



## Središnja medicinska knjižnica

**Katušić, Ana (2012) *Učinak zvučnih vibracija frekvencije 40 Hz na spastičnost i motoričke funkcije u djece sa cerebralnom paralizom* [The effect of 40 Hz sound wave vibration on spasticity and motor functions in children with cerebral palsy]. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.**

<http://medlib.mef.hr/1635>

University of Zagreb Medical School Repository

<http://medlib.mef.hr/>

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Ana Katušić**

**Učinak zvučnih vibracija frekvencije 40 Hz  
na spastičnost i motoričke funkcije u djece sa  
cerebralnom paralizom**

**DISERTACIJA**

**Zagreb, 2012.**

Disertacija je izrađena u Laboratoriju za razvojnu neurologiju Hrvatskog Instituta za istraživanje mozga Medicinskog fakulteta u Zagrebu i u Centru za rehabilitaciju Mali dom - Zagreb.

Voditelj rada: prof. dr. sc. Vlatka Mejaški – Bošnjak, dr. med.

---

**Veliko hvala mentorici, prof. dr. sc. Vlatki Mejaški-Bošnjak**  
koja je otvorenošću prema rehabilitacijskoj profesiji  
te bezuvjetnom stručnom i ljudskom podrškom  
potpomogla realizaciji ovog rada.

**Najtoplije se zahvaljujem kolegama s Instituta,**  
Ivanu Bohačeku, Katarini Kapuralin, Goranu Sedmaku i Martini Zeljko  
na potpori i dijeljenju znanja.

**Hvala kolegama i prijateljima u Centru za rehabilitaciju „Mali dom-Zagreb“,**  
osobito ravnateljici Dariji Udovičić Mahmuljin,  
Jasminki Gaguli i Jeleni Špionjak na provedenim mjerenjima  
te Sonji Alimović na bodrenju i komentarima.

**Mojim roditeljima, što ovo mogu podijeliti s njima.**

**Mojim suputnicima u valovima – Kreši, Liri i Bartolu.**

**I djeci - koja su me primila na svoj put.**

---

## SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
1.1. Cerebralna paraliza	2
1.1.1. Definiranje i redefiniranje cerebralne paralize	2
1.1.2. SCPE: zajednički jezik o klasifikaciji cerebralne paralize	3
1.1.3. Epidemiologija	5
1.1.4. Patogeneza cerebralne paralize i uloga metoda slikovnog prikaza mozga	6
1.1.5. Klinička slika	11
1.1.6. Međunarodna klasifikacija funkcioniranja, onesposobljenosti i zdravlja: Primjena u cerebralnoj paralizi	14
1.2. Problem spastičnosti	16
1.2.1. Normalan mišićni tonus	16
1.2.2. Definicija i patofiziologija spastičnosti	19
1.2.3. Mjerenje spastičnosti	21
1.2.4. Tretman spastičnosti	23
1.3. Zvučne vibracije u neuro(re)habilitaciji	27
<b>2. Hipoteza</b>	<b>32</b>
<b>3. Ciljevi</b>	<b>35</b>
3.1. Opći cilj	36
3.2. Specifični ciljevi	36
3.3. Doprinos i očekivana primjena istraživanja	37
<b>4. Metode i materijali</b>	<b>38</b>
4.1. Uzorak ispitanika	39
4.2. Intervencije	41
4.2.1. Zvučne vibracije	41

4.3. Instrumenti procjene .....	43
4.3.1. Procjena grubih motoričkih funkcija .....	43
4.3.2. Procjena razine motoričkog funkcioniranja donjih i gornjih udova .....	45
4.3.3. Procjena spastičnosti .....	46
4.4. Postupak provođenja istraživanja .....	47
4.5. Statističke metode .....	48
4.6. Odobrenja .....	49
<b>5. Rezultati .....</b>	<b>50</b>
5.1. Ispitanici .....	51
5.2. Stupnjevanje grubih motoričkih funkcija .....	54
5.3. Stupnjevanje finih motoričkih funkcija .....	57
5.4. Procjena grubih motoričkih funkcija .....	60
5.5. Procjena razine spastičnosti .....	64
5.6. Odnos između razine spastičnosti i motoričkog ishoda .....	69
5.7. Učinak zvučnih vibracija na spastičnost i motorički ishod prema stupnju motoričkog funkcioniranja .....	71
<b>6. Rasprava .....</b>	<b>73</b>
6.1. Karakteristike uzorka ispitanika .....	74
6.2. Razina grubog i finog motoričkog funkcioniranja .....	76
6.3. Motorički ishod i promjene u razini spastičnosti .....	78
6.4. Priroda odnosa između razine spastičnosti i motoričkog ishoda .....	81
6.5. Razlike u učinku zvučnih vibracija prema stupnju motoričkog funkcioniranja .....	83
6.6. Praktična primjena rezultata .....	85
<b>7. Zaključci .....</b>	<b>88</b>
<b>8. Sažetak .....</b>	<b>91</b>

<b>9. Summary</b> .....	94
<b>10. Literatura</b> .....	97
<b>11. Životopis</b> .....	111

## POPIS OZNAKA I KRATICA

<b>BFMF</b>	Bimanual Fine Motor Function
<b>BSCP</b>	Bilateralna spastična cerebralna paraliza
<b>GMFCS</b>	Gross Motor Functional Clasification System
<b>GMFM</b>	Gross Motor Function Measure
<b>MMAS</b>	Modificirana modificirana Ashworthova skala
<b>MKF</b>	Međunarodna klasifikacija funkcioniranja, onesposobljenosti i zdravlja
<b>MRI</b>	Magnetska rezonancija
<b>PVL</b>	Periventrikularna leukomalacija
<b>SCP</b>	Spastična cerebralna paraliza
<b>SCPE</b>	Surveillance of cerebral palsy in Europe
<b>SPASM</b>	Support Programme for Assembly of database for Spasticity Measurment
<b>USCP</b>	Unilateralna spastična cerebralna paraliza

# **1. U V O D**

---



## 1.1. CEREBRALNA PARALIZA

### 1.1.1. Definiranje i redefiniranje cerebralne paralize

Najčešći uzrok težih neuromotornih odstupanja u dječjoj dobi je cerebralna paraliza (CP) (1). Ona označuje skupinu trajnih, ali promjenjivih, poremećaja pokreta i/ili držanja i motoričkih funkcija uzrokovanih neprogresivnim poremećajem ili oštećenjem nezrelog mozga (2). Motorički poremećaji su rezultat poremećaja funkcija mozga te se klinički očituju u ranom djetinjstvu. Oštećenje funkcije mozga posljedica je neprogresivnih patoloških procesa poput vaskularnih poremećaja, hipoksije, infekcije i razvojnih poremećaja mozga. Sva ova oštećenja događaju se u nezrelom mozgu i/ili mozgu u razvoju (3). Progresivni motorički poremećaji, mišićne bolesti kao i metabolički poremećaji mozga ne spadaju u domenu CP.

Trenutno prihvaćena definicija klasificira CP samo kao poremećaj posture i pokreta, zanemarujući utjecaj perceptivnih disfunkcija (4). Perceptivna disfunkcija u CP definira se kao poremećaj složenog neurološkog procesa koji omogućava primanje, integriranje, interpretiranje i korištenje spacijalno-temporalnih aspekata senzoričkih informacija, kako bi osoba mogla kontrolirati i izvoditi organizirano motoričko ponašanje (5, 6). Drugim riječima, perceptivno oštećenje je kognitivno-perceptualno-motorička disfunkcija koja za sobom povlači nesposobnost adaptiranja i integriranja doživljaja iz okoline.

Kako je prepoznato da je ključni poremećaj pokreta i posture često udružen s drugim neurorazvojnim oštećenjima, međunarodna multidisciplinarna grupa stručnjaka predložila je revidiranu Baxovu definiciju koja naglašava kako su motorički poremećaji CP često udruženi s poremećajima osjeta, percepcije, kognicije, komunikacije, ponašanja, epileptičkim napadima i drugim mišićno-koštanim problemima (7).

### 1.1.2. SCPE: zajednički jezik o klasifikaciji cerebralne paralize

Godine 1998. skupina europskih epidemiologa i kliničara osnovala je mrežu SCPE – Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, najveću međunarodnu kolaboraciju CP registara i istraživanja u svijetu (8). Mreža trenutno broji 17 registara iz devet zemalja Europe, uključujući i Hrvatsku. Njen je glavni cilj razvijanje središnje baze podataka djece sa CP kako bi se pružile informacije za planiranje intervencija i dao okvir za kolaborativna istraživanja.

1	<b>Motorički poremećaj</b>	<b>1.A. Priroda i tipologija motoričkog poremećaja</b>	Tip abnormalnosti mišićnog tonusa (hipertonus, hipotonus) i dominantni poremećaj pokreta (spastični, ataktični, distonični, atetotični)
		<b>1.B. Sposobnosti motoričkog funkcioniranja</b>	Procjena ograničenja motoričkog funkcioniranja, uključujući i oralno-motorne i govorne funkcije
2	<b>Udružene poteškoće</b>		Prisustvo ili odsustvo mišićno-koštanih problema i/ili dodatnih ne-motoričkih neurorazvojnih ili senzoričkih problema, kao što su epileptički napadi, oštećenje vida ili sluha, poremećaji pažnje, ponašanja, komunikacije i/ili kognicije
3	<b>Anatomske nalazi i nalazi na metodama slikovnog prikaza mozga</b>	<b>3.A. Anatomska distribucija</b>	Dijelovi tijela (udovi, trup, bulbarna regija) zahvaćeni motoričkim oštećenjem
		<b>3.B. Nalazi na metodama slikovnog prikaza mozga</b>	Neuroanatomske nalazi na CT ili MR slikama
4	<b>Uzrok i vrijeme</b>		Kod jasnog identificiranog uzroka, kao u slučaju postnatalne CP (meningitis, ozljeda glave) ili kada su prisutne malformacije mozga te pretpostavljeni vremenski okvir ozljede

**Tablica 1.1.** Komponente klasifikacije cerebralne paralize (prema Rosenbaum i sur. <sup>9</sup>)

Prvo značajno postignuće SCPE-a predstavljao je okvir za usklađivanje standarda, definicije i klasifikacijskog sustava CP. Za klasificiranje CP predložena je upotreba četiri glavne dimenzije klasifikacije koje uključuju motorički poremećaj, udružene poteškoće, anatomske nalaze i rezultate na metodama slikovnog prikaza mozga te uzrok i vrijeme (Tablica 1.1.) (9).

SCPE je predložio pojednostavljenu klasifikaciju na temelju neuroloških simptoma posture i motoričkih funkcija. Tako klasificira CP u spastični, diskinetički i ataktični tip (10). Spastični tip CP dijeli se na unilateralni spastični tip (USCP) koji pokriva termine spastične hemiplegije ili hemipareze, te bilateralni spastični tip (BSCP) koji obuhvaća termine diplegije ili tetraplegije odnosno pareze (Tablica 1.2).

Spastični tip CP	Diskinetska CP	Ataktična CP
Bilateralna spastični tip (BSCP)	Distonija	
Unilateralni spastični tip (USCP)	Koreo-atetozna	

**Tablica 1.2.** Klasifikacija cerebralne paralize na temelju neuroloških simptoma

Kako se razlika između diplegije i tetraplegije pokazala teškom za definiranje (11), SCPE je preporučio funkcionalno stupnjevanje donjih i gornjih ekstremiteta. Tako se koristi funkcionalno stupnjevanje grubih motoričkih funkcija za donje ekstremitete - GMFCS (Gross Motor Functional Classification System) te za finu motoriku šake - BFMF (Bimanual Fine Motor Function) (1, 12, 13).

GMFCS klasificira sposobnost kretanja djece sa CP unutar pet razina. Ovaj klasifikacijski sustav uključuje opis djetetovih sposobnosti za svaku razinu kroz četiri kronološke skupine: do 2. godine, od 2. – 4. godine, od 4.- 6. godine i od 6. – 12. godine

života. Razlika između razina predstavlja razliku u grubim motoričkim funkcijama značajnim u svakodnevnom životu djece sa CP, dok se kronološke skupine odnose na razlike u odnosu na dob. Djeca na razini I mogu izvesti sve aktivnosti kao i njihovi vršnjaci, uz poneke poteškoće u brzini izvedbi, ravnoteži i/ili koordinaciji. Djeca na razini V imaju poteškoća u kontroliranju glave i posture trupa u većini položaja te u izvođenju voljnih kontroliranih pokreta (12). Morris i Bartlett (14) u sistematičnom pregledu radova o GMFCS klasifikacijskom sustavu zaključuju kako ovaj klasifikacijski sustav predstavlja zajednički jezik u opisivanju grubih motoričkih funkcija djece sa CP.

SCPE baza podataka pokazala je kako 88% djece ima spastični tip (58% bilateralni i 30% unilateralni), 7% njih ima diskinetski te 4% ataktični tip CP, dok 1% nije klasificirano (8).

### **1.1.3. Epidemiologija**

U cijelom svijetu CP zahvaća 2-3.5/1000 živorođene novorođenčadi, a procjenjuje se da 650 000 obitelji u Europi ima dijete sa CP (1, 15). Zadnjih 20 godina postoji porast incidencije i prevalencije CP koja se može povezati s poboljšanjem dokumentacije slučajeva u nacionalnim registrima, uspješnijim otkrivanjem i dijagnostikom te napretkom u neonatalnoj zaštiti (16, 17). Epidemiološki podaci o CP u Hrvatskoj su nepotpuni i malobrojni, ali održavaju trend kretanja CP u svijetu (1).

SCPE baza podataka (temeljena na 9701 slučaju pokrivajući godine rođenja od 1977. - 1996). pokazuje kako je 55% djece sa CP rođeno u terminu, 20% je rođeno između 32. – 36. tjedna i 25% prije 32. tjedna gestacije. Prevalencija CP povećava se s nižom porođajnom težinom. Iako je u početku veća stopa preživljavanja nakon preuranjenog poroda povećala učestalost CP, ovaj je trend bio značajan samo za dojenčad niske porođajne težine tijekom

80-tih godina, a već tijekom 90-tih za dojenčad vrlo niske porođajne težine ili visoke nedonošenosti. U ovoj je grupi prevalencija CP i dalje visoka (15).

BSCP je najčešći tip CP s prevalencijom 1.2/1000 živorođene novorođenčadi (oko 0.5/1000 djece s normalnom porođajnom težinom, 10/1000 djece s niskom porođajnom težinom te 40-50/1000 živorođenih s vrlo niskom porođajnom težinom) (10). Prevalencija USCP iznosi 0.6/1000 živorođene novorođenčadi. To je tipičan oblik CP u djece rođene u terminu; 1/3 slučajeva zahvaća nedonoščad.

Prevalencija diskinetičke CP (distoni i atetotični podtip) zahvaća oko 0.15/1000 živorođene novorođenčadi. Osobito zahvaća djecu rođenu u terminu. Ataktična CP zahvaća 0.08/1000 živorođene novorođenčadi (10).

#### **1.1.4. Patogeneza cerebralne paralize i uloga metoda slikovnog prikaza mozga**

Metode slikovnog prikaza mozga omogućuju otkrivanje lezija ili abnormalnosti koje su u pozadini CP (tablica 1.3). Na taj način nude uvid u njenu patogenezu, etiologiju i/ili vrijeme nastanka. Istraživanja na ovom području nastoje odgovoriti na pitanje koliko često nailazimo na lezije ili abnormalnosti u djece sa CP te objašnjava li njihova topografija zahvaćenost motoričkog sustava (npr. piramidni ili ekstrapiramidni sustav u spastičnom ili diskinetičkom tipu) (18). Topografija i veličina lezije ili abnormalnosti također bi trebala objasniti pridružene poteškoće, kao što su poremećaji učenja i komunikacije, oštećenja sluha i vida te epilepsiju, koje su često prisutne u kliničkoj slici djeteta sa CP.

Ljudski mozak prolazi kroz složene organizacijske promjene tijekom intrauterinog razvoja. Patološki događaji koji utječu na mozak u razvoju uzrokuju abnormalnosti ili lezije, zavisno o razvojnom stadiju mozga. Tijekom prvog i drugog tromjesečja dominira kortikalna

neurogeneza koju karakteriziraju procesi proliferacije, migracije i organizacije neuronskih stanica. Patologija mozga u ovom stadiju razvoja uzrokuje abnormalnosti (19).

Krajem drugog i početkom trećeg tromjesečja, kada je završena „velika arhitektura“ mozga (neuralna citogeneza i histogeneza), dolazi do procesa diferencijacije, rasta aksona i dendrita, formiranja sinapsi i mijelinizacije, koji se nastavljaju i u postnatalnom životu. Poremećaji moždanog razvoja tijekom ovog perioda uglavnom rezultiraju lezijama. Njihovi uzroci su mnogobrojni, a ključni čimbenik su upalni procesi s ekscesivnom produkcijom citokina, oksidativnim stresom i ekscesivnim opuštanjem glutamata što za sobom povlači ekscitotoksičnu kaskadu (20, 21).

Periventrikularna ozljeda mozga je među najčešćim patologijama koje su u pozadini nastanka CP (22, 23, 24). Ova se vrsta lezije najčešće događa tijekom ranog trećeg tromjesečja trudnoće, kao posljedica intrauterinog infarkta ili kao komplikacija nedonošenosti (25, 26). Uslijed lezije dolazi do poremećaja neuralne migracije između ventrikularne zone i kortikalne ploče koja se tek razvija, te do smanjene diferencijacije unutar subventrikularne zone koja je glavni izvor interneurona u moždanoj kori čovjeka (27). Ozljeda neurona u subplate zoni ometa ključan trofički utjecaj na GABAergičke neurone, njihovu migraciju do kortikalne ploče, maturaciju inhibicijskih sinapsi u 4. sloju moždane kore i oblikovanje talamokortikalnih sinapsi (28, 29, 30, 31).

Vjeruje se da je motorna disfunkcija u osoba s ovom vrstom lezije posljedica strukturalne ozljede kortikospinalnih projekcija u periventrikularnoj bijeloj tvari. Istraživanja su zaista pokazala kako transkranijalna magnetska stimulacija (TMS) zahvaćene hemisfere, u osoba s velikim unilateralnim periventrikularnim lezijama, nije izazvala motorički odgovor u ciljanim mišićima (kontralateralne) paretičke ruke. Ovi rezultati upućuju da ova lezija zahvaća križane kortikospinalne projekcije zahvaćene hemisfere (32).

Krajem trećeg tromjesečja te u djece rođene u terminu, najranjivija je siva tvar, bilo kortikalna ili duboka siva tvar (33). Infarkt središnje cerebralne arterije je uglavnom zabilježen kod djece koje su rođene u terminu, iako može zahvatiti i nedonoščad niske gestacijske dobi.

Klasifikacija	Opis
Periventrikularna ozljeda bijele tvari	Abnormalnost ili gubitak volumena u periventrikularnoj i/ili dubokoj bijeloj tvari
Cerebralna malformacija	Kortikalna displazija, polimikrogirija, lizencefalija, pahigirija, heterotopija, shizencefalija, cerebelarna hipoplazija ili disgeneza, holoprozencefalija, hidranencefalija, hidrocefalus i ageneza korpusa kalozuma
Moždani udar	Ishemija u specifično definiranom vaskularnom području
Subkortikalna ozljeda sive tvari	Abnormalnost signala ili gubitak volumena u subkortikalnim strukturama sive tvari
Kortikalna ozljeda sive tvari	Abnormalnost signala ili gubitak volumena kortikalnih struktura sive tvari često povezanih s povećanjem ventrikularnog volumena
Difuzna ozljeda sive tvari	Globalna/difuzna abnormalnost signala i/ili gubitak volumena korteksa/subkorteksa, duboke sive tvari često povezanih s povećanjem ventrikularnog volumena
Intrakranijalno krvarenje	Epiduralno, subduralno, intrakranijalno ili intraparenhimsko krvarenje
Infekcija	Distrofična, predominantno periventrikularna kalcifikacija s ili bez fokalne destrukcije bijele tvari i cerebralne hipoplazije, u vezi s poznatom pozitivnom serologijom
Nespecifična	Druge neklasificirajuće promjene (nespecifično ventrikularno povećanje, zakašnjela mijelinizacija)

**Tablica 1.3.** Klasifikacija abnormalnosti u cerebralnoj paralizi (prema Towsley i sur. <sup>22</sup>)

Krägeloh-Mann i Horber (34) u sistematičnom pregledu radova (objavljenih između 1990. i 2006.) o MRI nalazima u djece sa CP iznose slijedeće distribucije abnormalnosti u pojedinim tipovima CP (tablica 1.4). Abnormalan MRI nalaz pronađen je u skoro 90%

slučajeva BSCP. Najčešća lezija je periventrikularna ozljeda bijele tvari (60%). Kortikalne lezije ili ozljede duboke sive tvari te abnormalnosti su manje zastupljene (15% i 10%).

