 3 ( $Mo=10$ ), frekvence najnižeg ( $H.Y.=1$ ) i najvišeg nivoa ( $H.Y.=4$ ) su paritetne ( $f1=4$   $f4=4$ ). Autori su najčešće uzorkovali pacijente sa dijagnozom dva približna stepena (Bruin et al., 2010; Bukowska et al., 2016; Hausdorff et al., 2007; Howe et al., 2003; Olmo & Cudeiro, 2003; Thaut et al., 1996), iako se sreće i metodološko rešenje sa uključivanjem pacijenata sa tri (Kadivar et al., 2011; McIntosh et al., 1997, Olmo & Cudeiro, 2005; Uchitomi et al., 2011) ili čak četiri različita dijagnostička stepena PB (Rochester et al., 2009). Unutrašnja konzistentnost uzorka po dijagnozi nije u istraživanjima bio kriterijum stratifikovanja. U jednoj studiji nije naznačen stepen dijagnoze ispitanika i pored ponuđenog opisa ostalih demografskih karakteristika (Freedland et al., 2002).

Skup rešenja eksperimentalnog dizajna pokazuje: eksperimentalnu i kontrolnu grupu (Bruin et al., 2010; Bukowska et al., 2016; Hausdorff et al., 2007; Kadivar et al., 2011; Olmo & Cudeiro, 2003, 2005), dve eksperimentalne grupe i kontrolna grupa (McIntosh et al., 1997), eksperimentalnu i dve kontrolne grupe (Thaut et al., 1996) i rešenje sa jednom grupom sa ponovljenim merenjima (Freedland et al., 2002; Howe et al., 2003; Rochester et al., 2009; Uchitomi et al., 2011). Postupak randomizacije nije karakteristično metodološko rešenje u studijama ovog pregleda: postupak je primenjen u

nešto manje od polovine (41,6%), iako je randomizacija prisutna i u studiji sa jednom grupom gde je primenjena u definisanju redosleda eksperimentalne situacije (Howe et al., 2003).

U uzorkovanju ispitanika studije se uglavnom nisu vodile kriterijumom periodike dopaminske terapije („on“/„off“ period), iako postoje stavovi u literaturi da je efekat eksterne stimulacije perzistentniji ukoliko je ovaj kriterijum uključen (McIntosh et al., 1997; McIntosh et al., 1998, prema Nombela et al., 2013), kao i da period neuzimanja ili prilagođavanja terapije („off“ period) uslovljava odsustvo dugoročnih efekata treninga motoričkih funkcija (Nombela et al., 2013). Uzorkovani ispitanici iz prikazanih studija su većinom uzimali dopaminsku terapiju (11/12). Efekte u „off“ periodu dopaminske terapije su proučavali MekIntoš i saradnici (McIntosh et al., 1997). Deo ispitanika u ovoj studiji je u „off“ periodu dopaminske terapije i oni dosledno daju lošije rezultate u odnosu na ostale ispitanike u „on“ periodu na parametrima brzine hoda i dužine pređene trase, simetrije i kadenace. MekIntoš i saradnici (McIntosh et al., 1997) u izveštaju istraživanja dodaju i kvalitativnu napomenu o pacijentu koji je u „off“ periodu dopaminske terapije duže od 48 sata, a pokazao je uspešnost u sinhronizaciji kadenace i auditornog stimulusa i pored motoričkog zaleđivanja (freezing gate). Anegdotska napomena o uticaju RAS van terapije je stimulans istraživačima u formiranju narednih studijskih nacрта.

Od instrumenata perifernog metoda, izdvaja se *Mini Mental State Examination* – MMSE (Folstein & Folstein, 1975), upitnik za procenu kognitivnog stanja. Izdvajanje MMSE iz celokupne baterije instrumenata je učinjeno na osnovu diskusije Ročestera i sumnje u baždarenost ovog instrumenta za konkretnu dijagnozu PB (Rochester et al., 2009). Ipak, u pregledanim studijama MMSE ima relativno veliku zastupljenost, za procenu kognitivnog stanja ovaj instrument koriste Bruin, Hausdorf, Ročester i Bukovska sa svojim saradnicima (Bruin et al., 2010; Bukowska et al., 2016; Hausdorff et al., 2007; Rochester et al., 2009,).