<b>Bilateralna spastična CP</b>	U terminu	20%	malformacije, lizencefalija, bilateralna shizencefalija
		21%	periventrikularne lezije, PVL
		30%	kortikalne lezije i lezije duboke sive tvari
	Nedonoščad	1.5%	malformacije
		90%	periventrikularne lezije, PVL, posljedice IVH
		4%	kortikalne lezije i lezije duboke sive tvari
<b>Unilateralna spastična CP</b>	U terminu	16%	malformacije, fokalna kortikalana displazija, unilateralna shizencefalija
		20%	periventrikularne lezije, porencefaličke lezije
		41%	infarkt srednje moždane arterije
	Nedonoščad	14%	malformacije, fokalna kortikalna displazija, unilateralna shizencefalija
		86%	periventrikularne lezije, asimetrična PVL, posljedice IVH, infarkt srednje moždane arterije
<b>Diskinetski tip CP</b>	Svi	14%	periventrikularne lezije
		54%	lezije duboke sive tvari
<b>Ataktični tip CP</b>	Svi	17%	malformacije – uglavnom cerebeluma
		17%	nespecifične lezije

**Tablica 1.4.** Distribucija MRI abnormalnosti u tipovima cerebralne paralize (prema Krägeloh-Mann i Horber<sup>34</sup>)

Uspoređujući nedonoščad i djecu rođene u terminu s BSCP vidljive su razlike: periventrikularna ozljeda bijele tvari češće je zastupljena u nedonoščadi nego u djece rođene u terminu (90% naspram 20%), dok su abnormalnosti kao i kortikalne lezije ili ozljede duboke sive tvari manje zastupljene u nedonoščadi (1.5% nasuprot 20% i 4% nasuprot 30%). Periventrikularna ozljeda bijele tvari odnosila se je na periventrikularnu leukomalaciju (PVL) i/ili na posljedicu intraventrikularnog krvarenja. Abnormalnosti mozga uglavnom su



uključivale poremećaje kortikalnog razvoja bilateralne distribucije, kao što su shizencefalija, lizencefalija ili polimikrogirija. Kortikalne lezije odnosile su se na parasagitalne lezije ili difuzne kortiko-subkortikalne lezije.

U slučaju USCP, 90% ove djece je imalo abnormalan MRI nalaz. Abnormalnosti mozga, poput fokalne kortikalne displazije ili unilateralne shizencefalije pronađena je u 16% slučajeva, periventrikularne lezije u 36%, kortikalne lezije ili ozljede duboke sive tvari 31%. Kao i u slučaju BSCP, vidljiva je značajna razlika kod nedonoščadi i djece rođene u terminu. Periventrikularna ozljeda bijele tvari češće je zastupljena kod nedonoščadi s USCP (86% naspram 20%), dok su kortikalne lezije ili ozljede duboke sive tvari zastupljene znatno manje nego u djece rođene u terminu (0% naspram 41%). Abnormalnosti mozga bile su podjednako zastupljene kod obje skupine (tablica 1.4).

Istraživanja o MRI nalazima u djece s diskinetskim tipom CP su rijetka. Yokochi i sur (35) objavili su 68% abnormalnih MRI nalaza u djece s diskinetskim oblikom CP, uglavnom kortikalne lezije ili lezije duboke sive tvari, dok je periventrikularna lezija bijele tvari zabilježena u 14% slučajeva. Za razliku od drugih tipova CP, abnormalan MRI nalaz zabilježen je samo u 39% slučajeva ataktične CP (36).

Tradicionalni pristup definiranja vremena nastanka moždane ozljede odgovorne za CP odnosio se na klasificiranje ozljede kao prenatalnog, perinatalnog ili postnatalnog uzroka. No, neuroradiološke metode su pokazale kako je morfologija određene lezije ovisna o maturaciji mozga za vrijeme ozljede. Selektivna vulnerabilnost različitih dijelova mozga tijekom različitih stadija njegova razvoja je od veće važnosti u određivanju moždane patologije nego samo vrijeme ozljede. Stoga je logičnije povezati određeni tip moždane ozljede sa znanim vremenskim prozorom tijekom kojeg se dotična lezija događa (37).

Spoznaje o pozadinskoj patologiji su bitne u terapiji djece, osobito pri izboru najprikladnijih rehabilitacijskih postupaka i tijekom razmatranja prognoze terapijskih intervencija.

#### **1.1.5. Klinička slika**

CP je posljedica trajnog oštećenja mozga, ali klinička manifestacija oštećenja se mijenja kako dijete raste i razvija se. Na simptome neuromotornog poremećaja utječu procesi sazrijevanja i plastičnosti mozga kao i terapijski postupci i okolina (38, 39). Rani neurološki znakovi mogu biti prolazni ili se mijenjati što ranu dijagnostiku čini teškom (40). Upravo zbog promjenjivosti kliničke slike CP nije dozvoljeno dijagnosticirati ni klasificirati prije 4. godine života (10).

U kliničkoj slici već u dojenačkoj dobi vidljivi su neuromotorni poremećaji kontrole položaja i pokreta tijela, tonusa i refleksa.

Osnovne teškoće motoričkog razvoja djece sa CP jesu: abnormalni mišićni tonus, postojanje primitivnih refleksa koji su isprepleteni s voljnim pokretima, slabo razvijena voljna motorika, uključujući reakcije ravnoteže, mišićna slabost i slabiji razvoj vještina i voljnih pokreta.

Odstupanje u razvoju posljedica je perzistencije primitivnih reakcija nezrelog središnjeg živčanog sustava, ali je većinom odraz specifične lokalizacije moždanog oštećenja koje određuje tip poremećaja i topografsku raspoređenost odstupanja. Poremećaj položaja i pokreta u okviru CP okarakteriziran je pozitivnim i negativnim znakovima (41). Pozitivni znakovi uključuju prisustvo poremećaja tonusa, zadržavanje primitivnih reakcija, prisutnost asociiranih i patoloških reakcija te abnormalnih obrazaca pokreta. Negativni znakovi rezultat

su potpunog ili djelomičnog nedostatka nekih ili svih sastavnica normalnog posturalnog kontrolnog mehanizma (41).

Spastični tip CP se odlikuje povišenim tonusom i patološkim refleksima. Povećani tonus u spastičnosti je okarakteriziran povećanim otporom zavisnim od brzine (42). Klonus je često udružen s hiperrefleksijom. Smatra se patološkim kada je prolongiran ili ako ne prestaje spontano. Patološka postura donjih udova okarakterizirana je unutarnjom rotacijom kuka, adukcijom kuka i ekvinusom stopala.

Diskinetski tip CP predstavlja nevoljne, nekontrolirane, ponavljajuće i povremeno stereotipne pokrete. U kliničkoj slici dominira obrazac primitivnih refleksa, dok mišićni tonus varira. Distoni podtip prvenstveno je okarakteriziran abnormalnom posturom (može dati dojam hipokineze) i hipertonijom (fluktuirajući tonus). Javljaju se i nevoljni pokreti, iskrivljeni voljni pokreti i suzdržana mišićna kontrakcija (spora rotacija, ekstenzija ili fleksija dijelova tijela). Koreo-atetotični podtip je okarakteriziran hiperkinezom i hipotonijom (fluktuirajući tonus, ali uglavnom snižen). Korea označava brze nevoljne, često fragmentirane pokrete, dok atetoza predstavlja sporije, stalno promjenjive, uvijajuće ili iskrivljene pokrete šaka ili stopala.

Ataktični tip CP predstavlja gubitak mišićne koordinacije tako da se pokreti izvode abnormalnom snagom, ritmom i točnošću. Tipične oznake su ataksija trupa i hoda (poremećaj ravnoteže), tremor (uglavnom spori intencijski tremor) i sniženi tonus.

Iako je usporen razvoj motorike uvijek prisutan, mnoga djeca sa CP također imaju i poteškoće u senzoričkom, komunikacijskom i kognitivnom području, epilepsiju, gastroenterološke i respiratorne probleme, što utječe na njihovu kvalitetu života (43, 44, 45, 46). Od oštećenja sensorike u djeteta mogu biti prisutna oštećenja vida i vizualne percepcije (47), oštećenja sluha i auditivne percepcije i teže prepoznatljiva oštećenja taktilne,

propriocepcije i vestibularne percepcije (48). Stupanj klasifikacije grubih motoričkih funkcija snažno korelira s prisustvom dodatnih poteškoća u kliničkoj slici, osobito s poteškoćama u učenju, oštećenjima vida i epilepsijom (49).

Kurz i Wilson (50) su procjenjivali neuromagnetsku aktivnost somatosenzornog korteksa djece sa CP. Magnetoencefalografijom (MEG) procjenjivali su kortikalne razlike u aktivnosti somatosenzornog korteksa izazvanih stimulacijom stopala između djece bez poteškoća u razvoju i djece s BSCP. Dobiveni rezultati su pokazali da je neuromagnetski odgovor somatosenzornog korteksa koji predstavlja stopalo manje osjetljiv u djece sa CP. Ovo se podudara s rezultatima istraživanja koja su pomoću funkcionalne magnetske rezonancije (fMRI) pokazala da je somatosenzorni korteks za područje ruke u djece sa CP manje osjetljiv na taktilnu stimulaciju (51, 52, 53, 54). Ovi rezultati upućuju da somatosenzorni korteks u djece sa CP ima povećani prag podražaja na aferentnu aktivnost, što upućuje na ozljedu talamokortikalnog puta (55, 56, 57). Navedeni rezultati slažu se sa zaključcima provedenih istraživanja na ljudima i životinjama, koji upućuju kako rana ozljeda mozga nema samo lokalne, već globalne dugoročne posljedice na senzoričko procesiranje (58).

Poseban problem predstavljaju teškoće senzoričke integracije, tj. poremećaj u složenom lancu funkcija: senzorni podražaj – gnozija – percepcija – senzorička integracija – motoričko planiranje – motorički odgovor. Upravo o uspješnoj senzornoj integraciji ovisi složena sposobnost motoričkog planiranja ili praksija (59).

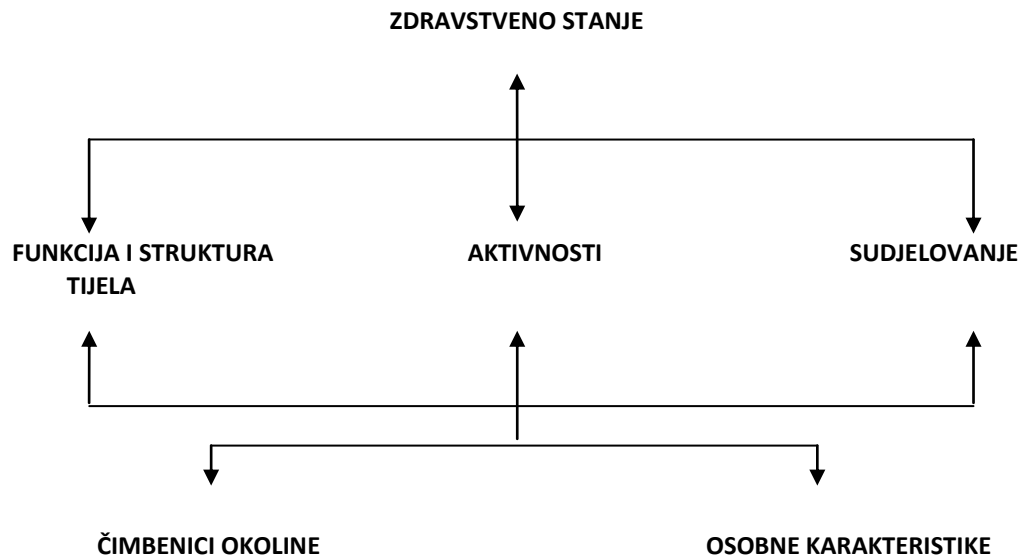
Može se zaključiti da je CP vrlo kompleksno stanje koje utječe na brojna razvojna područja djeteta, razinu njegovih funkcionalnih sposobnosti i kvalitetu života, što ukazuje na važnost rehabilitacijskog tretmana.

### **1.1.6. Međunarodna klasifikacija funkcioniranja, onesposobljenosti i zdravlja:**

#### **Primjena u cerebralnoj paralizi**

Glavni cilj Međunarodne klasifikacije funkcioniranja, onesposobljenosti i zdravlja (MKF) je osigurati jedinstveni i standardizirani jezik za opisivanje zdravlja i stanja u vezi sa zdravljem (60). MKF obuhvaća biološku i sociološku perspektivu onesposobljenosti kako bi se u potpunosti sagledao utjecaj zdravstvenog stanja na život pojedinca, uključujući sudjelovanje u društvu. Tako se zdravstveno stanje opisuje s perspektive tijela, pojedinca i društva u dvije osnovne liste: (1) Funkcije i strukture tijela te (2) Aktivnosti i sudjelovanja. Čimbenici okruženja u kojem pojedinac živi uključeni su u ovaj model klasifikacije jer mogu utjecati na ograničenja u aktivnosti.

Prema MKF-u oštećenje se definira kao problem u funkciji ili strukturi tijela, a ograničenja u aktivnosti kao poteškoće u aktivnosti i sudjelovanju u svakodnevnom životu. Za djecu sa CP ograničenja u aktivnosti grubih motoričkih funkcija opisuju se pomoću klasifikacijskog sustava GMFCS, dok se ograničenja u aktivnosti finih motoričkih funkcija opisuju pomoću klasifikacijskog sustava bimanualnih finih motoričkih funkcija - BFMF (Bimanual Fine Motor Function) ili sustava klasifikacije manualne sposobnosti - MACS (Manual Ability Classification System) (12, 13, 61).



**Shema 1.** Interakcija između komponenti MKF-a

Sukladno novim komponentama zdravlja koje naglašava MKF, promijenilo se je i gledište na učinkovitost intervencije. Više nije dovoljno promatrati uspješnost intervencije samo na razini strukture i funkcije tijela, već se učinkovitost mora ogledati u promjeni u aktivnosti i sudjelovanju pojedinca u svakodnevnom životu (62, 63).

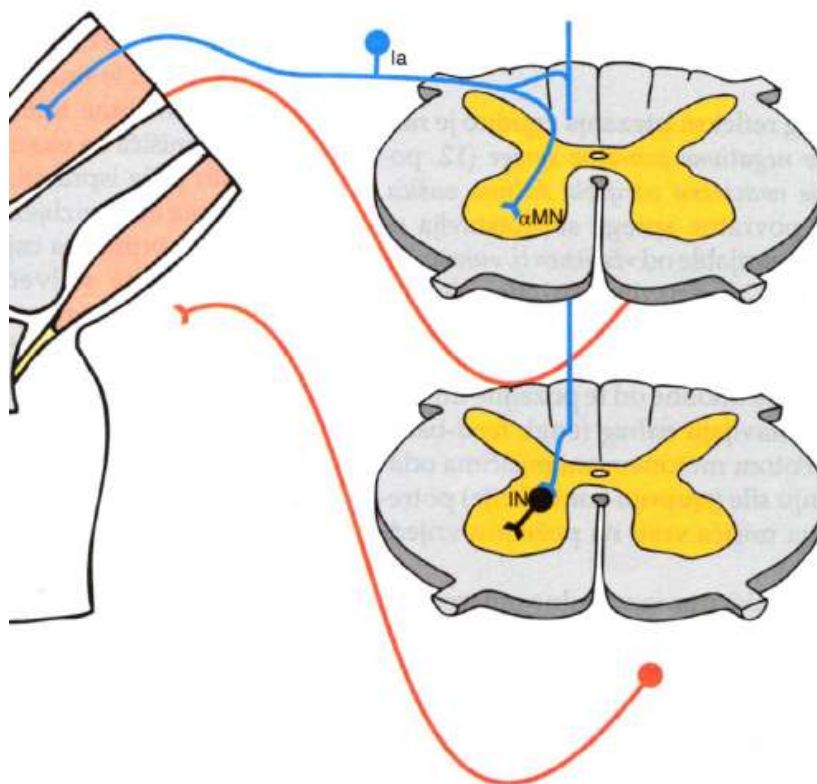
## 1.2. PROBLEM SPASTIČNOSTI

### 1.2.1. Normalan mišićni tonus

Mišićni tonus predstavlja silu kojom se mišić odupire istezanju, tj. blagu napetost opuštenog mišića. Ono se temelji na dvije komponente: viskoelastičnim svojstvima samog mišićnog tkiva i neuralnoj komponenti što određuje stupanj kontrakcije mišića u danom času – refleksu istezanja (64).

Istraživanja provedena na životinjama o refleksu istezanja rezultirala su modelom aferentnog-eferentnog neuralnog kruga koji je poslužio kao podloga za razumijevanje aktivnosti refleksa istezanja u ljudi (65, 66). Refleks istezanja je u biti kontrakcija mišića uzrokovana prethodnim istezanjem mišića. Mišićna vretena, mali proprioceptivni receptori koji se nalaze u mišiću, i tetivna vretena, smještena u tetivama, imaju u ovom procesu ključnu ulogu. Mišićna vretena prenose informacije o duljini mišića i o njoj brzini promjene, dok tetivna vretena signaliziraju promjene stupnja napetosti, tj. snage kontrakcije mišića. Zavisno o brzini istezanja podražuju se različita primarna i sekundarna osjetna vlakna (Ia, Ib i II) unutar mišićnog vretena. Ako se mišić isteže velikom brzinom, podražuju se osjetna vlakna skupine Ia, koja zatim ulaze u kralješničku moždinu i prave izravne, monosinaptičke ekscitacijske veze s  $\alpha$ -motoneuronima. Ia vlakna također prave monosinaptičke veze s inhibitornim interneuronima koji se izravno projiciraju na  $\alpha$ -motoneurone mišića antagonista. Tako dolazi do istodobne ekscitacije mišića agonista i inhibicije antagonista, tzv. recipročne inervacije (slika 1.) (64). Kada se mišić polako rasteže aktiviraju se sekundarna osjetna vlakna skupine II. Ona prenose informacije o statičkoj duljini i položaju. Većina ovih vlakana završava na interneuronima.

Tetivno vreteno (Golgijev tetivni organ), koji se nalazi na mišićno-tetivnom spoju, bilježi promjene u napetosti mišića (67). Zajedno s mišićnim vretenima putem vlakana skupine Ib reguliraju mišićnu kontrolu i kontrakciju, tj. mišićni tonus. Ib vlakna preko spinalnih interneurona inhibiraju odgovarajuće  $\alpha$ -motoneurone te tako svojom inhibicijskom ulogom mišiće i tetive zaštićuje od pretjerano snažnih kontrakcija.

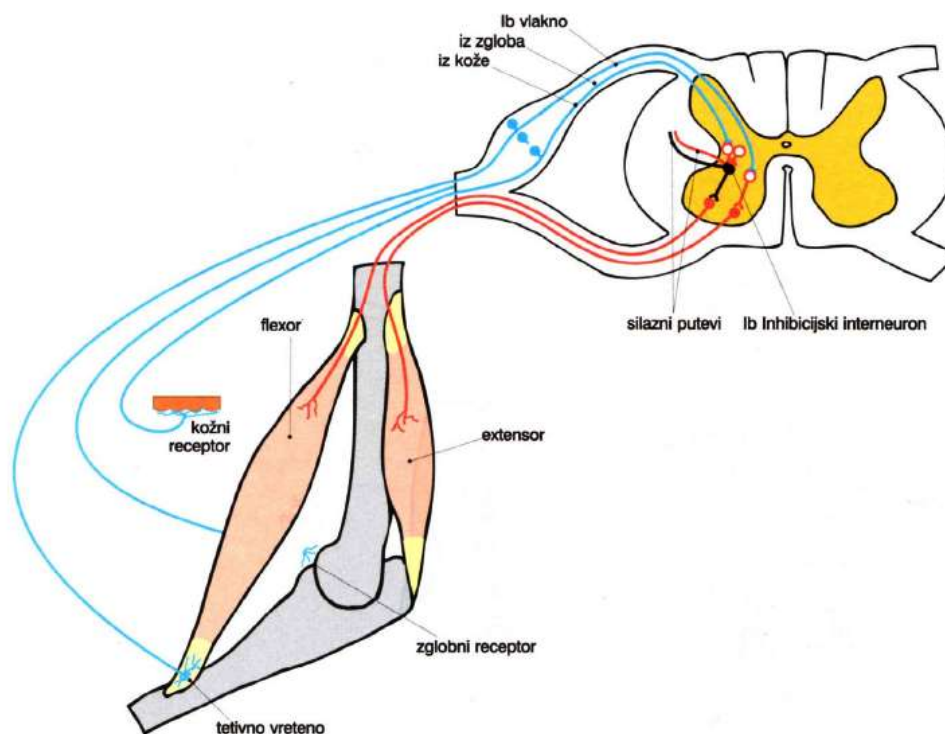


**Slika 1.** Monosinaptički refleks istežanja i recipročna inervacija. Ia vlakno ( aferentni krak refleksnog luka) izravno ekscitira  $\alpha$ -motoneuron (eferentni krak refleksnog luka) i time uzrokuje kontrakciju mišića. Istodobno Ia vlakno također ekscitira i inhibicijske interneurone te preko njih inhibira aktivnost antagonističkog mišića (izvor: Judaš, Kostović<sup>64</sup>).