### *Fenomen „povlačenja“*

Taut (Thaut, 2015) elaborira fenomen „povlačenja“ u neurolškoj rehabilitaciji preuzetog iz fizičkog principa koga je opisao Hajgens (Huygens, 1666, preneo Pantaleone, 2002, prema Thaut, 2015), a podrazumeva energetske sinhronizaciju vibrirajućih tela u istoj ravni preko vibracije površine kao transmitera, sinhronizaciju u zajedničku funkciju. Konačna faza povlačenja,

stabilna faza je sinhronizacija vibracija od početka do kraja (istovremeni početak i zavšetak vibriranja svih tela u ravni). Postizanje stabilne faze nije obavezno ni neophodno. Taut razmatra princip povlačenja u kontekstu neurološke rehabilitacije disfunkcionalnog hoda, kao temporalnu sinhronizaciju senzornog i motoričkog humanog sistema i dovodenje motornog sistema na nivo spremnosti za pokret. Mehanizam delovanja principa povlačenja u rehabilitaciji hoda: periodičnost auditornih ritmičkih obrazaca reguliše dinamiku pokreta celog motornog ciklusa – optimizira motorno planiranje i egzekuciju. Auditorni sistem distribuira konekcije vlakana do motornih centara od kičmene moždine do moždanih ćelija subkortikalnog i kortikalnog nivoa (Felix et al., 2011, Koziel & Budding, 2009, Schimamann & Pandya, 2009, sve prema Thaut, 2015).

Prema Muru, temporalni obrasci u auditornim signalima se otkrivaju sa izuzetnom preciznošću i brzinom (Moore, 2003, prema Thaut, 2015). Prednost auditorne stimulacije je izazivanje brže humane reakcije u odnosu na druge senzorne ili taktilne stimulse. Princip povlačenja je uspostavljen kada ritmički izvor uspostavi kontinuirani uticaj tokom čitavog trajanja motoričke funkcije. Analiza pokazuje da se menja, ne samo brzina pokreta, već i poboljšavaju spacijalni parametri i snaga.

Na fenomenu povlačenja je zasnovovana i teorijska paradigma Olma i Kudeira (Olmo & Cudeiro, 2003) - terapijskom potencijalu eksternih faktora kao što su vizuelna i auditorna stimulacija kod hipokinezije. Tezu o sposobnosti mozga za reorganizaciju kod osoba sa PB autori izvode iz prethodnih studija (Martin, 1967, Richards et al., 1992, sve prema Olmo & Cudeiro, 2003).

Kod motoričkih oštećenja, temporalni obrasci muzike (upečatljive karakteristike muzičkog ritma i forme i signali početka) koordinišu i regulišu struktuisane pokrete, kao što je hod. Nombela i saradnici (Nombela et al., 2013) elaboriraju ideju o mehanizmima kojim muzika deluje na olakšavanje pokreta kroz ritmički struktuisane zvučne obrasce koji anticipiraju i mapiraju pokrete. Mišićna aktivacija teži sinhronizaciji pokreta sa temporalnom strukturom zvučnih obrazaca. Nombela i saradnici daju i pregled srodnih istraživanja sa tabelarnim prikazom zavisnih varijabli i vrste ritmičkog stimulusa sa stepenom sinhronizacije ritmičkog pulsa sa pulsom hoda ispitanika (Nombela et al., 2013).

Mekintoš i saradnici potvrđuju fenomen povlačenja kroz približnu sinhronizaciju rezultata eksperimentalne i kontrolne grupe nakon uticaja RAS,

što je za autore pokazatelj funkcionisanja ovog principa i pored neurološke disfunkcionalnosti bazalnih ganglija (McIntosh et al., 1997).

### *Temporalno-spacijalni parametri hoda*

Efekat RAS na spacio-temporalne parametre hoda: brzine, kadence, dužine pređene trase, dužine koraka, simetrije koraka, vremenu pređene trase i slično, primetan je u većini prikazanih studija. Jedina studija u kojoj RAS nije pokazao direktan uticaj je studija Ušitomija i saradnika koji su poredili efikasnost RAS sa hodanjem uz podršku (Uchitomi et al., 2011). Dok je podrška para bila prisutna, RAS nije imao ni statističku značajnost. Tek kada je RAS postala jedina eksterna podrška, rezultati su dosegli nivo značajnosti.

Pozitivni rezultati ujednačavanja kadence sa pulsom primenom tehnike RAS su primetni u više studija (Bruin et al., 2010; Howe et al., 2003; Lim et al., 2005; Olmo & Cudeiro, 2005). Nešto niže vrednosti su dobijene kod jednostrukih zadataka, u odnosu na dvostruke zadatke (Bruin et al., 2010). Sa njim se ne slaže Ročester (Rochester et al., 2009), koji ne primećuje poseban uticaj RAS na dualni zadatak.

Zaključak Bruina i saradnika da je RAS efikasnija tehnika kod temporalnih parametara, nego kod spacijalnih ima potvrdu u srodnoj literaturi (Suteerawattananon, Morris, Etnyre, Jankovic & Protas, 2004, prema Bruin et al., 2010). Slabije rezultate spacijalnih parametara u odnosu na temporalne imaju i Haui i saradnici (Howe et al., 2003) i Hausdorff i saradnici (Hausdorff et al., 2007). Moris tvrdi da pređena trasa nije pokazivala znake produžavanja i kada se brzina hoda povećavala (Morris et al., 1994, prema Howe et al., 2003). Hausdorff i saradnici ističu da ritmičnost motoričkih funkcija na koju utiče RAS nije u osnovi spacijalnog parametra pređene dužine trase, koja zato ne mora da bude u korelaciji sa brzinom hoda (Hausdorff et al., 2007). Suprotno tome, Mekintoš i saradnici prikazuju povećanje dužine trase na nivou stimulacije 10% više od bazične pacijentove kadence (McIntosh et al., 1997).

Nije uočena korelacija spacio-temporalnih parametara hoda i varijabilnosti. Više autora tvrde da ovi rezultati stoje u nezavisnom odnosu (Frenkel-Toledo et al., 2005, Grabiner et al., 2001, Hausdorff, 2004, 2005, sve prema Hausdorff et al., 2007). Uticaj RAS na varijabilnost autori vide kao eksternu ritmičku podršku koja uspeva da stabilizuje interni ritam bazalnih ganglija (McIntosh et al., 1997; Jantzen et al., 2005, Zelaznik et al., 2005, Nagy et al., 2006, sve prema Hausdorff et al., 2007; Thaut, 2003), preko premotornog

korteksa (Elsinger et al, 2003, Halsbandet al., 1993, Hanakawa et al., 1999, Mushiakeet et al., 1991, sve prema Hausdorff et al., 2007). Više autora je potvrdilo redukciju i konzistentnije ispoljavanje EMG obrazaca aktivacije mišića potkolenice i natkolenice (McIntosh et al., 1997; Olmo & Cudeiro, 2003; Thaut et al., 1996).

### *Kratkoročni i dugoročni efekti*

Pojedini autori su odlučili da ne mere uticaj RAS na parametre hoda već da posmatraju efekat sa produženim dejstvom (Freedland et al., 2002; Hausdorff et al., 2007; McIntosh et al., 1997) tokom četiri nedelje. Uticaj RAS na spacio-temporalne parametre hoda (brzinu i dužinu koraka) ostaje perzistentan i statistički je značajan. Mekintoš i saradnici smatraju da primena RAS vremenom poboljšava parametre hoda (McIntosh et al., 1997) i da su efekti prisutni i nakon prestanka delovanja same stimulacije. Ovakvi rezultati su saglasni sa rezultatima do kojih su došli Taut i saradnici (Thaut et al., 1998, prema Bukowska et al., 2016). Hausdorff i saradnici primećuju da su efekti RAS održivi u kratkoročnom periodu nakon prestanka neposrednog uticaja stimulacije (Willems et al., 2006, prema Bukowska et al., 2016; Hausdorff et al., 2007; Howe et al., 2003;). Kadivar je uočio održivo poboljšanje parametara hoda i ravnoteže tokom osam nedelja zahvaljujući uticaju RAS (Kadivar et al., 2011).

### *Različiti ritmički stimulusi*

Bukowska i saradnici ističu da je izbor auditornih stimulusa važan kriterijum uspešnosti motoričkog treninga. Optimalna stimulacija ima brzinu u rangu 60-150 otkucaja u minutu ((Bukowska et al., 2016), dok kod brzine zvuka izvan ovog okvira pozitivan uticaj na spacijalne parametre hoda izostaje (Arias and Cudeiro, 2008, Ebersbach et al., 1999, sve prema Bukowska et al., 2016).