Interneuroni primaju ulazni signal iz nekoliko različitih izvora, periferno i supraspinalno. Zbog toga spinalni refleksni odgovori nisu stereotipne reakcije, već ovise o trenutnoj aktivnosti interneurona koji ih okružuju (65). Osim što su uključeni u mehanizam recipročne inervacije, interneuroni imaju ulogu i u drugom tipu signalizacije. Specijalizirani



interneuronima, Renshawove stanice sinaptički ekscitiraju povratne kolaterale aksona  $\alpha$ -motoneurona kako bi stabilizirali učestalost izbijanja. Tu je zapravo riječ o povratnoj (rekurentnoj) inhibiciji (64). Nadalje, inhibični interneuronima imaju presinaptičku vezu s Ia vlaknima te su pod supraspinalnim facilitacijskim utjecajem. Ekscitacija ovih interneurona smanjuje otpuštanje neurotransmitera na završecima Ia vlakana motoneurona te tako zadržava tonički inhibičijski utjecaj na monosinaptički refleksi luk, koji se naziva presinaptička Ia inhibicija. Vlakna Ib, koja proizlaze iz Golgijevog tetivnog organa također završavaju na inhibičnim interneuronima. Oni se pak projiciraju na homonimne  $\alpha$ -motoneurone, što se naziva nonrecipročnom Ib inhibicijom (65). Važno je napomenuti kako ova vrsta interneurona prima sinaptičke signale ne samo iz tetivnih vretena, već i iz mišićnih vretena (Ia vlakna), kožnih i zglobnih mehanoreceptora ( $A\beta$  vlakna) te od ekscitacijskih i inhibičijskih silaznih motoričkih putova (slika 2) (64).



**Slika 2.** Prikaz konvergentnih signala koje primaju inhibičijski Ib interneuronima.  
(izvor: Judaš, Kostović<sup>64</sup>)

Finu i prilagodljivu kontrolu aktivnosti mišićnih vretena omogućuje fuzimotorički  $\gamma$ -sustav. Naime, viša moždana područja tijekom kontrakcije uz  $\alpha$ -motoneurone, aktiviraju i  $\gamma$ -motoneurone te tako preko fuzimotoričkog sustava nadziru osjetljivost mišićnih vretena. Ova istodobna aktivacija fuzimotoričkih i skeletomotoričkih vlakana naziva se alfa-gama koaktivacija (64).

Silazni putovi iz moždanog debla također moduliraju aktivnost interneurona i motoneurona kralješničke moždine. To su putovi medijalnog sustava (vestibulospinalni, retikulospinalni i tektospinalni put), jedan lateralni put (rubrospinalni put) te monoaminski silazni putovi. Moždana kora osim izravnog djelovanja na  $\alpha$ -motoneurone preko kortikospinalnog, tzv. piramidnog puta, djeluje na njih i neizravno preko struktura moždanog debla (64).

### **1.2.2. Definicija i patofiziologija spastičnosti**

Mišićni tonus može biti patološki promijenjen na dva načina; može biti smanjen kada govorimo o hipotoniji ili povećan kada govorimo o hipertonusu. Hipertonus poprima dva oblika: spastičnost (zgrčenost) i rigidnost (ukočenost) (64).

Najčešći poremećaj pokreta koji zahvaća CP je spastičnost. Spastičnost se najčešće definira kao motorički poremećaj koji se karakterizira povećanjem u toničnom refleksu istezanja (mišićnom tonusu) zavisnim od brzine, te s povišenim tetivnim odgovorom koji je rezultat hiperekscitabiliteta refleksa istezanja (68). To je hipertonični, izokinetički poremećaj pokreta te je jedan od komponenti sindroma ozljede gornjeg motoneurona (pod gornjim motoneuronom uglavnom mislimo na neurone moždane kore čiji aksoni oblikuju kortikospinalni put i koji izravno nadziru aktivnost  $\alpha$ -motoneurona). S obzirom da je ponekad

teško razlikovati mnoge pozitivne znakove ozljede gornjeg motoneurona, navedena definicija spastičnosti smatra se preuskom (69). Krovno udruženje za prikupljanje podataka o mjerama spastičnosti – SPASM (Support Programme for Assembly of database for Spasticity Measurement) nedavno je predstavilo novu definiciju, koja se sve više primjenjuje. Prema njoj spastičnost se definira kao poremećaj senzomotorne kontrole, koja se očituje kao povremena ili stalna nevoljna aktivacija mišića, a rezultat je ozljede gornjeg motoneurona (69).

Patofiziološka podloga spastičnosti nije u potpunosti razjašnjena. Jedan od uzroka spastičnosti je ozljeda motoričkog korteksa koja vodi do smanjenja kortikalnog inputa za retikulospinalni i kortikospinalni put, rezultirajući disinhibicijom spinalne, segmentalne podražljivosti i povećanjem mišićnog tonusa (70). Glavni put koji inhibira spinalnu refleksnu aktivnost je dorzalni retikulospinalni put, koji prolazi vrlo blizu lateralnog kortikospinalnog (piramidnog) puta (71). On polazi iz ventromedijalne retikularne formacije, koja je pod facilitacijskom kontrolom kortikalnog motoričkog područja, što znači da potpomaže inhibicijski input. Gubitak silaznog inhibicijskog inputa kroz kortikospinalne putove rezultira povećanjem ekscitabilnosti  $\gamma$ - i  $\alpha$ -motoneurona (72). Klinički znakovi spastičnosti poput povišenog tonusa, hiperaktivnih refleksa, klonusa (73), gubitka selektivne motoričke kontrole i slabe koordinacije (74), rezultat su kroničnog gubitka inhibitornih suprasegmentalnih inputa.

Osim navedenih promjena u središnjem živčanom sustavu, ozljeda gornjeg motoneurona dovodi i do promjena u mehaničkim i viskoelastičnim svojstvima mišićnih vlakana i ostalih mekih tkiva. Histološke promjene mišića, poput atrofije mišićnih vlakana i gubitak sarkomera, pridonose krutosti što rezultira razvojem povećanog otpora i refleksne osjetljivosti (75, 76).

Spastičnost može zahvatiti jedan, dva, tri ili sva četiri ekstremiteta pri čemu uzrokuje smanjenje opsega pokreta zahvaćenih mišića te smanjenu lokomocijsku funkciju. Također može dovesti do kontraktura, deformacija kostiju i nestabilnosti zglobova što zauzvrat rezultira razvojem ranih osteoartritičnih promjena (77). Često otežava mijenjanje položaja djeteta od strane roditelja ili drugih skrbnika pa ometa provođenje aktivnosti svakodnevnog života, poput spavanja, sjedenja, hranjenja, njege i transporta. Zbog toga je regulacija spastičnosti od velike važnosti. Uspješan tretman može olakšati svakodnevno postupanje s djetetom, omogućiti bolje pozicioniranje i lakšu skrb (njegu) od strane roditelja / skrbnika te poboljšati motoričko funkcioniranje (78).

Važnost rehabilitacije i regulacije spastičnosti u CP spastičnog tipa je prepoznata, ali se i dalje postavlja pitanje o učinkovitosti različitih tretmanskih programa (79, 80, 81, 82). Nedostatak konzistentnih pozitivnih rezultata pripisuje se malim i heterogenim uzorcima, sklonostima u izboru pojedinaca za tretman, razlikama u osjetljivosti instrumenata procjene, metodologiji istraživanja te naravno individualnim razlikama među terapeutima.

### **1.2.3. Mjerenje spastičnosti**

U osoba s ozljedom gornjeg motoneurona, klinički problem disfunkcije pokreta proizlazi iz složene interakcije između pozitivnih i negativnih znakova te promjena u mehaničkim svojstvima mišića i drugih tkiva. Zbog toga je pažljiva procjena svih znakova i simptoma koji pridonose motoričkoj funkciji nužna, osobito pri izboru odgovarajućeg tretmana i procjeni učinaka.

Kvantifikacija spastičnosti, u terminima funkcije i strukture tijela unutar okvira MKF-a, zahtijeva pouzdani i valjani mjereni instrument. Objektivna mjerenja spastičnosti stoga su cilj

mnogih kliničkih istraživanja (83). Danas postoje različite metode procjene spastičnosti koje variraju od kliničkih ordinalnih skala do složenih biomehaničkih i neurofizioloških metoda. Kliničke skale za procjenu spastičnosti uglavnom se usredotočuju na otpor mišića izvođenju pasivnog pokreta (84).

Ashworthova skala (85) ili njena modificirana verzija (86) su najčešće korištene kliničke skale za procjenu mišićnog tonusa. Ashworthova skala mjeri otpor koji percipira ispitivač prilikom izvođenja pasivnog pokreta u određenom zglobu. Percipirani otpor pasivnom pokretu predstavlja ukupan zbroj neuralne aktivnosti refleksa istezanja i neneuralne aktivnosti viskoelastičnih svojstava zglobnih struktura i mekih tkiva.

Ansari i sur. (87) su modificirali Bohannon-Smithovu modificiranu Ashworthovu skalu (86) kako bi poboljšali njenu metodološku kvalitetu. Provedena istraživanja o valjanosti i pouzdanosti nove Modificirane Ashworthove skale (MMAS – Modified Modified Ashworth Scale) pokazala su ohrabrujuće rezultate (88, 89, 90, 91, 92, 93).

Tardieu skala (TS) (94) također bilježi otpor pasivnom pokretu, ali pri procjeni otpora u obzir uzima različite brzine izvođenja pasivnog pokreta. U klinici se također i primjenjuje test spastičnosti (95).

Prilikom procjene treba imati na umu kako značajan utjecaj na mišićni tonus ima sama postura u kojoj se mjerenje izvršava te inicijalna dužina mišića (96), kao i svaki podražaj tijekom procjene (97). Iako su ove skale subjektivne jer ovise o percepciji ispitivača, često se primjenjuju u kliničkom radu jer ne zahtijevaju puno vremena te se mogu primijeniti i kod osoba s višestrukim poteškoćama (98). Ove skale se najčešće primjenjuju u procjeni djece sa CP (99, 100).

U laboratorijima se koriste biomehaničke ili neurofiziološke mjerne metode koje procjenjuju ili otpor pasivnom pokretu ili električnu aktivnost određenih mišića. Primjena

Hoffmannovog refleksa, tetivnog refleksa i refleksa istežanja opširno je istraživana (101), ali se kao mjerne metode nisu pokazale klinički značajnima. Upotreba elektromiografije (EMG) za procjenu mišićne (refleksne) aktivnosti tijekom funkcionalnog aktivnog ili pasivnog pokreta, pokazala se kao valjana metoda ukoliko se adekvatno standardizira (102). Očigledno je da upotreba samo biomehaničkog ili neurofiziološkog pristupa ima svoja ograničenja (103), pa se preporučuje kombinacija oba pristupa kako bi se razlikovale neuralne i biomehaničke komponente spastičnosti (104).

Trenutno u kliničkoj praksi procjena spastičnosti predstavlja složeni problem. S jedne strane primjena kliničkih skala ima značajnih metodoloških ograničenja (84, 105), a s druge strane sve se više uočava kako spastičnost, uočena tijekom kliničkog ispitivanja, nužno ne odgovara funkcionalnom oštećenju. Iako se pretpostavlja da su osobe sa spastičnošću više oštećene na funkcionalnoj razini od osoba koje nemaju spastičnost mišića (106), medicinska literatura ne pokazuje dosljednost ove pretpostavke (104). Stoga jasnoća povezanosti između kliničkog fenomena spastičnosti i aktivne motoričke nesposobnosti ostaje nepoznata.

Može se zaključiti kako je procjena spastičnosti složena uslijed njenih različitih manifestacija, poteškoća u razlikovanju neuralnih i biomehaničkih komponenti te različitih osobina između pasivnih i aktivnih pokreta. Sve se više približavamo dogovoru o nužnosti mjerenja spastičnosti na različitim razinama unutar okvira MKF-a, koje će pokriti njegove različite manifestacije na području funkcije i strukture tijela, aktivnosti i sudjelovanja (104).

#### **1.2.4. Tretman spastičnosti**

Unatoč nedostatnom saznanju o odnosu između spastičnosti i motoričke sposobnosti, mnoge se intervencije usredotočuju na smanjenje spastičnosti polazeći od dvije

pretpostavke: (1) kako spastičnost pridonosi ograničenju aktivnosti te (2) kako će njeno smanjenje rezultirati poboljšanjem u funkciji (106). Ipak, malo je dokaza koji potvrđuju ovu pretpostavku (107).

Od farmakoloških pristupa u tretmanu spastičnosti djece sa CP zastupljeni su oralni antispastički lijekovi, primjena botulinus toksina te od kirurških pristupa selektivna dorzalna rizotomija. Od antispastičkih lijekova najčešće se primjenjuje baklofen, dantrolen, tizanidin i modafinil (108, 109, 110). Meta analiza koju su proveli Montane i sur. (111) pokazala je nedovoljan učinak antispastičkih lijekova s obzirom na visoku incidenciju nuspojava (vrtoglavicu i slabost mišića).

Postoje mnogobrojna istraživanja o učinku botulinuskog toksina na spastičnost u djece sa CP (112, 113). Njegova primjena ograničena je na lokaliziranu spastičnost, a najbolji učinci na funkcionalnoj razini postižu se u kombinaciji s fizioterapijskim tretmanom (114). Terapija botulinuskim toksinom može se kombinirati sa selektivnom dorzalnom rizotomijom za bolju kontrolu spastičnosti (115). Unatoč pozitivnom učinku ovih tretmana na razinu spastičnosti, potrebno je naglasiti kako se ove intervencije uglavnom primjenjuju samo kod izabranih podskupina populacije osoba sa CP (116).

Razvoj neinvazivnih tehnika kortikalne stimulacije, poput transkranijalne magnetske stimulacije (TMS), otvara nove mogućnosti liječenja spastičnosti. Valle i sur. (117) su proveli istraživanje o učinku TMS na razinu spastičnosti u djece sa CP. Postavili su hipotezu da će primjenom TMS povećati aktivnost motoričkog korteksa te time i inhibicijski input kortikospinalnog puta što će smanjiti hiperaktivnost  $\gamma$ - i  $\alpha$ -motoneurona. Smanjenje spastičnosti ogledalo se je u većem opsegu pasivnog pokreta, ali su potrebna daljnja istraživanja o primjeni kortikalne stimulacije u tretmanu spastičnosti.

Uz klasične farmakološke i/ili kirurške intervencije primjenjuju se i nefarmakološki pristupi poput istezanja mišića (118), krioterapija (119), termoterapija (120), tretmani ultrazvukom i električnom stimulacijom te vibracije (121).

Učinak istezanja na spastičnost može se objasniti promjenom u podražljivosti motoneurona. Nekoliko istraživanja ispitivala su promjene u ekscitabilnosti motoneurona nakon istezanja. Iako su pojedina istraživanja pokazala kako istezanje mišića može smanjiti podražljivost motoneurona (122, 123), druga nisu potvrdila ovu pretpostavku te smatraju da smanjenje spastičnosti nije posljedica izravnog učinka istezanja na motoneurone (124, 125).

Ansari i sur. objavili su tri zanimljiva istraživanja o učinku terapije ultrazvukom na razinu spastičnosti. Rezultati dviju studija pokazali su značajan učinak ultrazvuka na smanjenje spastičnosti prema Ashworthovoj skali kao i smanjenu podražljivost  $\alpha$ -motoneurona (126, 127). No, njihova je nedavna studija pokazala kako terapija ultrazvukom nema utjecaja niti na elektrofiziološke niti na kliničke mjere spastičnosti (128).

U okviru električne stimulacije najčešće se primjenjuje transkutana električna stimulacija živčanih vlakana (TENS - Transcutaneous electrical nerve stimulation). Njen antispastički učinak objašnjava se produkcijom  $\beta$ -endorfina koji mogu smanjiti podražljivost motoneurona, kao i facilitacijom kortikalne sinaptičke reorganizacije. Nedavno istraživanje pokazalo je značajan učinak TENS-a na smanjenje spastičnosti u djece sa CP (129). Nadalje, električna stimulacija može povećati učinak neurorehabilitacijskih inhibicijskih tehnika, poput Bobathove neurorazvojne terapije (130).

Izravna primjena mehaničkih vibracija također može imati antispastički učinak. U zadnje vrijeme dosta se raspravlja o učincima vibracijskog treninga putem vibrirajuće platforme (*eng. whole body vibration training*). Ahlborg i sur. (131) proveli su istraživanje na odraslim osobama sa CP te su ustanovili kako primjena vibracija nema negativan učinak na



spastičnost, već poboljšava motoričku funkciju mjerenu GMFM (Gross Motor Function Measure) skalom. Autori pretpostavljaju kako jačanje mišića uslijed izlaganja vibracijama može igrati važnu ulogu u poboljšanju funkcije.

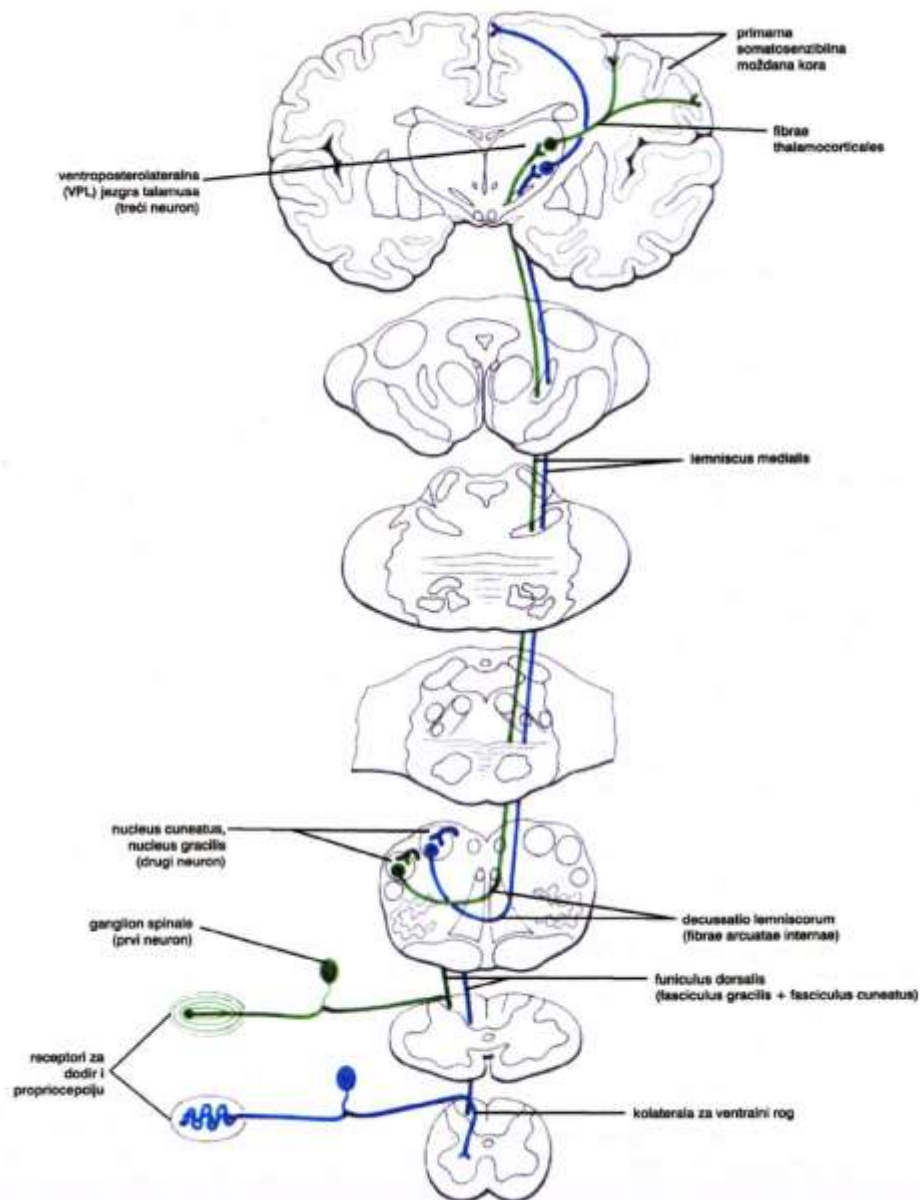
### 1.3. ZVUČNE VIBRACIJE U NEURO(RE)HABILITACIJI

Razvoj vibracijsko akustičke terapije kao oblika tretmana počeo je ranih osamdesetih godina prošlog stoljeća te se je bazirao na istraživanjima o toničnom vibracijskom refleksu i pozitivnom utjecaju vibracije na opseg pokreta (132). Skille je definirao metodu kao terapijski tretman koji koristi sinusoidni pulsirajući zvučni pritisak između 30 - 120 Hz u terapijske svrhe (132). Sinusoidni val ili čisti ton dolazi preciznim povećanjem i smanjenjem amplitude te ne stvara polutonove koji bi mogli utjecati na visinu frekvencije i na njen doživljaj (133).