Najefikasniji izvori ritmičke stimulacije je auditorni fond sa izraženom ritmičkom komponentom (Brown et al., 2009, prema Bukowska et al., 2016; McIntosh et al., 1996, prema Freedland et al., 2002; Thaut et al., 1996) – metronom, koji se pokazao kao izvor zvuka koji obezbeđuje podršku i stabilnost (Bukowska et al., 2016). Havi i saradnici razmatraju i repetitivne auditorne elektronske stimulse sa utvrđenom jačinom i visinom zvuka. Autori se pozivaju na Georgijua i saradnika koji zastupaju tezu o optimalnoj efikasnosti ovakve vrste auditorskog stimulusa (Georgiou et al., 1993, prema Howe et al., 2003).



Izbor muzike je takođe važno pitanje kod RAS tretmana. Bukovska i saradnici smatraju da prepuštanje izbora pacijentima nije primenjivo kod ove tehnike (Bukowska et al., 2016).

## Zaključak

RAS se pokazala dosledno efikasnom u tretmanu spacio-temporalnih parametara hoda kao što su: brzina hoda, dužina pređene trase, kadenca, vreme pređene trase i redukciji i stabilizaciji obrazaca aktivacije mišića natkolenice i potkolenice merenih elektromiografom. Kod spacio-temporalnih parametara, RAS je efikasna na nivou pružanja eksterne podrške u planiranju i egzekuciji motoričkih funkcija. Takva podrška se ispoljava sinhronizacijom kadence sa pulsom auditornog stimulusa. Drugi vid značajnog uticaja RAS-a je uspešna stimulacija ispitanika za ostvarenjem boljih rezultata temporalnih parametara hoda u vidu podsticaja sinhronizacije kadence sa auditornim pulsom koji je veći od bazične kadence ispitanika. Jedini slučaj gde se RAS nije pokazala uspešnom je poređenje efikasnosti eksternih stimulacija podrške para. RAS se preporučuje kao komplementarna tehnika podrške u planiranju i egzekuciji lokomotornih funkcija kod osoba sa disfunkcionalnom hodom usled dijagnoze PB.

Studije koje su ušle u pregled istraživanja RAS na spacio-temporalne parametre hoda kod osoba sa PB pripadaju vrsti empirijskih eksperimenata sa različitim istraživačkim dizajnom. Među njima dominiraju kvantitativno mali i dijagnostički heterogeni uzorci. Broj grupa, merenja i eksperimentalne procedure se međusobno razlikuju prema karakteristikama. Faza uzimanja, odnosno neuzimanja dopaminske terpaije nije prepoznat kao ključni kriterijum uzorkovanja ispitanika i interpretacije rezultata. Neodstaju nacrti sa primenom postupka randomizacije. U tretmanu RAS su korišćeni različiti auditorni stimuli, od elektronskih repetitivnih zvukova sa određenom jačinom i visinom, ritmičkih otkucaja metronoma, do snimljene instrumentalne muzike dvodelnog ritma sa izraženom ritmičkom komponentom.

Naredna istraživanja bi trebalo da uključe problem okretanja kod osoba sa PB konzistentnije sagledavanje uticaja RAS na posturu i ravnotežu i međusobno poređenje različitih auditornih stimulusa kao što su elektronski tonovi i instrumentalna muzika.