Važna karakteristika vibracijsko akustičke terapije je da koristi frekvencije unutar raspona ljudskog sluha, ali i visinu tona na kojoj se zvučni frekvencijski podražaj najviše osjeti kao mehanička vibracija na tijelu. Svaka akustička vibracija bazira se na principu suglasnosti rezonancije, prema kojem svaki objekt ima rezonantnu frekvenciju na kojoj vibrira u suglasnosti s drugim zvukom. Tako tijelo vibrira u rezonanciji sa zvučnim valovima koji se koriste. Istraživanja na području vibroakustike su pokazala kako se frekvencije unutar raspona od 30 – 80 Hz osjećaju i doživljavaju kao vibracije cijelog tijela, tj. one rezoniraju s različitim mišićnim grupama (132).

Mehaničko podraživanje kože putem vibracija u rasponu od 30 – 80 Hz stimulira prvenstveno fazne potkožne mehanoreceptore, tzv. Meissnerova tjelešca. Podraživanje Meissnerovog tjelešca uzrokuje svjesni osjet blagog podrhtavanja kože, a najbolji podražaj za Meissnerovo tjelešce je ponavljani mehanički podražaj relativno niskog intenziteta i frekvencije (64). Duge uzlazne grane centralnih nastavaka pseudounipolarnih neurona što prenose osjet vibracije oblikuju dorzalne bijele kolumne – medijalni fasciculus gracilis koji prenosi osjet iz nogu i donjeg dijela trupa, te lateralni fasciculus cuneatus što prenosi osjet iz

ruku i gornjeg dijela trupa (64). To su još uvijek neukriženi (istostrani) aksoni prvog neurona osjetnog puta za vibracije. Ovi aksoni somatotopno završavaju u dvije jezgre na dorzalnoj strani kaudalnog dijela produljene moždine: nucleus gracilis i nucleus cuneatus, gdje je smješteno tijelo drugog neurona ovog osjetnog puta.



**Slika 3.** Put za osjet vibracija (izvor: Judaš, Kostović <sup>64</sup>)

Aksoni ovih neurona ulaze u tegmentum te kao fibrae arcuatae internae križaju središnju crtu i na suprotnoj strani oblikuju dorzoventralno usmjeren trokutast snop

lemniscus medialis. Lemniscus medialis uzlazi kroz tegmentum moždanog debla i sinaptički završava u ventroposterolateralnoj (VPL) jezgri talamusa, u kojoj je smješteno tijelo trećeg neurona osjetnog puta (64). Talamokortikalni aksoni kroz kapsulu internu pristupaju primarnoj somatosenzibilnoj moždanoj kori postcentralne vijuge (slika 3). Većina talamokortikalnih aksona završi u Brodmannovim poljima 3a i 3b, a potom se neuroni tih polja projiciraju u susjedna polja 1 i 2. Sva četiri polja se projiciraju u sekundarno somatosenzibilno polje (Brodmannovo polje 43). Većina somatosenzibilnih neurona reagira na samo jednu vrstu podražaja, pa su neuroni što analiziraju istu vrstu podražaja u somatosenzibilnoj kori raspoređeni u okomite stupiće koji se protežu kroz svih šest slojeva moždane kore (64).

Vibracija cijelog tijela može uzrokovati učinak relaksacije mišićnog tonusa. Standardna fizioterapijska tehnika koju je opisao Carrington pri pokušaju smanjenja spastičnosti u određenom ekstremitetu se sastojala u nježnom protresanju cijelog ekstremiteta, što je stvaralo vibracijski učinak unutar skupine mišića određenog ekstremiteta (134). Boakes je osobito promatrala učinke vibracija niskih frekvencija na mišićnu fiziologiju i mišićne receptore te je smatrala da vibracija uzrokuje inhibiciju mišićnih impulsa te tako inducira relaksaciju spastičnog mišića (135). Ona dalje navodi kako je očigledno da vibracija niskih frekvencija djeluje na mišićna vretena, najvjerojatnije zbog prolaska kroz dijelove središnjeg živčanog sustava i tako direktno utječe na specifične mišiće ili skupine mišića, kako bi se postigao balans i poboljšanje stanja mišića (135). Wigram je 1996. objavio rezultate kliničkog istraživanja o učinku zvučne vibracije na motorički status odraslih osoba sa CP. Rezultati su pokazali da zvučna vibracija može dovesti do povećanja opsega pokreta (134).

Ova metoda se zapravo temelji na repetitivnoj senzomotoričkoj stimulaciji te se danas primjenjuje u osoba sa CP, Rettovim sindromom, multiplom sklerozom,

Parkinsonovom bolešću i u tretmanu osoba nakon moždanog udara. Istraživanja o utjecaju vibracija na motoričke simptome Parkinsonove bolesti te na ravnotežu i mobilnost osoba s multiplom sklerozom pokazala su pozitivan utjecaj ove stimulacije na posturalnu kontrolu te na tremor i rigiditet (136). U odraslih osoba sa CP uočen je pozitivan utjecaj vibracija na opseg mišića (137), dok su se u djece i odraslih osoba s Rettovim sindromom smanjile stereotipije rukama i hiperventilacija (138, 139, 140).

Provedena istraživanja pokazala su kako frekvencija od 40 Hz može biti učinkovita u rehabilitaciji ozljeda mozga (141). Llians i Ribary su otkrili da moždane stanice osciliraju na frekvenciji od približno 40 Hz u REM fazi spavanja (142) te kako se zvučni val od 40 Hz ne generira u osoba oboljelih od Alzheimerove bolesti te je slabiji u pacijenata s moždanom traumom (143). Llians je pretpostavljao kako vibracijska stimulacija frekvencijom od 40 Hz može pojačati frekvenciju talamusa i biti učinkovita u rehabilitaciju osoba s neurološkim oštećenjima.

Transmisija vibracija na biološki sustav može dovesti do fizioloških promjena na mnogobrojnim razinama, poput stimulacije kožnih receptora, mišićnih vretena, vestibularnog sustava, promjena u cerebralnoj aktivnosti u somatosenzoričkom korteksu kao i do promjena u koncentraciji neurotransmitera i hormona (133). Vibracijski podražaj je procesiran i interpretiran u središnjem živčanom sustavu što uzrokuje fiziološke odgovore na periferiji. Iako mehanizam ovih posljedica nije još u potpunosti rasvijetljen, ova terapijska metoda može ponuditi novi pristup u rehabilitaciji neuroloških bolesti i neuromišićnih poremećaja.

Osnovna hipoteza ovoga kliničkog istraživanja definirana je na spoznajama o hijerarhijskoj kontroli i modulaciji pokreta. Receptori i proprioceptori koji su u sprezi sa senzomotoričkim korteksom i moždanim deblom preko perifernog ulaznog puta potpomažu i

moduliraju rad središnjeg živčanog sustava. Dakle, aferentni podražaj ima veliku ulogu u kontroli spastičnosti i u facilitaciji normalnog pokreta.

Različiti oblici senzoričke stimulacije, poput vibracijskog podražaja, djeluju na mišićne receptore i proprioceptore koji šalju informaciju preko spinalne moždine i tako potpomažu kortikalnu kontrolu i modulaciju pokreta.

Predloženo istraživanje nastojati će sustavno ispitati učinak zvučnih vibracija frekvencije 40Hz na spastičnost i motoričku funkciju u djece sa spastičnom CP.

## **2. HIPOTEZA**

---

Rezimirajući podatke navedene u Uvodu, znanstvena i stručna utemeljenost ovog istraživanja ogleda se u slijedećem:

Uzimajući u obzir interakciju između somatosenzoričkih informacija i motoričkih funkcija, kao i činjenicu da somatosenzorički tretman može poboljšati motoričke funkcije (144, 145), moguće je da bi takve intervencijske strategije mogle biti korisne u rehabilitaciji djece sa CP.

Nadalje, saznanja o prirodi i snazi odnosa između promjene u razini spastičnosti (inicijalnog oštećenja strukture tijela) i motoričkog ishoda (aktivnosti) djeteta sa CP mogu biti važno ishodište u planiranju (re)habilitacijskih intervencija.



**HIPOTEZA:**

Izlaganje zvučnim vibracijama frekvencije 40 Hz dovesti će do smanjenja spastičnosti i do većeg poboljšanja motoričkih funkcija u djece sa cerebralnom paralizom.

## **3. CILJEVI**

---

### 3.1. OPĆI CILJ

1. Utvrditi postoji li značajno veće poboljšanje u motoričkoj funkciji u djece koja su bila izložena zvučnim vibracijama frekvencije 40Hz u usporedbi s djecom koja su bila tretirana neurorazvojnou terapijom po Bobathu.

### 3.2. SPECIFIČNI CILJEVI

2. Utvrditi učinak zvučnih vibracija frekvencije 40Hz na spastičnost u djece sa cerebralnom paralizom
3. Utvrditi prirodu povezanosti između promjena u razini spastičnosti i motoričkog ishoda
4. Utvrditi postoje li razlike u utjecaju zvučnih vibracija frekvencije 40Hz na motoričku funkciju u odnosu na podskupine prema stupnju grubog motoričkog funkcioniranja
5. Utvrditi je li eventualno nastalo poboljšanje u motoričkom funkcioniranju klinički značajno
6. Utvrditi može li vibracijsko akustička terapija biti komplementarna rehabilitacijska metoda u neurorehabilitaciji djece sa spastičnom cerebralnom paralizom

### 3.3. DOPRINOS I OČEKIVANA PRIMJENA ISTRAŽIVANJA

Kako dosada nisu provedena istraživanja o učinku zvučnih vibracija na spastičnost i motoričko funkcioniranje u djece sa CP, dobiveni rezultati koristiti će se za utvrđivanje učinka vibracijskog podražaja na kontrolu spastičnosti i facilitaciju normalnog pokreta kod ove skupine ispitanika.

Spoznaje koje će se temeljiti na rezultatima ovog istraživanja moći će se koristiti za provedbu uspješnije neurohabilitacije djece sa spastičnom CP te će bitno doprinijeti u izradi terapijskog programa regulacije spastičnosti.

Navedene spoznaje pokazati će mogućnosti primjene vibracijsko akustičke terapije kao komplementarne rehabilitacijske metode u neurohabilitaciji djece sa spastičnom CP.

## **4. METODE I MATERIJALI**

---

#### 4.1. UZORAK ISPITANIKA

U istraživanje su uključena djeca kojima je na temelju neuroloških simptoma, dijagnosticiranih od specijalista neuropedijatra i/ili specijalista fizijatra, klasificirana CP spastičnog tipa (obostrani spastični tip i jednostrani spastični tip) prema klasifikaciji SCPE-a. Djeca su od strane pedijatra primarne zaštite i/ili pedijatra s usmjerenjem u dječju neurologiju upućeni na senzomotoričku procjenu i/ili rehabilitacijski tretman u Centar za rehabilitaciju Mali dom - Zagreb.

Potrebna veličina uzorka od 70 ispitanika izračunata je temeljem preliminarnih rezultata tretmana vibracijsko akustičke terapije u djece sa CP uz pretpostavku da će rezultati djece skupine za provjeru biti lošiji za 35% uz  $\alpha=0,05$  te statističku snagu od 90%.

Ukupno je u istraživanje uključeno 106 ispitanika uz podjednaku zastupljenost oba spola u dobnom rasponu od 4. – 6. godine života. Unutar uzorka izvršena je podjela na podskupine prema stupnju motoričkog funkcioniranja. U tu svrhu izvršeno je funkcionalno stupnjevanje grubih motoričkih funkcija prema GMFCS -u (Gross Motor Function Classification System) za djecu u dobnom rasponu od 4. do 6. godine života (12).

Ispitanici su slučajnim odabirom uključeni u ispitivačku odnosno skupinu za provjeru (u omjeru 1:1) uz stratifikaciju prema stupnju motoričkog funkcioniranja prema GMFCS-u kako bi se osigurala jednaka zastupljenost u odnosu na tu varijablu.

Ispitivačku skupinu činila su djeca koja su uz neurorazvojnu terapiju-Bobath tretirana i zvučnim vibracijama frekvencije 40Hz. Skupinu za provjeru činila su djeca koja su tretirana neurorazvojn timerapijom po Bobathu.

Djeca uključena u uzorak izjednačena su po frekvenciji neurorazvojne terapije po Bobathu na tjedan, kao i po vremenu uključanja u rehabilitacijski program. Djeca iz obje

skupine odlazila su na rehabilitacijske postupke u koje su bili uključeni i prije sudjelovanja u istraživanju.

Djeca koja zbog značajnih zdravstvenih problema i/ili drugih kliničkih čimbenika nisu redovito polazila rehabilitacijski program nisu uključena u uzorak. Također u uzorak nisu uključena djeca koja su unatrag godinu dana od uključivanja u istraživanje ili za vrijeme trajanja istraživanja tretirana antispastičkim lijekovima (baklofen, dantrolen), baklofenom putem infuzijske pumpe, botulinskim toksinom, selektivnom dorzalnom rizotomijom ili drugim antispastičkim tretmanima.

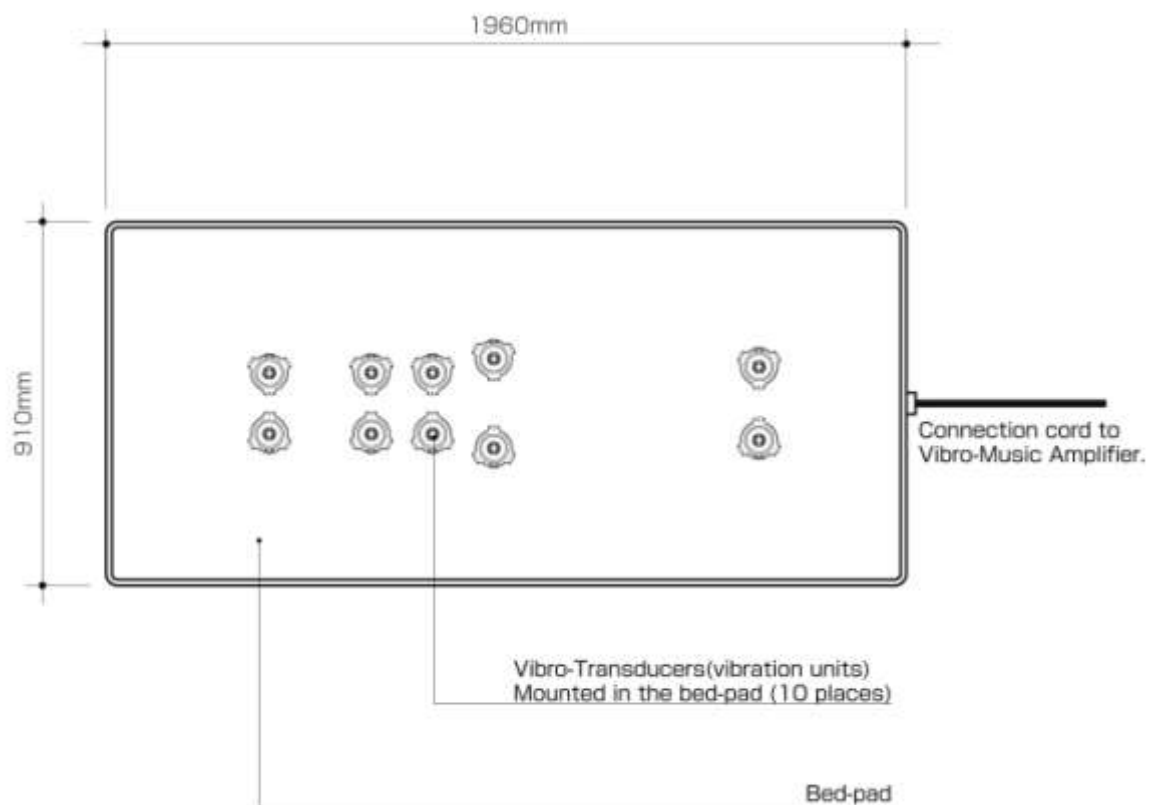
Prema provedenim istraživanjima određene su sljedeće kontraindikacije za ovu vrstu tretmana: akutna upalna stanja, tromboza, prolaps intraverterbralnog diska u akutnom stanju, unutarnja ili vanjska krvarenja te niski krvni tlak (132). Djeca s gore navedenim kontraindikacijama nisu uključena u ovo istraživanje.

## 4.2. INTERVENCIJE

### 4.2.1. Zvučne vibracije

Djeca uključena u ispitivačku skupinu dvaput su se tjedno u vremenskom trajanju od 30 minuta izlagala zvučnim vibracijama frekvencije 40 Hz.

Terapijska faza trajala je 12 tjedana (ukupno 24 tretmana). U svrhu emitiranja niskih frekvencija korišten je vibracijsko akustički uređaj VISIC Bedpad – VSM 10 (Acouve Laboratory Inc., Japan).



**Slika 4.** Shema vibracijsko akustičkog uređaja VISIC Bedpad – VSM 10.

(izvor: Katušić, Mejaški- Bošnjak <sup>146</sup>)

Unutar vibracijskog akustičkog uređaja nalazi se 10 vibracijskih pretvornika/zvučnika (eng. *vibro transducers*) koji pretvaraju zvučni signal u vibraciju i prenose je izravno na tijelo djeteta. Pretvornici su preko pojačala spojeni na računalo koji reproducira audio zapis



određene sinusoidne frekvencije. Frekvencija se generira preko računalnog programa koji precizno definira vrstu zvučnog vala, amplitudu, frekvenciju i njeno trajanje (slika 4).

Tijekom tretmana sinusoidni nisko frekvencijski ton ili čisti ton dolazi u preciznim povećanjima i smanjivanjima amplitude. Čisti ton se koristi upravo jer ne proizvodi polutonove koji mogu utjecati na doživljaj vibracije ili ga dodatno previše pojačati. Vibracije su se uvodile postepeno, laganim povećavanjem intenziteta kako bi se izbjegla neugoda zbog neočekivanog podražaja. Prije tretmana terapeut je objasnio djetetu kako će putem tijela početi osjećati vibracije. Dijete auditivno nije percipiralo podražaj jer se vibracije niskih frekvencija u ovoj metodi koriste samo kao proprioceptivni podražaj te je intenzitet vrlo nizak.

Za vrijeme izlaganja zvučnim vibracijama frekvencije 40 Hz dijete se je postavljalo u supinacijski položaj s glavom u središnjoj liniji. Uslijed nedostatne posturalne kontrole kod djeteta, osigurana je dovoljna količina vanjske potpore sa senzoričkim jastucima s ciljem zadržavanja simetrije tijela.

Tijekom vremena izlaganja vibracijama terapeut je bio prisutan u sobi, ali nije provodio nikakve aktivnosti s djetetom. Svi dodatni vizualni ili auditivni podražaji uklonjeni su iz terapijske sobe kako bi se izbjegao njihov učinak na intervencije.

### 4.3. INSTRUMENTI PROCJENE

U svrhu ispitivanja učinaka zvučne vibracije na motoričku funkciju djeteta sa spastičnom cerebralnom paralizom definirane su sljedeće varijable: procjena grubih motoričkih funkcija, razina motoričkog funkcioniranja donjih i gornjih ekstremiteta te stupanj spastičnosti za sljedeće grupe mišića: aduktori kuka, ekstenzori koljena i plantarni fleksori stopala za donje ekstremitete te fleksori lakta i fleksori šake za gornje ekstremitete.

Mjerenja su izvršena u dvije točke procjene za obje skupine ispitanika. Početno mjerenje izvršeno je na početku uključivanja djeteta u istraživanje, a konačno mjerenje nakon 12 tjedana.

#### 4.3.1. Procjena grubih motoričkih funkcija

Procjena grubih motoričkih funkcija provedena je standardiziranom skalom za procjenu grubih motoričkih funkcija u djece sa CP, GMFM-88 (Gross Motor Function Measure) (147). Procjena se temelji na sposobnosti izvođenja motoričkih zadataka i zadržavanja posturalnih položaja te ne uključuje nikakve invazivne postupke. Skala se sastoji od 88 zadataka unutar 5 dimenzija: (A) ležanje i okretanje; (B) sjedenje; (C) puzanje i klečanje; (D) stajanje; (E) hodanje, trčanje i skakanje. Zadaci se ocjenjuju na skali od 0-3 te se rezultati prezentiraju u postocima. GMFM skala pokazala se pouzdanom i valjanom u procjeni grubih motoričkih funkcija u djece s cerebralnom paralizom (148, 149). Karakteristike GMFM-88 skale navedene su u tablici 4.1.

Karakteristike	GMFM-88
Svrha	Procjena i određivanje grubih motoričkih funkcija (deskriptivno, diskriminativno, prediktivno i evaluativno)
Ciljana skupina	Djeca sa cerebralnom paralizom; valjana također za djecu sa sindromom Down
Oprema	Uobičajeni fizioterapijski pribor ili oprema definirana u priručniku
Administracija	Klinička opservacija
Procijenjeno vrijeme provođenja testa	45 – 60 min
Čestice	88 zadataka
Bodovanje pojedine čestice	Ordinalna skala od 0-4: 0=ne započinje zadatak; 1=započinje zadatak; 2=djelomično izvršava zadatak; 3=završava zadatak, NT=nije testirano; dozvoljena 3 pokušaja
Bodovanje čestice koju ispitanik nije mogao izvesti ili koja nije bila testirana	0 bodova
Dimenzije	Grube motoričke vještine temeljene na miljokazima u 5 dimenzija: A: ležanje i okretanje (17 zadataka); B: sjedenje (20 zadataka); C: puzanje i klečanje (14 zadataka); D: stajanje (13 zadataka) i E: hodanje, trčanje i skakanje (24 zadataka)
Bodovanje skale	Rezultat pojedine dimenzije: postotak izvršenih zadataka u svakoj dimenziji (A-E) Ukupni rezultat: srednja vrijednost rezultata na svih 5 dimenzija Ciljani ukupni rezultat: individualiziran za svako dijete i uključuje samo dimenzije izabranog ciljanog područja, izračunat kao srednja vrijednost rezultata uključenih dimenzija
Očekivani razvoj	Dostupan u tablicama prema dobi i GMFCS-u u priručniku; dijete urednog razvoja može izvršiti sve zadatke do 5. godine života

**Tablica 4.1.** Karakteristike procjene grubih motoričkih funkcija GMFM-88 (prema Palisano i sur.<sup>147</sup>).

#### 4.3.2. Procjena razine motoričkog funkcioniranja donjih i gornjih udova

Razina motoričkog funkcioniranja donjih ekstremiteta procijenjena je primjenom GMFCS klasifikacijskog sustava za dobni raspon od 4. do 6. godine života na skali od 1-5 (12). U literaturi je zabilježena dobra pouzdanost i stabilnost ovog sustava, kao i diskriminativna i prediktivna valjanost (150, 151, 152, 153).

Razina motoričkog funkcioniranja gornjih ekstremiteta procijenjena je primjenom BFMF (Bimanual Fine Motor Function) klasifikacijskog sustava koji funkciju šake stupnjuje također u 5 razina (tablica 4.2) (13):

<b>GMFCS</b>	<b>BFMF</b>
<b>Razina I</b> Hoda bez ograničenja; ograničenje u više zahtjevnim vještinama grube motorike	<b>Razina I</b> Jedna ruka: fina motorika je bez ograničenja Druga ruka je bez ograničenja ili ona postoje u zahtjevnijim motoričkim vještinama
<b>Razina II</b> Hoda bez pomoći; ograničenje u hodu izvan kuće i kolektivu	<b>Razina II</b> a) Jedna ruka: fina motorika je bez ograničenja Drugom rukom je moguće samo prihvaćanje predmeta ili zadržavanje u ruci b) Obje ruke: ograničenja postoje u zahtjevnijim finim motoričkim vještinama
<b>Razina III</b> Hoda koristeći pomagalo za kretanje; ima ograničenja pri hodu na otvorenom	<b>Razina III</b> a) Jedna ruka: fina motorika je bez ograničenja Druga ruka je bez ikakvih funkcionalnih sposobnosti b) Jedna ruka: ograničenja postoje u zahtjevnijim motoričkim vještinama Drugom rukom je moguće samo prihvaćanje predmeta ili čak ni to
<b>Razina IV</b> Samostalno kretanje uz ograničenja; na otvorenom i u kolektivu, djeca se prevoze ili koriste mobilno pomagalo na električni pogon	<b>Razina IV</b> a) Obje ruke: sposobnost hvatanja predmeta b) Jedna ruka: samo sposobnost hvatanja Druga ruka: samo sposobnost držanja predmeta ili čak ni to
<b>Razina V</b> Samostalno kretanje je jako ograničeno i onda kad se koristi pomoćna tehnologija	<b>Razina V</b> Obje ruke: samo sposobnost zadržavanja predmeta ili niti to

**Tablica 4.2.** Stupnjevanje grubih i finih motoričkih funkcija u pet razina prema GMFCS i BFMF skali

### 4.3.3. Procjena spastičnosti

Procjena spastičnosti unutar navedenih mišićnih grupa provedena je Modificiranom modificiranom Ashworthovom skalom od 4 stupnja (tablica 4.3) (87) :

<b>0</b>	normalan mišićni tonus
<b>1</b>	blago povećanje mišićnog tonusa s minimalnim otporom pri kraju opsega pokreta
<b>2</b>	umjereno povećanje mišićnog tonusa kroz gotovo cijeli opseg pokreta (s tim što je zahvaćeni dio lako pokretati)
<b>3</b>	jako povećan mišićni tonus (s otežanim pasivnim pokretom)
<b>4</b>	ekstremno povećan mišićni tonus (pri čemu je zahvaćeni dio ukočen u fleksiji ili ekstenziji, abdukciji ili adukciji itd.)

**Tablica 4.3.** Modificirana modificirana Ashworth skala – MMAS (87).

Mjerenja su izvršena u standardiziranim položajima i pokretima, koji su opisani i korišteni u drugim istraživanjima (91, 92, 93). Izvođenje pasivnog pokreta, kao ni položaji nisu bili invazivni za dijete.

Procjenjivači definiranih varijabli nisu bili upoznati pripada li dijete ispitivačkoj skupini ili skupini za provjeru unutar ovog istraživanja. Procjenu su provela dva prvostupnika fizioterapije sa završenom edukacijom iz procjene grubih motoričkih funkcija (GMFM 66-88) te s desetogodišnjim kliničkim iskustvom u tretiranju mišićne spastičnosti.

#### 4.4. POSTUPAK PROVOĐENJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja je provedeno u vremenskom razdoblju od rujna 2009. godine do srpnja 2011. godine.

Nakon što je prikupljen uzorak ispitanika, roditelji svakog djeteta koje bi moglo biti uključeno u istraživanje, dobili su obavijest o istraživanju. U obavijesti su detaljno opisani ciljevi istraživanja, njihova uloga u istraživanju te moguće koristi i/ili rizici sudjelovanja u istraživanju. Nakon pročitane obavijesti i razgovora s voditeljem istraživanja roditelji su dobili suglasnost za sudjelovanje u istraživanju koju su mogli potpisati ukoliko pristaju na istraživanje.

Ukoliko su roditelji dali svoju suglasnost za sudjelovanje u istraživanju, dijete je randomizacijom uključeno u ispitivačku, odnosno skupinu za provjeru, uz stratifikaciju prema stupnju motoričkog funkcioniranja donjih ekstremiteta.

U dogovoru s roditeljima utvrđen je termin inicijalne procjene. Nakon obavljene inicijalne procjene, dijete randomizirano u ispitivačku skupinu uključeno je u vibracijski tretman dvaput tjedno u vremenskom razdoblju od 12 tjedana. Druga procjena provedena je nakon završetka vibracijskog tretmana. Ukoliko je dijete randomizirano u skupinu za provjeru, ono je nakon 12 tjedana pozvano na drugu procjenu navedenih varijabli.

Djeca iz obje skupine bila su, neovisno o istraživanju, uključena u neurorazvojni tretman-Bobath, kao i u ostale rehabilitacijske programe u koje su bili uključeni i prije istraživanja.

Sve procjene, kao i odvijanje vibracijskog tretman, provedeno je u Dnevnom centru za rehabilitaciju Mali dom-Zagreb.

#### 4.5. STATISTIČKE METODE

Statistička analiza provedena je u statističkom programskom paketu Statistica verzija 6.0 (StatSoft, Inc. Tulsa, OK).

Za analizu mjerenih parametara korištena je deskriptivna statistika za opis karakteristika i mjerenih varijabli te za prikaz istih u obliku tablica. Za opis kontinuiranih varijabli korišten je medijan i interkvartilni raspon (IQR) jer varijable nisu slijedile normalnu raspodjelu. Kategorijske varijable prikazane su kao učestalost (%) uz 95%-tni raspon pouzdanosti (CI).

Za usporedbu ponovljenih mjerenja kontinuiranih varijabli unutar i između skupina te podskupinama korišten je Wilcoxonov test i Mann-Whitney U test . Za usporedbu raspodjele kategorijskih varijabli među skupinama te podskupinama, kao i za određivanje statističke značajnosti korišten je Mann-Whitney U test. Za analizu povezanosti pojedinih karakteristika korištena je Spearmanova korelacija.

Kao statistički značajna korištena je razina značajnosti  $P < 0,05$ .

#### 4.6. ODOBRENJA

Istraživanje je odobreno od Etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te je dobivena suglasnost ravnatelja Malog doma za provođenje istraživanja.

Za svakog ispitanika roditelji su potpisali informirani pristanak.



## 5. REZULTATI

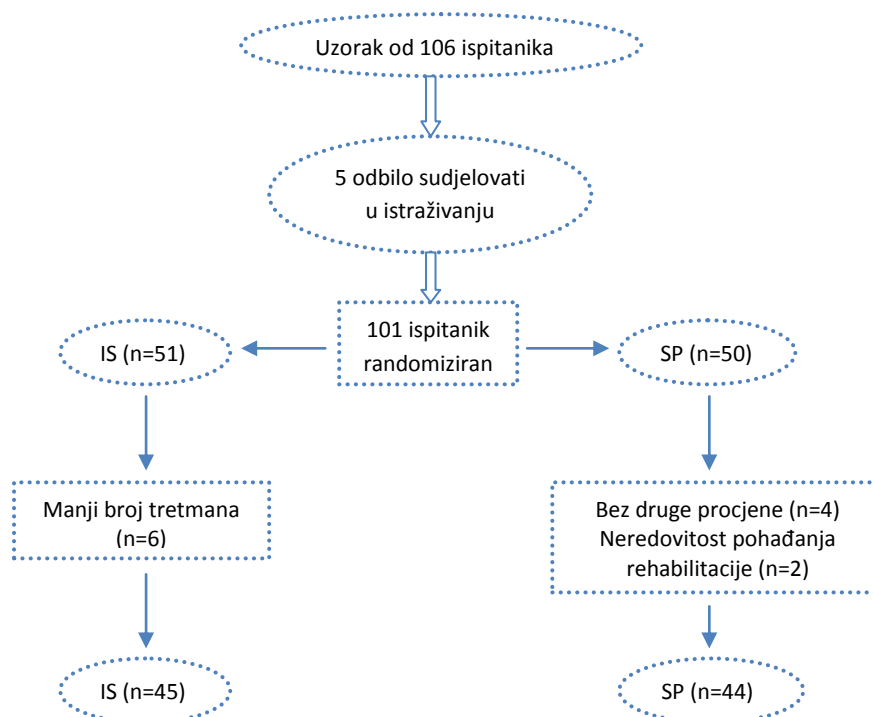
---

## 5.1. ISPITANICI

Ovim se istraživanjem nastojao ispitati uzorak od 106 djece kronološke dobi od 4 do 6 godina kojima je na temelju neuroloških simptoma, dijagnosticiranih od specijalista neuropedijatra i/ili specijalista fizijatra, klasificirana CP spastičnog tipa (obostrani spastični tip i jednostrani spastični tip) prema klasifikaciji SCPE-a.

Kako 5 roditelja nije dalo suglasnost za sudjelovanje u istraživanju, randomizacija je učinjena na uzorku od 101 ispitanika. Nakon stratifikacije prema stupnju grubog motoričkog funkcioniranja, u ispitivačku skupinu randomizirano je 51 djece, a u skupinu za provjeru 50.

Statistička analiza podataka napravljena je za 89 ispitanika, a 12 je isključeno iz obrade iz sljedećih razloga: 4 djece uključeno u skupinu za provjeru nije bilo u mogućnosti doći na drugu procjenu nakon 12 tjedana od početne obrade; 2 djece iz iste skupine je tijekom istraživanja zbog značajnih zdravstvenih problema prekinulo na duže vrijeme svoj rehabilitacijski program; 6 djece uključeno u ispitivačku skupinu imali su manji broj tretmana od predviđenog unutar 12 tjedana zbog nemogućnosti dolaska uslijed zdravstvenih ili organizacijskih problema (shema 2).



**Shema 2.** Dijagram raspršenja ispitanika u uzorku

Tako je ispitivačku skupinu činilo 45 ispitanika (13 djevojčica i 32 dječaka), a skupinu za provjeru 44 ispitanika (24 djevojčice i 20 dječaka) (tablica 5.1).

Skupina		Frekvencija	Postotak (%)	Kumulativni postotak
Ispitivačka skupina	djevojčice	13	28.9	28.9
	dječaci	32	71.1	100.0
	ukupno	45	100.0	
Skupina za provjeru	djevojčice	24	54.5	54.5
	dječaci	20	45.5	100.0
	ukupno	44	100.0	

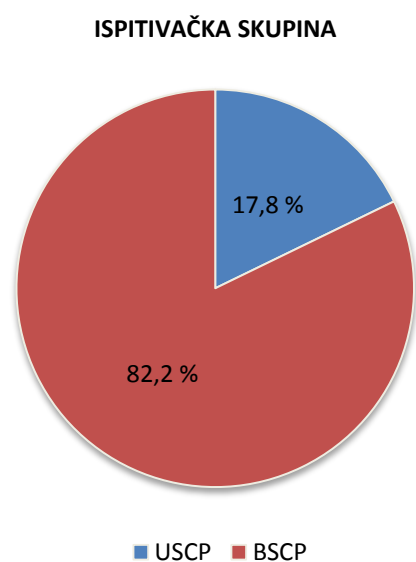
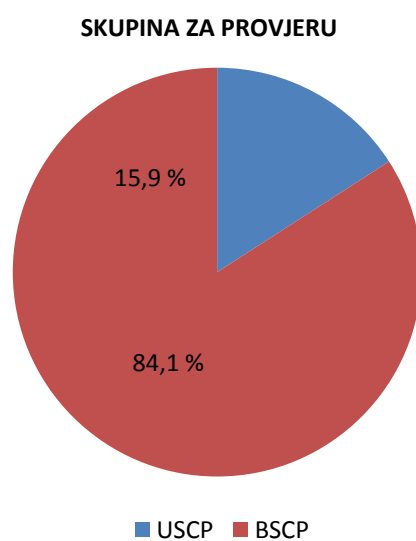
**Tablica 5.1.** Frekvencija spolova po skupinama ispitanika

Medijan kronološke dobi pri početnoj procjeni za ispitivačku skupinu iznosio je 4.07 (4.00 – 5.04) godina, a za skupinu za provjeru 4.08 (4.04 – 5.07) godina. Pri konačnoj procjeni medijan kronološke dobi za ispitivačku skupinu iznosio je 4.10 (4.03 – 5.07) godina, a za skupinu za provjeru 5.01 (4.07 – 5.10) godina (tablica 5.2).

Skupina		N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	Dob 1	45	4.00	5.10	4.07	4.00	5.04	.48
	Dob 2	45	4.03	6.01	4.10	4.03	5.07	.54
Skupina za provjeru	Dob 1	44	4.00	5.11	4.08	4.04	5.07	.51
	Dob 2	44	4.03	6.02	5.01	4.07	5.10	.67

**Tablica 5.2.** Najčešća vrijednost dobi pri početnoj (Dob 1) i konačnoj procjeni (Dob 2) za obje skupine ispitanika

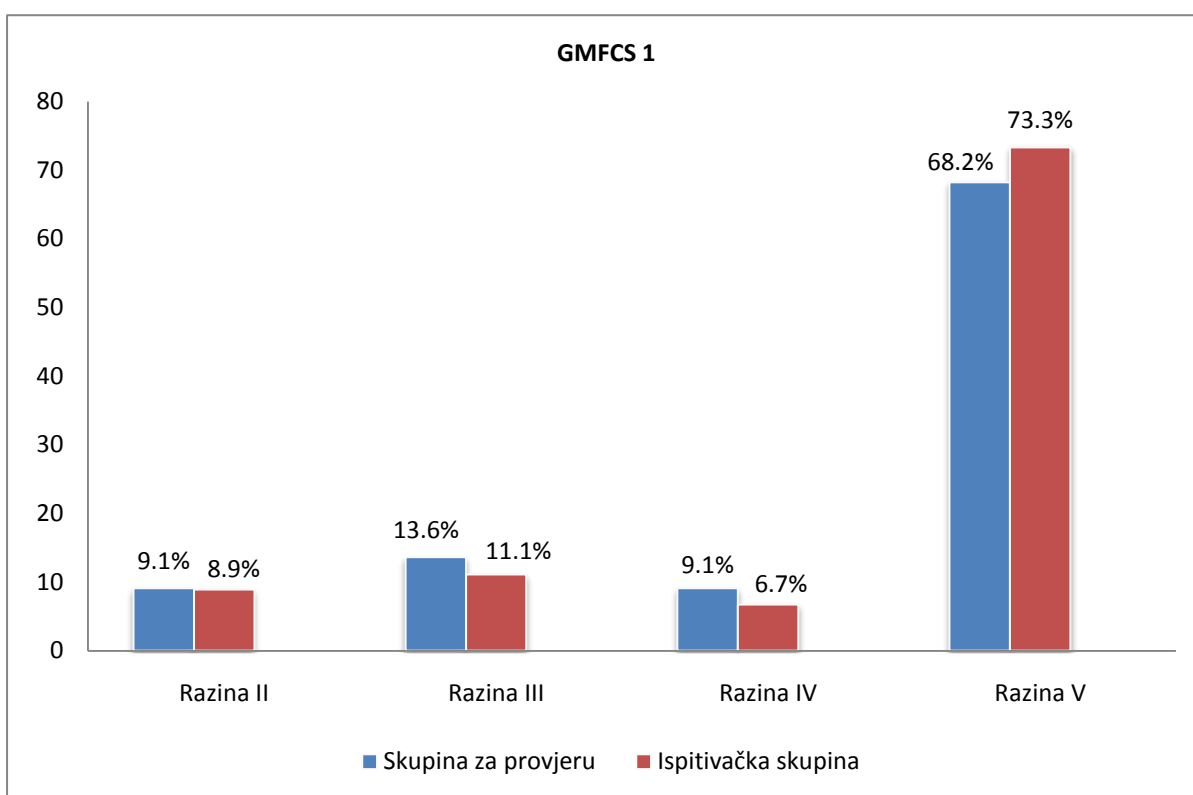
Na slici 5.1 prikazana je distribucija tipa CP za obje skupine. U skupini za provjeru 15.9% djece imalo je dijagnozu USCP, a 84.1% BSCP. Približno isti rezultati dobiveni su i za ispitivačku skupinu, gdje je 17.8 % djece imalo dijagnozu USCP, a 82.2 % BSCP.



**Slika 5.1.** Distribucija tipova CP za obje skupine ispitanika (USCP=unilateralna spastična CP, BSCP=bilateralna spastična CP).

## 5.2. STUPNJEVANJE GRUBIH MOTORIČKIH FUNKCIJA

Stupnjevanje grubih motoričkih funkcija izvršeno je prema GMFCS klasifikacijskom sustavu (graf 5.2). Pri početnoj procjeni najviše djece u obje skupine klasificirano je u V i IV razinu (77.3% djece iz skupine za provjeru; 80% djece u ispitivačkoj skupini), što znači da većina ispitanika nije bila samostalna u kretanju. Također, nitko od ispitanika nije bio klasificiran u I razinu.



**Graf 5.2.** Distribucija stupnjevanja grubih motoričkih funkcija prema GMFCS skali nakon početne procjene za obje skupine ispitanika.