*Literatura*

- Bächlin, M., Plotnik, M., Roggen, D., Giladi, N., Hausdorff, J. M., & Tröster, G. (2010). A wearable system to assist walking of Parkinson's disease patients benefits and challenges of context-triggered acoustic cueing. *Methods of Information in Medicine*, 49(1), 1–8.
- Bruin, N., Doan, J. B., Turnbull, G., Suchowersky, O., Bonfield, S., Hu, B., & Brown, L. (2010). Walking with music is a safe and viable tool for gait training in Parkinson's disease: The effect of a 13-week feasibility study on single and dual task walking. *Parkinson's Disease*, 40(1), 1–9.
- Bukowska, A., Krezalek, P., Mirek, E., Bujas, P., & Marchewka, A. (2016). Neurologic music therapy training for mobility and stability rehabilitation with Parkinson's disease – A pilot study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(1), 1–12.
- Cha, Y., Kim, Y., & Chung, Y. (2014). Immediate effects of rhythmic auditory stimulation with tempo changes on gait in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(4), 479–482.
- Clair, A., & O'Konski, M. (2006). The effect of rhythmic auditory stimulation (RAS) on gait characteristics of cadence, velocity, and stride length in persons with late stage dementia. *Journal of Music Therapy*, 43(2), 154–163.
- Conklyn, D., Stough, D., Novak, E., Paczak, S., Chemali, K., & Bethoux, F. (2010). A home-based walking program using rhythmic auditory stimulation improves gait performance in patients with multiple sclerosis: A pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 24(9), 835–842.
- DeDreu, M. J., Van der Wilk, A. S. D., Poppe, E., Kwakkel, G., & Van Wegen, E. E. H. (2012). Rehabilitation, exercise therapy and music in patients with Parkinson's disease: a meta-analysis of the effects of music-based movement therapy on walking ability, balance and quality of life. *Parkinsonism and Related Disorders*, 18(1), 114–119.
- Freedland, R., Festa, C., Sealy, M., McBean, A., Elghazaly, P., Capan, A., Brozycki, L., Nelson, A., & Rothman, J. (2002). The effects of pulsed auditory stimulation on various gait measurements in persons with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, 17(1), 81–87.

- Folstein, M., & Folstein, S. (1975). "Mini-Mental State" A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.
- Hagen, B., Armstrong-Esther, C., & Sandilands, M. (2003). On a happier note: validation of musical exercise for older persons in long-term care settings. *International Journal of Nursing Studies*, 40(4), 347–357.
- Hausdorff, J. M., Lowenthal, J., Herman, T., Gruendlinger, L., Peretz, C., & Giladi, N. (2007). Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease. *European Journal of Neuroscience*, 26(8), 2369–2375.
- Howe, T. E., Lövgreen, B., Cody, F. W. J., Ashton, V. J., & Oldham, J. A. (2003). Auditory cues can modify the gait of persons with early-stage Parkinson's disease: a method for enhancing parkinsonian walking performance? *Clinical Rehabilitation*, 17(4), 363–367.
- Hurt, C., Rice, R., McIntosh, G. & Thaut, M. (1998). Rhythmic auditory stimulation in gait training for patients with traumatic brain injury. *Journal of Music Therapy*, 35(4), 228–241.
- Kadivar, Z., Corcos, D. M., Foto, J., & Hondzinski, J. M. (2011). Effect of step training and rhythmic auditory stimulation on functional performance in Parkinson patients. *Neurorehabilitation & Neural Repair*, 25(7), 626–635.
- Kim, S. J., Kwak, E. E., Park, E. S., Lee, S., Kimb, K. J., Song, J. O., & Cho, S. R. (2011). Changes in gait patterns with rhythmic auditory stimulation in adults with cerebral palsy. *NeuroRehabilitation*, 29(3), 233–241.
- Kim, S. J., Kwak, E. E., Park, E. S., Lee, S., Kimb, K. J., Song, J. O. & Cho, S. R. (2012). Differential effects of rhythmic auditory stimulation and neurodevelopmental treatment/ Bobath on gait patterns in adults with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 26(10), 904–914.
- Kwak, E. E. (2007). Effect of rhythmic auditory stimulation on gait performance in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Music Therapy*, 44(3), 198–216.
- Lim, I., Van Wegen, E., de Goede, C., Deutekom, M., Nieuwboer, A., Willems, A., Jones, D., Rochester, L., & Kwakkel, G. (2005). Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 19(7), 695–713.