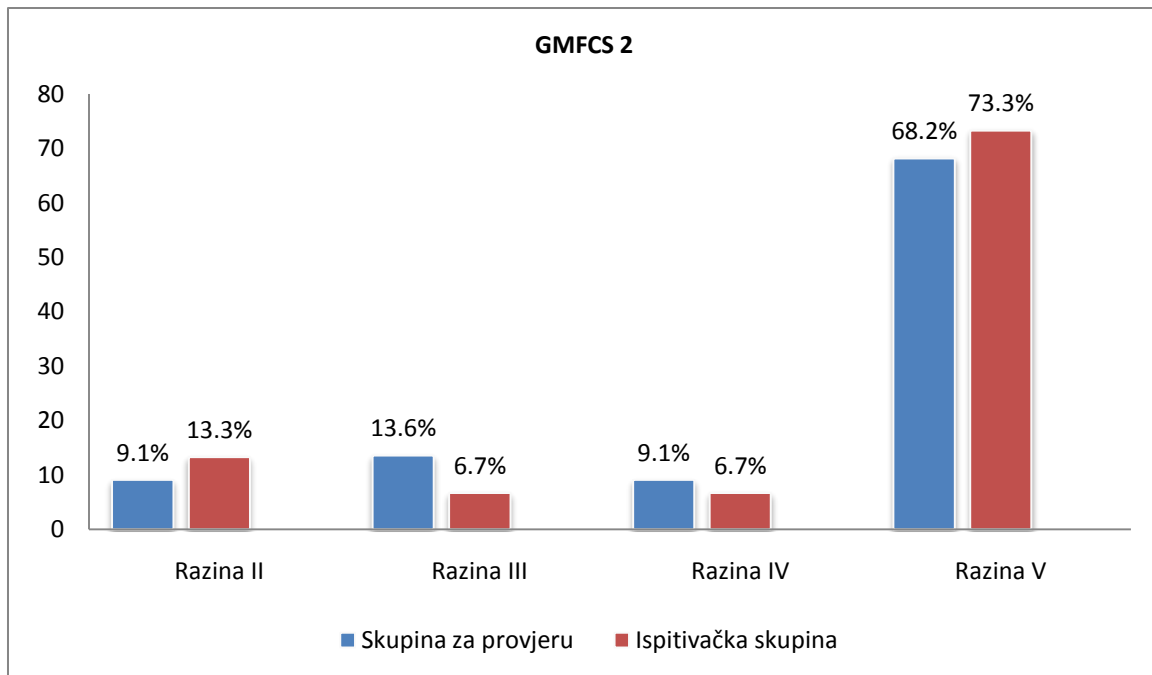
Ispitivačka skupina i skupina za provjeru nisu se značajno razlikovale prema GMFCS klasifikaciji na početku istraživanja – GMFCS 1 ( $Z = -0.471$ ,  $p = 0.638$ ), što se je moglo i očekivati s obzirom da je izvršena stratifikacija uzorka prema ovoj varijabli (tablica 5.3).

	<b>GMFCS 1</b>
Mann-Whitney U	944.000
Wilcoxon W	1934.000
Z	-0.471
<i>p</i>	.638

**Tablica 5.3.** Razina značajnosti između skupina za varijablu GMFCS 1.

Nakon 12 tjedana izvršeno je drugo stupnjevanje grubih motoričkih funkcija za obje skupine ispitanika – GMFCS 2. Iz grafa 5.3 vidljivo je kako su djeca iz obje skupine koja su na početku istraživanja bila klasificirana na najnižim stupnjevima motoričkog funkcioniranja (razina V i IV) ostala na istoj razini. Djeca iz skupine za provjeru uopće nisu mijenjala svoju GMFCS razinu, dok je mali broj djece iz ispitivačke skupine reklasificiran iz razine III u razinu II. Tako je u razinu II na konačnoj procjeni klasificirano 13.3% djece iz ispitivačke skupine, dok je na inicijalnoj procjeni u istu razinu klasificirano 8.9% djece.

Međutim, ova se razlika nije pokazala statistički značajnom unutar skupine ( $Z = -1.414$ ,  $p = 0.157$ ) (tablica 5.4), kao ni između skupina ( $Z = -0.369$ ,  $p = 0.712$ ) (tablica 5.5).



**Graf 5.3.** Distribucija stupnjevanja grubih motoričkih funkcija prema GMFCS skali nakon konačne procjene za obje skupine ispitanika.

Skupina	GMFCS 2 – GMFCS 1	
Ispitivačka skupina	Z	-1.414
	p	.157

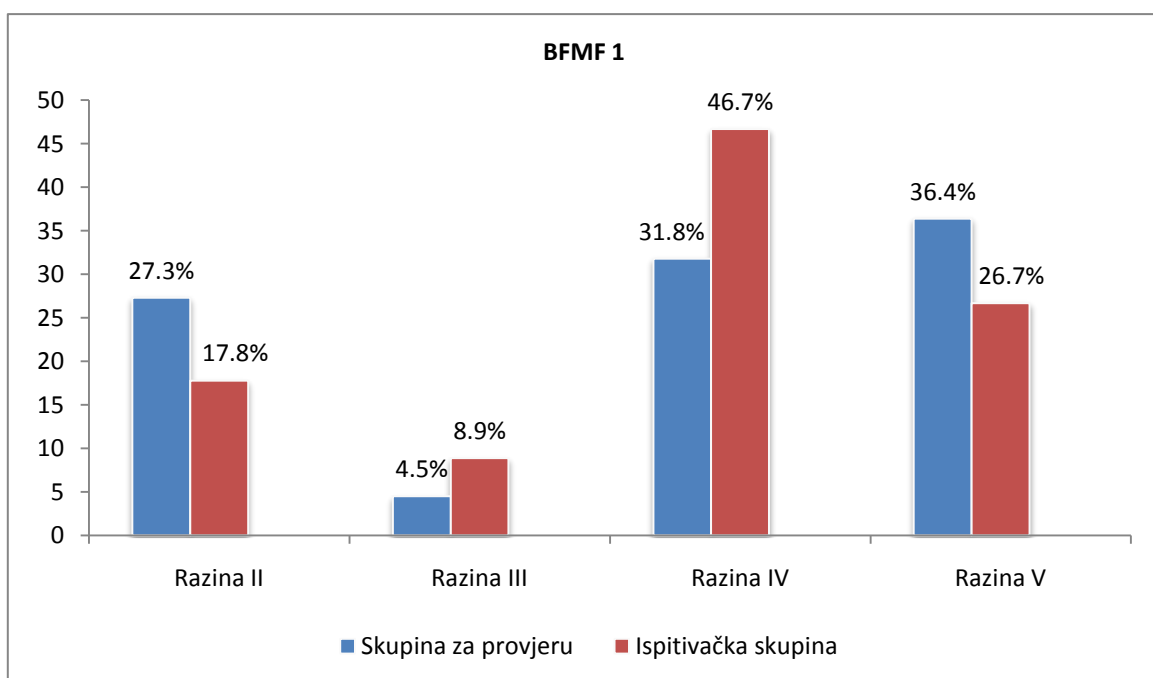
**Tablica 5.4.** Wilcoxon Signed Ranks test za određivanje značajnosti između GMFCS 2 i GMFCS 1 za ispitivačku skupinu.

	GMFCS 2
Mann-Whitney U	954.000
Wilcoxon W	1944.000
Z	-0.369
p	.712

**Tablica 5.5.** Razina značajnosti između skupina za varijablu GMFCS 2

### 5.3. STUPNJEVANJE FINIH MOTORIČKIH FUNKCIJA

Funkcionalno stupnjevanje fine motorike šake izvršeno je prema BFMF klasifikacijskom sustavu. Pri početnoj procjeni najviše djece u obje skupine klasificirano je u V i IV razinu (68.2% djece iz skupine za provjeru; 73.4% djece u ispitivačkoj skupini), što znači da je većina ispitanika imala samo sposobnost zadržavanja ili hvatanja predmeta s jednom ili obje ruke (graf 5.4). U skupini za provjeru 31.8% ispitanika klasificirano je u III i II razinu. Ovi ispitanici imali su poteškoća pri izvođenju zahtjevnijih motoričkih vještina ili su uslijed USCP pokazali samo mogućnost zadržavanja ili hvatanja predmeta zahvaćenom rukom. Iste sposobnosti pokazalo je 26.7% djece iz ispitivačke skupine.



**Graf 5.4.** Distribucija stupnjevanja finih motoričkih funkcija prema BFMF skali nakon početne procjene za obje skupine ispitanika.

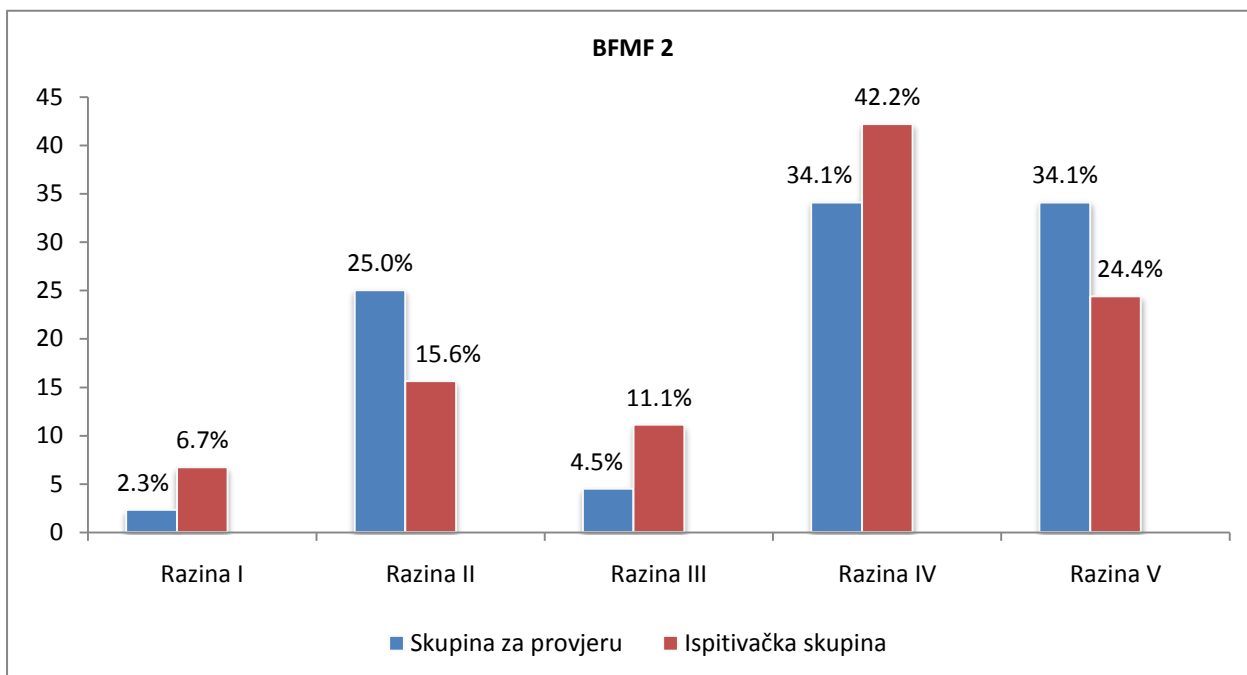
Ispitivačka skupina i skupina za provjeru nisu se značajno razlikovale prema BFMF klasifikaciji na početku istraživanja – BFMF 1 ( $Z = -0.147$ ,  $p = 0.883$ ) (tablica 5.6).



	<b>BFMF 1</b>
Mann-Whitney U	973.000
Wilcoxon W	2008.000
Z	-0.147
<i>p</i>	.883

**Tablica 5.6.** Razina značajnosti između skupina za varijablu BFMF 1

Nakon 12 tjedana izvršena je drugo stupnjevanje finih motoričkih funkcija za obje skupine ispitanika – BFMF 2. Iz slike 5.5 vidljivo je kako je mali broj djece iz obje skupine (2.3% iz skupine za provjeru i 6.7% iz ispitivačke skupine) reklasificirano u razinu I, koja predstavlja najveću razinu sposobnosti. Najveći broj ispitanika ostao je klasificiran na najnižim stupnjevima finog motoričkog funkcioniranja (razina V i IV), i to 68.2% djece iz skupine za provjeru te 66.6% djece iz ispitivačke skupine.



**Graf 5.5.** Distribucija stupnjevanja finih motoričkih funkcija prema BFMF skali nakon konačne procjene za obje skupine ispitanika.

Uspoređujući razlike unutar skupina na varijabli BFMF prije i poslije izvođenja intervencija, iz tablice 5.7 je vidljivo kako je statistički značajna razlika postignuta u ispitivačkoj skupini ( $Z = -3.000$ ,  $p < 0.01$ ).

Skupina	BFMF 2 – BFMF 1	
Ispitivačka skupina	Z	-3.000
	p	.003*
Skupina za provjeru	Z	-1.414
	p	.157

**Tablica 5.7.** Wilcoxon Signed Ranks test za određivanje značajnosti između BFMF 2 i BFMF 1 za obje skupine ispitanika

\* statistički značajna razina značajnosti  $p < 0.05$ .

Međutim, uspoređujući razlike između skupina prema BFMF klasifikaciji nakon konačne procjene (BFMF 2) nije pronađena statistička značajnost ( $Z = -0.585$ ,  $p = 0.559$ ) (tablica 5.8).

	BFMF 2
Mann-Whitney U	922.000
Wilcoxon W	1957.000
Z	-0.585
p	.559

**Tablica 5.8.** Razina značajnosti između skupina za varijablu BFMF 2

#### 5.4. PROCJENA GRUBIH MOTORIČKIH FUNKCIJA

Procjena grubih motoričkih funkcija izvršena je primjenom standardizirane skale GMFM-88. U analizi podataka u obzir se uzima ukupni rezultat za svih pet dimenzija. Iz tablice 5.8 vidljivo je kako je pri početnoj procjeni medijan rezultata na GMFM skali (GMFM 1) za ispitivačku skupinu iznosila 18.4 (8.6–27.4), dok je za ispitanike iz skupine za provjeru iznosio 17.8 (8.2-33.9) boda.

Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	GMFM 1	45	2.7	67.1	18.4	8.6	27.4	19.00
Skupina za provjeru	GMFM 1	44	1.6	71.2	17.8	8.2	33.9	20.35

**Tablica 5.8.** Deskriptivna statistika za ukupni rezultat na GMFM skali pri početnoj procjeni za obje skupine ispitanika.

Na početku istraživanja skupine se nisu značajno razlikovale prema ukupnom rezultatu na GMFM skali ( $Z = -0.254$ ,  $p = 0.799$ ) (tablica 5.9).

	GMFM 1
Mann-Whitney U	959.000
Wilcoxon W	1994.000
Z	-0.254
$p$	.799

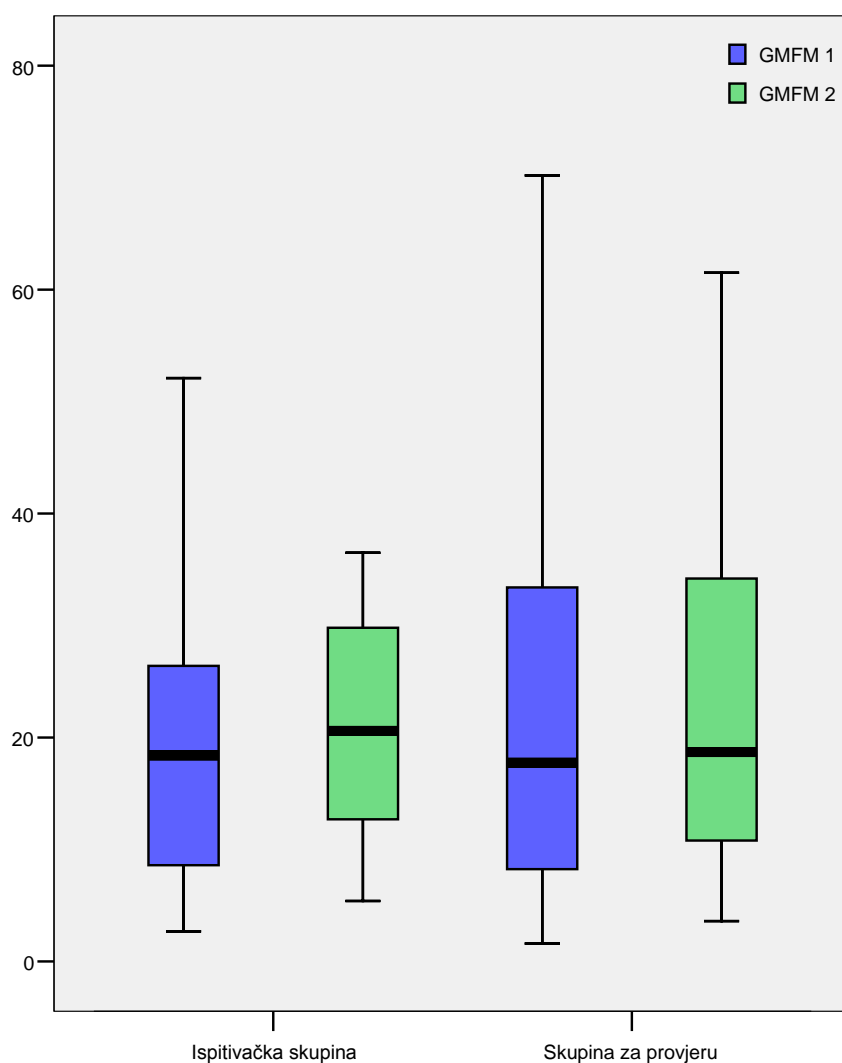
**Tablica 5.9.** Razina značajnosti između skupina za varijablu GMFM 1

Nakon 12 tjedana napravljena je druga procjena grubih motoričkih funkcija (GMFM 2) za obje skupine ispitanika. Obje skupine imale su bolji ukupni rezultat na GMFM skali.

Medijan za ispitivačku skupinu iznosio je 20.6 (12.5-30.9), a za ispitanike iz skupine za provjeru 18.7 (10.8-34.3) boda (tablica 5.10 i graf 5.6).

Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	GMFM 2	45	5.4	71.3	20.6	12.5	30.9	19.13
Skupina za provjeru	GMFM 2	44	3.6	74.8	18.7	10.8	34.3	20.78

**Tablica 5.10.** Deskriptivna statistika za ukupni rezultat na GMFM skali pri konačnoj procjeni za obje skupine ispitanika.



**Graf 5.6.** Box plot prikazi medijan vrijednosti za varijable GMFM 1 i GMFM 2 za obje skupine ispitanika.

Testirajući značajnost razlike između početnih (GMFM 1) i konačnih rezultata (GMFM 2) na GMFM skali za svaku pojedinu skupinu, iz tablice 5.11 vidljivo je kako su obje skupine postigle statističku značajnost ( $Z = -5.843, p < 0.01$ ;  $Z = -4.543, p < 0.01$ ).

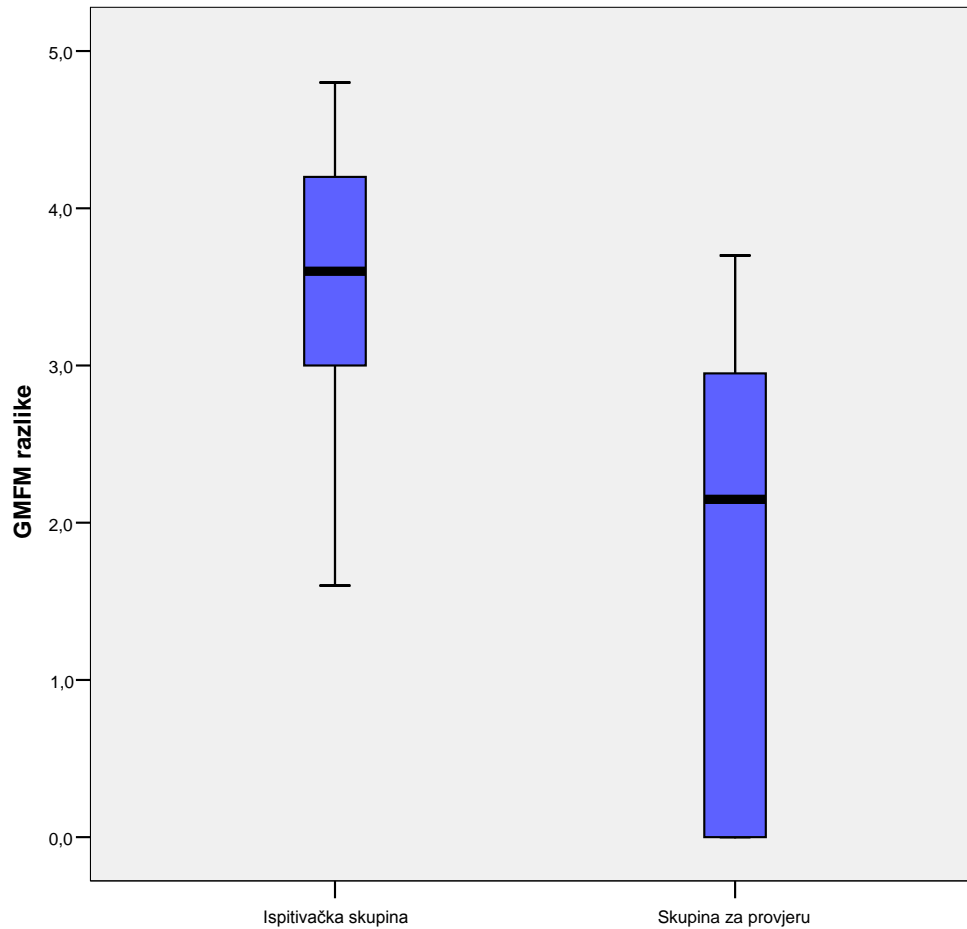
Skupina	GMFM 2 – GMFM 1	
Ispitivačka skupina	Z	-5.843
	p	< .01
Skupina za provjeru	Z	-4.862
	p	< .01

**Tablica 5.11.** Wilcoxon Signed Ranks test za određivanje značajnosti između GMFM 2 i GMFM 1 za obje skupine ispitanika.