- Lindaman, K., & Abiru, M. (2013). The use of rhythmic auditory stimulation for gait disturbance in patients with neurologic disorders. *Music Therapy Perspectives*, 31(1), 35–39.
- Miller, R., Thaut, M., McIntosh, G., & Rice, R. (1996). Components of EMG symmetry and variability in parkinsonians and healthy elderly gait. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology / Electromyography and Motor Control*, 101(1), 1–7.
- McIntosh, G., Brown, S., Rice, R., & Thaut, M. (1997). Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 62(1), 22–26.
- Nombela, C., Hughes, L., Owen, A., & Grahn, J. (2013). Into the groove: Can rhythm influence Parkinson's disease? *Neurosciences and Biobehavioral Reviews*, 37(10), 2564–2570.
- Olmo, F., & Cudeiro, J. (2003). A simple procedure using auditory stimulation to improve movement in Parkinson's disease: A pilot study. *Neurology and Clinical Neurophysiology*, 25(2), 1–7.
- Olmo, F., & Cudeiro, J. (2005). Temporal variability of gait in Parkinson disease: effects of a rehabilitation programme based on rhythmic sound cues. *Parkinsonism and Related Disorders*, 11(2), 25–33.
- Prassas, S., Thaut, M., McIntosh, G., & Rice, R. (1997). Effect of auditory rhythmic cuing on gait kinematic parameters of stroke patients. *Gait & Posture*, 6(3), 218–223.
- Raglio, A., Bellelli, G., Mazzola, P., Bellandi, D., Giovagnoli, A., Farina, E., Stramba-Badiale, M., Gentile, S., Gianelli, M., Ubezio, M., Zanetti O., & Trabucchi, M. (2012). Music, music therapy and dementia: A review of literature and the recommendations of the Italian Psychogeriatric Association. *Maturitas*, 72(4), 305–310.
- Rochester, L., Burn, D., Woods, G., Godwin, J., & Nieuwboer, A. (2009). Does auditory rhythmical cueing improve gait in people with Parkinson's disease and cognitive impairment? A feasibility study. *Movement Disorders*, 24(6), 839–845.
- Thaut, M., McIntosh, G., Prassas, S., & Rice, R. (1993). Effect of rhythmic auditory cuing on temporal stride parameters and EMG. Patterns in hemiparetic gait of stroke patients. *Neurorehabilitation & Neural Repair*, 7(1), 9–16.

- Thaut, M., McIntosh, G., Rice, R., Miller, M., Rathbun, J., & Brault, J. (1996). Rhythmic auditory stimulation in gait training for Parkinson's disease patients. *Movement Disorders*, 11(2), 193–200.
- Thaut, M. (2005). *Rhythm, music and the brain. Scientific foundations and clinical applications*. New York & London: Routledge.
- Thaut, M., Leins, A., Rice, R., Argstatter, G., Kenyon, G., McIntosh, H., Bolay C., & Fetter, M. (2007). Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulation patients early poststroke: A single-blind, randomized trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 21(5), 455–459.
- Thaut, M., McIntosh, G., & Hoemberg, V. (2015). Neurobiological foundations of neurological music therapy: rhythmic entrainment and the motor system. *Frontiers in Psychology*, 5(2), 1–6.
- Uchitomi, H., Miyake, Y., Orimo, S., Suzuki, K., & Hove, M. (2011). Co-creative rehabilitation: Effect of rhythmic auditory stimulus on gait cycle fluctuation in Parkinson's disease patients. In *Proceedings of SICE Annual Conference September* (pp. 2575-2580). Tokyo: Waseda University.

## **RYTHMIC AUDITORY STIMULATION IN GAIT TREATMENT FOR PERSONS WITH PARKINSON'S DISEASE**

Tamara Paunović

*PhD student, University of Belgrade – Faculty of Special Education  
and Rehabilitation, Serbia*

### **Abstract**

The results of current research of Rythmic-Auditory Stimulation, as a complementary technique in neurological rehabilitation, on gait patterns of patients with Parkinson's Disease are presented in this article. The Review contains 12 empirical experimental trials, published in time randge of 1990-2016. Rythmic-Auditory Stimulation is efficient for plannig and execution of motoric functions. Rythmic-Auditory Stimulation turned to be consistently efficient in treatmant of spacio-temporal gait patterns: velocity, stride lenght, cadence, stride time and reduction and patterns of thighs stabilisation and lower leg muscles activation. Positive influence on gait paameters has been manifested through synchronisation of cadence and auditory stymulus and stymulation of increased results of temporal patterns through synchronisation cadence with auditory pulse greater than basic cadence. The single case the Rythmic-Auditory Stimulation hasn't achieved significant results is on comparation with other external supporting technique, walking with mate. It is recommended to use Rythmic-Auditory Stimulation as a facilitator for dysfunctional gait treatmant with patients with Parkinson's Disease.

**Keywords:** complementary technique, neurological rehabilitation, patient