Kako bi testirali razlikuju li se skupine međusobno u postignutoj razlici rezultata na GMFM skali prije i poslije provođenja intervencija, izračunat je rezultat razlike između postignutih rezultata na GMFM skali prije i poslije istraživanja – GMFM razlike, zasebno za svaku skupinu ispitanika. Iz tablice 5.12 i grafa 5.7. vidljivo je kako je ispitivačka skupina napredovala za 3.6 (3.0 – 4.2) boda, a skupina za provjeru za 2.2 (0.0 – 3.0) bodova.

Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	GMFM razlike	45	1.6	4.8	3.6	3.0	4.2	0.83
Skupina za provjeru	GMFM razlike	44	0.0	3.7	2.2	0.0	3.0	1.37

**Tablica 5.12.** Deskriptivna statistika za rezultat razlike između postignutih rezultata na GMFM skali prije i poslije provođenja intervencija za obje skupine ispitanika.



**Graf 5.7.** Box plot prikazi medijan vrijednosti za varijablu GMFM razlike za obje skupine ispitanika.

Testirajući razlikuju li se skupine međusobno na varijabli GMFM razlike, utvrđeno je da je razlika statistički značajna (tablica 5.13).

	<b>GMFM razlike</b>
Mann-Whitney U	273.000
Wilcoxon W	1263.000
Z	-5.896
<i>p</i>	<b>&lt; .01</b>

**Tablica 5.13.** Razina značajnosti između skupina za varijablu GMFM razlike.

## 5.5. PROCJENA RAZINE SPASTIČNOSTI

Razina spastičnosti za navedene grupe mišića procjenjivana je MMAS skalom. Posebno je izračunata razina spastičnosti za gornje i donje udove. Rezultat predstavlja zbroj bodova za obje strane tijela. Raspon rezultata za gornje udove iznosio je od 0 - 16, a raspon rezultata za donje udove od 0 – 24. Ukupan rezultata na MMAS skali predstavlja zbroj ocjena i za gornje i za donje udove tijela pa je njegov raspon iznosio od 0 – 40. Manji rezultat na MMAS skali predstavlja nižu razinu spastičnosti.

Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	ASGU 1	45	0	16	6	2.0	11.0	4.84
	ASDU 1	45	3	22	16	9.5	18.0	5.67
	AS 1	45	6	37	20	13.0	30.0	9.08
Skupina za provjeru	ASGU 1	44	0	14	6	2.0	12.0	5.21
	ASDU 1	44	4	24	16	10.5	20.0	6.03
	AS 1	44	4	38	21	12.5	33.5	10.77

**Tablica 5.14.** Prosječna vrijednost rezultata na MMAS skali za obje skupine ispitanika pri početnoj procjeni (ASGU 1 - razina spastičnosti gornjih udova, ASDU 1 - razina spastičnosti donjih udova, AS 1 - ukupan rezultat).

Iz tablice 5.14 vidljivo je kako je medijan rezultata za razinu spastičnosti gornjih udova – ASGU 1 iznosio 6 (2 – 11) bodova za ispitivačku skupinu, kao i za ispitanike u skupini za provjeru. Što se tiče medijana razine spastičnosti donjih udova – ASDU 1, on je za ispitivačku skupinu iznosio 16 bodova (9.5 – 18), kao i kod skupine za provjeru. Medijan ukupnog rezultata – AS 1 na MMAS skali (AS 1) iznosio je 20 (13 – 30) bodova za ispitivačku skupinu, a za ispitanike u skupini za provjeru 21 (12.5 – 33.5) bod.

Prema provedenoj analizi, ispitivačka skupina i skupina za provjeru nisu se statistički značajno razlikovale na varijabli ASGU 1 ( $Z = -0.153$ ,  $p = 0.878$ ) i ASDU1 ( $Z = -0.525$ ,  $p = 0.600$ ), kao niti na varijabli AS 1 ( $Z = -0.415$ ,  $p = 0.678$ ) (tablica 5.14).

	ASGU 1	ASDU 1	AS 1
Mann-Whitney U	971.500	926.500	939.500
Wilcoxon W	2006.500	1961.500	1974.500
Z	-0.153	-0.525	-0.415
<i>p</i>	.878	.600	.678

**Tablica 5.15.** Razina značajnosti između skupina za varijable ASGU 1, ASDU 1 i AS1 (ASGU 1 - razina spastičnosti gornjih udova pri inicijalnoj procjeni, ASDU 1 - razina spastičnosti donjih udova pri početnoj procjeni, AS 1 - ukupan rezultat pri početnoj procjeni).

Nakon 12 tjedana učinjena je druga procjena razine spastičnosti za navedene varijable prema MMAS skali. Iz tablice 5.16 može se uočiti kako je kako je medijan rezultata za razinu spastičnosti gornjih udova - ASGU 2 iznosio 4 (2 – 8) boda za ispitivačku skupinu, dok je za ispitanike u skupini za provjeru iznosio 5.5 (2 - 12) bodova. Što se tiče razine spastičnosti donjih udova – ASDU 2, medijan je za ispitivačku skupinu iznosio 14 (6 – 16) bodova, kao i kod skupine za provjeru. Medijan ukupnog rezultata – AS 2 na MMAS skali iznosio je 16 (9.5 – 25) bodova za ispitivačku skupinu, a za ispitanike u skupini za provjeru 21 (10 – 30) bod.



Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	ASGU 2	45	0	14	4.0	2.0	8.0	4.43
	ASDU 2	45	2	22	14.0	6.0	16.0	5.68
	AS 2	45	3	34	16.0	9.5	25.0	9.05
Skupina za provjeru	ASGU 2	44	0	14	5.5	2.0	12.0	5.13
	ASDU 2	44	2	22	14.0	8.5	20.0	6.33
	AS 2	44	2	36	21.0	10.0	30.0	10.92

**Tablica 5.16.** Prosječna vrijednost rezultata na MMAS skali za obje skupine ispitanika pri konačnoj procjeni (ASGU - razina spastičnosti gornjih udova, ASDU - razina spastičnosti donjih udova, AS - ukupan rezultat).

Testirajući značajnost razlike između početnih i konačnih rezultata na MMAS skali unutar svake skupine, iz tablice 5.17 vidljivo je kako su obje skupine postigle statističku značajnost za razinu spastičnosti gornjih udova - ASGU ( $Z = -4.932$ ,  $p < 0.01$ ;  $Z = -3.704$ ,  $p < 0.01$ ), za razinu spastičnosti donjih udova - ASDU ( $Z = -5.902$ ,  $p < 0.01$ ;  $Z = -4.972$ ,  $p < 0.01$ ), kao i za ukupni rezultat na skali - AS ( $Z = -5.957$ ,  $p < 0.01$ ;  $Z = -4.820$ ,  $p < 0.01$ ).

Skupina		ASGU 2 – ASGU 1	ASDU2 – ASDU 1	AS 2 –AS 1
Ispitivačka skupina	Z	-4.932	-5.902	-5.957
	p	< .01	< .01	< .01
Skupina za provjeru	Z	-3.704	-4.972	-4.820
	p	< .01	< .01	< .01

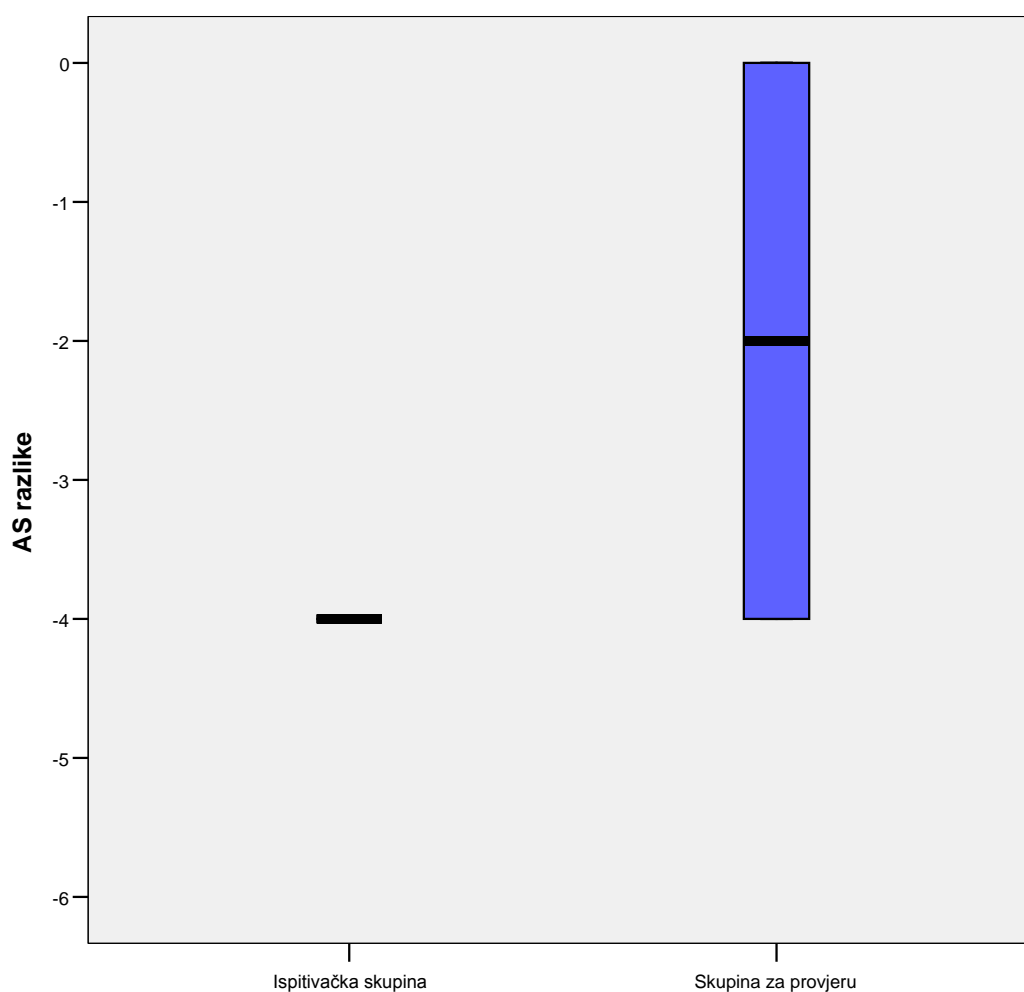
**Tablica 5.17.** Wilcoxon Signed Ranks test za određivanje značajnosti između početnih i konačnih rezultata na varijablama ASGU, ASDU i AS za obje skupine ispitanika (ASGU - razina spastičnosti gornjih udova, ASDU - razina spastičnosti donjih udova, AS - ukupan rezultat).

Kako bi testirali razlikuju li se skupine međusobno u postignutoj razlici rezultata na MMAS skali prije i poslije provođenja intervencija, izračunat je rezultat razlike između postignutog ukupnog rezultata na MMAS skali prije i poslije istraživanja – AS razlike, zasebno

za svaku skupinu ispitanika. Iz tablice 5.18 i grafa 5.8 vidljivo je kako je ispitivačka skupina smanjila razinu spastičnosti za 4 (- 4.5 do - 4.0) boda, a skupina za provjeru za 2 (- 4.0 – 0) boda.

Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Ispitivačka skupina	AS razlike	45	- 6	- 2	- 4	- 4.5	- 4.0	1.14
Skupina za provjeru	AS razlike	44	- 4	0	- 2	- 4.0	0.0	1.67

**Tablica 5.18.** Deskriptivna statistika za rezultat razlike između postignutih rezultata na MMAS skali prije i poslije provođenja intervencija za obje skupine ispitanika.



**Graf 5.8.** Box plot prikazi medijan vrijednosti za varijablu AS razlike za obje skupine ispitanika.

Primjenom Mann-Whitney U testa utvrđeno je da se skupine međusobno značajno razlikuju prema postignutoj razlici ukupnog rezultata na MMAS skali prije i poslije provođenja istraživanja ( $Z = -5.682$ ,  $p < 0.01$ ) (tablica 5.19).

	<b>AS razlike</b>
Mann-Whitney U	328.5
Wilcoxon W	1363.5
Z	-5.682
<i>p</i>	<b>&lt; .01</b>

**Tablica 5.19.** Razina značajnosti između skupina za varijablu AS razlike.

## 5.6. ODNOS IZMEĐU RAZINE SPASTIČNOSTI I MOTORIČKOG ISHODA

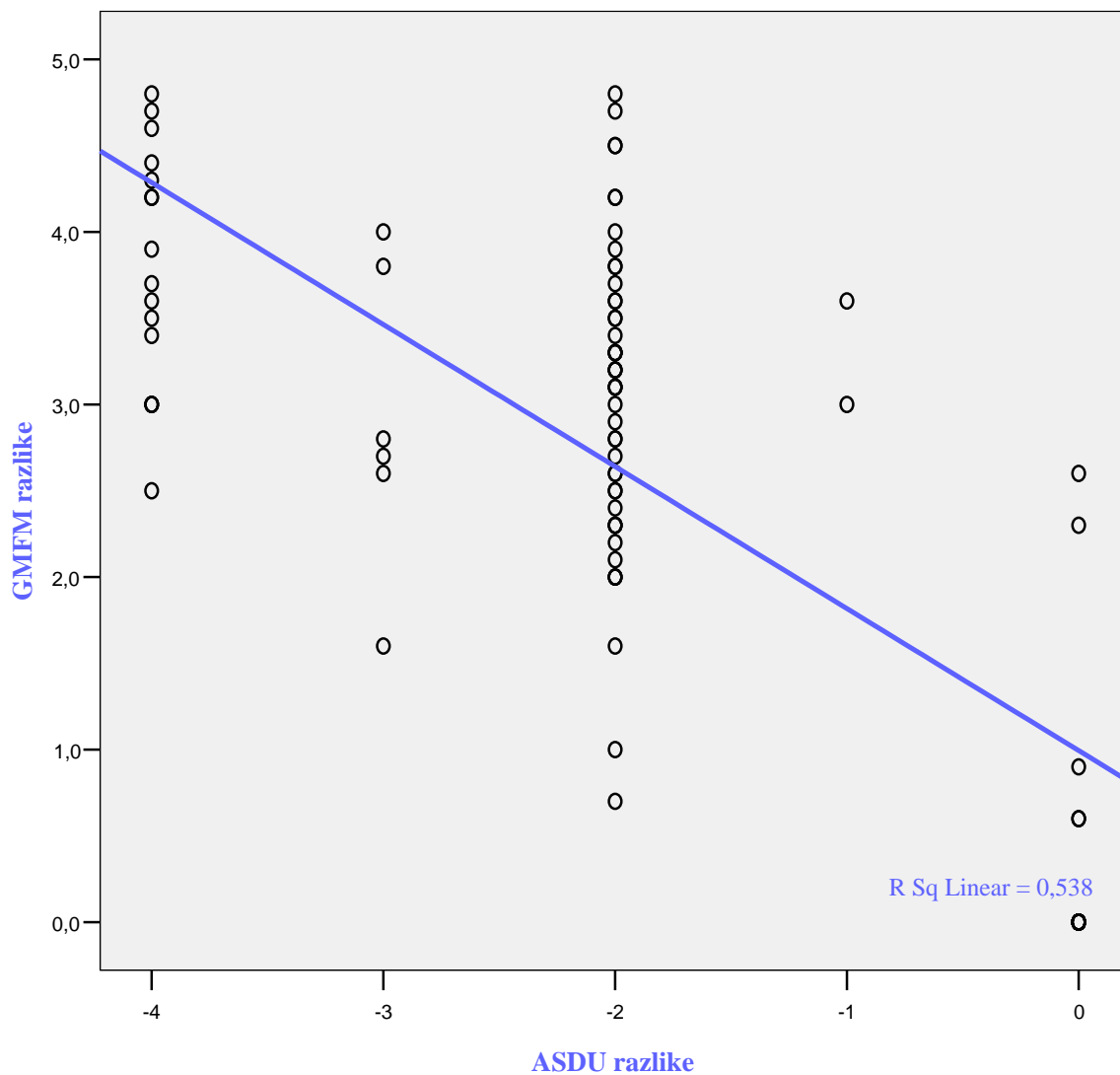
Testiranje povezanosti između razine spastičnosti mjerene MMAS skalom i motoričkog ishoda procijenjenog GMFM-88 skalom provedeno je primjenom Spearmanove korelacije. Testirana je postignuta razlika rezultata na MMAS skali za donje udove (ASDU razlike) i GMFM-88 skali (GMFM razlike) prije i poslije provođenja intervencija za cijeli uzorak ispitanika, kako bi se dobio uvid da je li promjena u razini spastičnosti povezana s promjenom u razini grubog motoričkog funkcioniranja.

Iz tablice 5.20 vidljivo je kako postoji značajna negativna povezanost između razine spastičnosti i motoričkog ishoda ( $\rho = -0.64$ ,  $p < 0.01$ ).

ASDU razlike : GMFM razlike	
Spearmanov rho	- 0.638
<i>p</i>	< 0.01

**Tablica 5.20.** Spearmanova rang korelacija za ispitivanje povezanosti između varijabli MMAS razlike i GMFM razlike.

To ujedno i pokazuje nagib pravca navedene korelacije (graf 5.9), koji pokazuje kako se 50 % varijacije u postignutom rezultatu razlike na GMFM-88 skali može objasniti promjenom u razini spastičnosti.



**Graf 5.9.** Dijagram rasipanja i nagib pravca korelacije između varijabli ASDU razlike i GMFM razlike za cijeli uzorak ispitanika.

## 5.7. UČINAK ZVUČNIH VIBRACIJA NA SPASTIČNOST I MOTORIČKI ISHOD PREMA STUPNJU MOTORIČKOG FUNKCIONIRANJA

Kako bi se odredile moguće razlike u učinku zvučnih vibracija na spastičnost i motorički ishod u ispitanika s različitim stupnjem motoričkog funkcioniranja prema GMFCS klasifikacijskom sustavu, ispitivačka skupina podijeljena je u 2 skupine ispitanika. Jednu skupinu činili su ispitanici koji su se nalazili na II i III stupnju GMFCS-a (skupina A), a drugu skupinu činili su ispitanici koji su se nalazili na IV i V stupnju GMFCS-a (skupina B). Tako je skupinu A činilo 9 ispitanika, od kojih se 4 (44%) nalazilo na II stupnju GMFCS-a, a 5 (56%) na III stupnju navedenog klasifikacijskog sustava. Skupinu B činilo je 36 ispitanika, od kojih je 3 (8%) klasificirano u IV stupanj GMFCS-a, a 33 (92%) u V stupanj (tablica 5.21).

Skupina	GMFCS	Frekvencija	Postotak (%)	Kumulativni postotak
Skupina A	II stupanj	4	44.4	44.4
	III stupanj	5	55.6	100.0
	<b>ukupno</b>	9	100.0	
Skupina B	IV stupanj	3	8.3	8.3
	V stupanj	33	91.7	100.0
	<b>ukupno</b>	36	100.0	

**Tablica 5.21.** Distribucija GMFCS stupnjeva u skupini A i skupini B.

U tablici 5.22. prikazani su medijani s interkvartilnim rasponima za varijable GMFM razlike i AS razlike za skupinu A i skupinu B. Iz tablice je vidljivo kako je skupina A napredovala na GMFM-88 skali za 3.9 (2.8 – 4,4) bodova, a skupina B za 3.5 (3.0 – 4.2) bodova. Što se tiče ukupnog rezultata na MMAS skali, skupina A je smanjila razinu spastičnosti za 4 (-4.5 do -3.0) boda, a skupina B za istu vrijednost medijana (-4.8 do -4.0).

Skupina	Varijabla	N	Min	Max	Medijan	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	SD
Skupina A (II & III)	GMFM razlike	9	2.4	4.8	3.9	2.8	4.4	0.84
	AS razlike	9	-6.0	-3.0	-4.0	-4.5	-3.0	1.14
Skupina B (IV & V)	GMFM razlike	36	1.6	4.8	3.5	3.0	4.2	0.83
	AS razlike	36	-6.0	-2.0	-4.0	-4.8	-4.0	1.26

**Tablica 5.22.** Deskriptivna statistika za rezultat razlike između postignutih rezultata na GMFM-88 skali i MMAS skali prije i poslije provođenja intervencija.

Primjenom Mann-Whitney U testa utvrđeno je da ne postoji značajna razlika između skupina u postignutoj razlici na rezultatima GMFM-88 skale ( $Z = -6.667$ ,  $p = 0.50$ ) kao ni na ukupnim rezultatima MMAS skale ( $Z = -0.897$ ,  $p = 0.37$ ) (tablica 5.23).

	GMFM razlike	AS razlike
Mann-Whitney U	138.5	133.0
Wilcoxon W	804.5	799.0
Z	-6.667	-0.897
$p$	0.50	0.37

**Tablica 5.23.** Razina značajnosti između skupina za varijable GMFM razlike i AS razlike.

## **6. RASPRAVA**

---



## 6.1. KARAKTERISTIKE UZORKA ISPITANIKA

Ovim istraživanjem u konačnu obradu podataka uvršteno je 89 ispitanika sa spastičnom CP. U uzorak je uključeno 37 djevojčica (42%) i 52 dječaka (58%). Srednja vrijednost kronološke dobi pri početnoj procjeni iznosila je 4.08 godina (4.02 – 5.06), a srednja vrijednosti kronološke dobi pri konačnoj procjeni iznosila je 4.11 godina (4.05 – 5.09).

Prema SCPE klasifikaciji, USCP imalo je 15 ispitanika (16%), dok je BSCP imalo 74 (83%) ispitanika. Distribucija navedenih tipova CP nije se značajno razlikovala između skupina.

Rezultati stupnjevanja grubih i finih motoričkih funkcija u povezanosti su s tako velikom distribucijom BSCP u uzorku ispitanika (156). Tako je čak 63 djece (70%) imalo najnižu sposobnost grubog motoričkog funkcioniranja – stupanj V. Na IV stupnju nalazilo se 7 djece (8%), 11 (12%) na III stupnju i 8 (9%) na II stupnju grubog motoričkog funkcioniranja. Uzimajući u obzir karakteristike svakog stupnja, može se zaključiti kako je u 78% djece samostalno kretanje bilo jako ograničeno, čak i uz upotrebu mobilnih pomagala. Ova su djeca imala poteškoća u održavanju kontrole glave i trupa, kao i smanjenu sposobnost voljne kontrole pokreta. 21% djece na razini III i II moglo se samostalno kretati koristeći pomagalo za kretanje ili je pak imalo poteškoća u hodu izvan kuće.

Prema BFMF skali 70% djece nalazilo se na V (31%), odnosno na IV stupnju (39%) funkcioniranja gornjih ekstremiteta. Ova su djeca bila sposobna samo zadržati predmet u rukama ili ga uhvatiti. Ostala djeca, čija je sposobnost finog motoričkog funkcioniranja bila veća, nalazila su se na III (7%) i II stupnju (23%), Ova su djeca pokazivala smanjenu sposobnost u zahtjevnijim motoričkim vještinama ili pak unilateralni obrazac zahvaćenosti

gornjeg dijela tijela, pa je sposobnost finog motoričkog funkcioniranja jedne ruke bila bez ograničenja, a druga je imala samo sposobnost prihvaćanja predmeta.

Prema navedenim distribucijama funkcionalne sposobnosti donjih i gornjih ekstremiteta može se zaključiti kako su veliki dio uzorka (70%) činila djeca koja su u kliničkoj slici imala velike poteškoće u grubom i finom motoričkom funkcioniranju.

Nužno je navesti kako su u većine djece u kliničkoj slici bile zastupljene i pridružene poteškoće, osobito vizualnog i kognitivnog funkcioniranja. V i IV stupanj GMFCS-a snažno korelira sa zastupljenošću barem tri pridružene poteškoće i to najčešće s poteškoćama u učenju, oštećenjima vida i epi napadima (49). Postojanje ovih poteškoća dodatno utječe na motorički razvoj djeteta (47, 155) što treba uzeti u obzir razmatrajući značajno smanjene sposobnosti grubog i finog motoričkog funkcioniranja u ovoj populaciji ispitanika.

## 6.2. RAZINA GRUBOG I FINOG MOTORIČKOG FUNKCIONIRANJA

U literaturi se postavlja pitanje može li se GMFCS klasifikacijski sustav koristiti u svrhu određivanja učinaka intervencija? Istraživanja su pokazala kako su GMFCS razine relativno stabilne tijekom vremena (153). Unutar svake razine postoji široki raspon funkcioniranja pa je razumno očekivati kako će specifične intervencije povećati djetetovo funkcioniranje ukoliko se ono procjenjuje mjerama poput GMFM ili PEDI (Paediatric Disability Inventory) skale. Međutim, procijenjeno se poboljšanje u funkciji najčešće događa unutar GMFCS razine kojoj je dijete pripadalo (156). Djeca klasificirana na razinu I ili razinu V uglavnom ne mijenjaju svoj stupanj klasifikacije, dok su djeca na II, III i IV stupnju sklonija reklasifikaciji, što se može objasniti većom varijabilnošću u načinima pokretljivosti između djece na ovim razinama grubog motoričkog funkcioniranja.

U ovom istraživanju GMFCS klasifikacijski sustav korišten je u svrhu stratifikacije ispitivačke skupine i skupine za provjeru prema stupnju grubog motoričkog funkcioniranja, kao bi se postigla jednakost u odnosu na tu varijablu. Skupine se nisu značajno razlikovale u odnosu na ovu varijablu prije intervencija ( $p=0.638$ ), ali se je također željelo ispitati hoće li doći do promjena u razini motoričkog funkcioniranja prema GMFCS-u nakon provođenja intervencija. Rezultati pokazuju kako u obje skupine ispitanika nije postojala značajna razlika u GMFCS klasifikaciji prije i poslije provođenja intervencija ( $p=0.712$ ), što znači da ispitanici nisu promijenili stupanj grubog motoričkog funkcioniranja kojem su pripadali pri početnoj procjeni.

Uzimajući u obzir rezultate stupnjevanja finih motoričkih funkcija prema BFMF skali prije i poslije provođenja istraživanja, uočava se kako su ispitanici u ispitivačkoj skupini postigli značajnu razliku u odnosu na ovu varijablu ( $p=0.003$ ), dok ispitanici u skupini za

provjeru nisu ( $p=0.157$ ). Najveća promjena uočena je u reklasifikaciji ispitanika s II stupnja BFMF-a na I stupanj funkcioniranja. Prije provođenja intervencija niti jedan se ispitanik nije nalazio na ovom klasifikacijskom stupnju, a poslije tretmana 7% ispitanika klasificirano je na ovu razinu funkcioniranja gornjih ekstremiteta. Na II stupnju klasifikacije djeca imaju poteškoća u izvođenju zahtjevnijih finih motoričkih vještina s obje ruke ili imaju samo sposobnost prihvaćanja predmeta s jednom rukom, dok je druga ruka bez ograničenja (obrazac u kliničkoj slici USCP). Reklasifikacija na I stupanj predstavlja napredovanje djeteta u funkcioniranju zahvaćene ruke, tj. poteškoće postoje u izvođenju zahtjevnijih finih motoričkih vještina.

Iako je broj ispitanika koji su postigli ovu reklasifikaciju mali, ovaj napredak se smatra kliničkim značajnim za dijete s USCP jer predstavlja veću razinu samostalnosti u izvođenju aktivnosti svakodnevnog života.

Rezultati provedenih istraživanja ukazuju na visoku povezanost ( $\rho=0.74$ ) između razine funkcioniranja donjih i gornjih ekstremiteta u djece s BSCP (13, 49, 157). Razlika u funkcioniranju između navedenih klasifikacijskih sustava vrlo rijetko prelazi jedan stupanj. Ova promišljanja u skladu su s dobivenim rezultatima u predstavljenom istraživanju. Naime, ispitanici koji su se nalazili na najnižim stupnjevima grubog motoričkog funkcioniranja (V i IV) prema GMFCS skali, klasificirani su i na najniže stupnjeve finog motoričkog funkcioniranja (V i IV) prema BFMF skali. Distribucija klasifikacije funkcioniranja donjih i gornjih ekstremiteta nije se značajno mijenjala unutar uzorka ispitanika nakon provođenja intervencija, bez obzira na vrstu terapije. Može se zaključiti kako provedene intervencijske strategije u trajanju od 12 tjedana nisu utjecale na promjenu razine grubog i finog motoričkog funkcioniranja u djece sa spastičnom CP.

### 6.3. MOTORIČKI ISHOD I PROMJENE U RAZINI SPASTIČNOSTI

Procjena grubih motoričkih funkcija izvršena je primjenom standardizirane skale GMFM-88. Prema ukupnom rezultatu na GMFM-88 skali obje su skupine značajno napredovala nakon provođenja tretmana. Ispitanici u skupini za provjeru napredovali su u postignutom rezultatu za 2.2 (0.0 – 3.0) boda, a ispitanici u ispitivačkoj skupini za 3.6 (3.0 – 4.2) bodova. Kako se je ova razlika između skupina pokazala statistički značajnom ( $p < 0.01$ ), može se pretpostaviti kako je specifična vrsta intervencije, u ovom slučaju izlaganje zvučnim vibracijama, pridonijela većem poboljšanju motoričkih funkcija u ispitanika u ispitivačkoj skupini.

Razlika u razini spastičnosti između početnog i konačnog ispitivanja izračunata je za ukupan rezultat na MMAS skali. Prema ukupnom rezultatu obje su skupine značajno napredovale nakon provođenja tretmana. Ispitanici u skupini za provjeru smanjili su razinu spastičnosti za 2 (- 4.0 do 0) boda, a ispitanici u ispitivačkoj skupini za 4 (- 4.5 do - 4.0) boda. Kako se je ova razlika između skupina pokazala statistički značajnom ( $p < 0.01$ ), može se pretpostaviti da su zvučne vibracije pridonijele većem smanjenju razine spastičnosti u ispitanika u ispitivačkoj skupini. Razina spastičnosti u ispitivačkoj skupini značajno se smanjila i u gornjim i u donjim udovima što se je odrazilo na ukupan rezultat.

Mehanizmi u pozadini navedenih učinaka nisu u potpunosti razjašnjeni. Schuhfried i sur. (158) pretpostavljaju kako je senzorička stimulacija proprioceptivnih putova putem vibracijskog podražaja ključan čimbenik. Autori navode kako repetitivna senzorička stimulacija proprioceptora za posljedicu može imati reorganizaciju motoričke kontrole te time utjecati na poboljšanje posturalne stabilnosti. Rezultati provedenih istraživanja u osoba

s multiplom sklerozom (158) i s Parkinsonovom bolešću (141, 159, 160) potvrđuju pozitivan učinak vibracija na posturalnu kontrolu i mobilnost.

Također je važno razmotriti učinak vibracijskog podražaja na centralne motoričke strukture. Primarni i sekundarni somatosenzorički korteks, zajedno sa suplementarnim motoričkim područjem, čine centralnu jedinicu procesiranja aferentnih signala (161). Vibracija koja stvara kinestetičku iluziju aktivira suplementarno motoričko područje koje se uobičajeno aktivira pri planiranju i izvođenju voljnih pokreta (162). Prema ovim spoznajama, vibracijski tretman predstavlja vanjski podražaj koji može normalizirati rad suplementarnog motoričkog područja (159).

Postignuta razlika u rezultatu na GMFM-88 skali od 3.6 boda u literaturi se smatra klinički značajnom te predstavlja veliki napredak u motoričkom ishodu djece sa CP. Wang i Yang (163) proveli su istraživanje o povezanosti procjene motoričkog napretka od strane terapeuta i procjene prema rezultatu na GMFM-88 skali. Terapeuti su napredovanje djeteta ocjenjivali prije i nakon tri mjeseca provođenja intervencija. Uzorak je činilo 65 djece sa spastičnom CP, a obuhvaćao je djecu kronološku dobi od 3. – 9. godine ( $3.7 \pm 1.9$ ). Podaci su pokazali kako razlika u postignutom rezultatu od 1.6 bodova ne predstavlja klinički značajan napredak, a razlika od 3.9 bodova predstavlja veliko poboljšanje u motoričkim funkcijama za navedeni vremenski period. Zaključci izvedeni iz ove studije uzimaju se kao referentni pokazatelji motoričkog napretka u djece sa spastičnom CP (164).

Kako do sada nisu objavljena istraživanja o učinku vibracijskog tretmana na razinu spastičnosti u djece sa CP, nije moguće izvesti zaključke o snazi učinka prema rezultatima u razini spastičnosti.

Uzimajući u obzir navedena razmatranja može se zaključiti kako su obje skupine ispitanika postigle klinički značajan napredak u motoričkom funkcioniranju, ali je ispitivačka

skupina u istom vremenskom razdoblju pokazala veće poboljšanje. Čini se kako je vibracijski podražaj u kombinaciji s fizioterapijskim tretmanom značajno utjecao na smanjenje spastičnosti i na veće poboljšanje grubih motoričkih funkcija. Motorički napredak ogledao se je u facilitaciji rotacija, povećanoj posturalnoj stabilnosti, boljoj kontroli glave i u većoj selektivnosti pokreta.

Prema dobivenim rezultatima vidljivo je da vibracija, kao proprioceptivni podražaj može imati pozitivan učinak na motorički sustav. Mišićni receptori i proprioceptori koji su u sprezi sa senzomotoričkim korteksom i moždanim deblom preko perifernog ulaznog puta potpomažu kortikalnu kontrolu i facilitaciju normalnog pokreta. Na ovaj način periferni aferentni putovi omogućuju obnavljanje veza sa supraspinalnim strukturama i uključuju mehanizam sinaptičke inhibicije u izvođenju pokreta (136).

#### **6.4. PRIRODA ODNOSA IZMEĐU RAZINE SPASTIČNOSTI I MOTORIČKOG ISHODA**

Mnoge se intervencije u rehabilitaciji djece sa CP usredotočuju na smanjenje spastičnosti uz pretpostavku da će njeno smanjenje rezultirati poboljšanjem u motoričkoj funkciji (84). Međutim, u literaturi nema dovoljno dokaza koji potvrđuju ovu pretpostavku (165). Butler i Campbell (166) u preglednom radu o učincima terapije baklofenom na motorički ishod, navode kako se značajno poboljšanje u razini spastičnosti uglavnom nije odrazilo na promjene u grubom motoričkom funkcioniranju u djece sa CP. Važno je naglasiti kao navedeni zaključci ne umanjuju učinkovitost intervencije, koja se može ogledati u smanjenju boli, lakšoj njezi i prevenciji kontraktura, već upućuju na njen mali utjecaj na motoričku funkciju prema GMFM skali. Slabu negativnu povezanost između spastičnosti i motoričkog funkcioniranja u djece sa CP potvrdila su i ostala istraživanja (167, 168, 169, 170). Iako se smatra da spastičnost ima utjecaj na razvoj motoričkih sposobnosti, obim u kojem je ona povezana s motoričkim ishodom u djece s CP još nije utvrđen (171). Zbog toga je spoznaja o prirodi i snazi odnosa između spastičnosti i (promjene) motoričke funkcije vrlo važna u planiranju odgovarajućih rehabilitacijskih programa.

U provedenoj meta analizi o povezanosti između promjena u razini spastičnosti i motoričke funkcije, Francis i sur. (106) govore o tzv. vremenu kašnjenja između ovih promjena. Autori smatraju kako osoba mora naučiti kako iskoristiti smanjenje povećanog mišićnog tonusa, što iziskuje određeni vremenski period. Zato se maksimalna promjena u razini spastičnosti događa prije nego maksimalna promjena u funkciji (106). Kako bi se maksimalno iskoristio ovaj 'prozor mogućnosti' za poboljšanje motoričke funkcije uslijed normalizacije mišićnog tonusa, potrebno je svaku intervenciju usmjerenu smanjenju spastičnosti kombinirati s aktivnim fizioterapijskom pristupom.



Ovim istraživanjem nastojala se je ispitati povezanost između promjena u razini spastičnosti i motoričke funkcije postignute između početnog i konačnog ispitivanja na cijelom uzorku ispitaniku. Nadalje, cilj je bio utvrditi snagu te povezanosti, tj. koliko se varijacije u promjeni motoričkog funkcioniranja mogu objasniti promjenom u razini spastičnosti. Kako GMFM-88 skala procjenjuje sposobnost grubog motoričkog funkcioniranja, u obzir je uzeta izmjerena razina spastičnosti samo za donje ekstremitete.

Spearmanova korelacija pokazala je kako postoji značajna povezanost ( $p < 0.01$ ) umjerene snage ( $\rho = -0.64$ ) između promjene u razini spastičnosti i postignute razlike rezultata na GMGF-88 skali. Prema provedenoj analizi 50% varijacije u motoričkoj funkciji može se objasniti promjenom u razini spastičnosti. Ovo ukazuje na postojanje i drugih varijabli, uz težinu same spastičnosti, koje utječu na funkcionalni ishod tretmana, kao što su slabost mišića, nemogućnost voljne kontrole pokreta, oštećenja vida i/ili kognitivne poteškoće.

Rezultati predstavljeni u ovom istraživanju upućuju na to da smanjenje spastičnosti u djeteta sa CP značajno pridonosi poboljšanju motoričkih vještina, ali također govore u prilog ostalim čimbenicima koji mogu utjecati na motorički ishod. Treba uzeti u obzir kako smanjenje spastičnosti najvjerojatnije neće dovesti do funkcionalnog poboljšanja u svim aspektima svakodnevnog života, već će utjecati samo na specifičnu aktivnost, kao npr. na sposobnost korištenja zahvaćene ruke tijekom izvođenja određenog zadatka. Također je važno promišljati o prevenciji kontraktura uslijed smanjene razine spastičnosti, koje bi mogle negativno utjecati na motorički razvoj.

## **6.5. RAZLIKE U UČINKU ZVUČNIH VIBRACIJA PREMA STUPNJU MOTORIČKOG FUNKCIONIRANJA**

Unutar ispitivačke skupine provedena je dodatna analiza kako bi se utvrdile moguće razlike u učinku zvučnih vibracija na spastičnost i motorički ishod. Dodatna analiza provedena je u ispitanika s različitim stupnjem motoričkog funkcioniranja prema GMFCS klasifikacijskom sustavu. Uspoređivana je skupina ispitanika koji su se nalazili na II i III stupnju GMFCS-a (skupina A), i skupina koji su činili ispitanici na IV i V stupnju GMFCS-a (skupina B).

Osnovna razlika između ove dvije skupine ispitanika ogleda se u mogućnosti samostalnog pokretanja. Sposobnost pokretljivosti za ispitanike na IV i V stupnja GMFCS-a je vrlo ograničena, dok ispitanici na II i III stupnju imaju sposobnost samostalnog pokretanja. Nadalje, ispitanici u skupini B imaju veću zastupljenost dodatnih poteškoća u kliničkoj slici, kao i smanjenu sposobnost finog motoričkog funkcioniranja. Nadalje, prema istraživanju koje su proveli Ostensjo i sur. (172), djeca klasificirana na GMFCS razini II i III imaju značajno manju razinu spastičnosti prema Ashworthovoj skali u usporedbi s djecom na GMFCS razini IV i V. Zato se je željelo ispitati hoće li se promjena u razina spastičnosti i motorički ishod nakon provođenja intervencija razlikovati između ispitanika skupine A i skupine B.

Provedena analiza podataka pokazala je kako su obje skupine značajno napredovale u razini spastičnosti prema MMAS skali kao i u procjeni motoričkih funkcija prema GMFM-88 skali, ali se razlika između skupina u postignutom rezultatu na obje skale prije i poslije provođenja intervencija nije pokazala statistički značajnom.

Prema navedenim rezultatima moglo bi se pretpostaviti kako nema razlike u učinku zvučnih vibracija na spastičnost i motoričke funkcije u ispitanika s različitim stupnjem motoričkog funkcioniranja, ali ovu pretpostavku treba razmatrati s velikim oprezom. Naime,

skupinu A činilo je samo 9 ispitanika, dok je skupinu B činilo 36 ispitanika, što je četiri puta manji omjer. Zbog nerazmjera između skupina u broju ispitanika moguće je da se provedenom analizom nisu mogle utvrditi razlike u učinku zvučnih vibracija u ispitanika s različitom kliničkom slikom spastične CP. Navedena bi se problematika trebala ispitati u budućim istraživanjima.

## 6.6. PRAKTIČNA PRIMJENA REZULTATA

Spoznaje koje se mogu izvesti na temelju dobivenih rezultata u ovom radu potrebno je razmatrati s određenim ograničenjima koja su vezana uz metodološke nedostatke provedenog istraživanja.

Jedan od nedostataka je činjenica da su svi ispitanici za vrijeme provođenja istraživanja bili uključeni i u druge rehabilitacijske programe, kao npr. u programe radne terapije, vidne stimulacije ili logoterapije. Stoga se učinak ovih nespecifičnih čimbenika na ishod intervencija ne smije zanemariti jer napredak djeteta u ovim područjima može imati utjecaj i na sam motorički razvoj.

Nadalje, ispitanici u ispitivačkoj skupini su uz vibracijsku tretman bili uključeni i u program neurorazvojne terapije po Bobathu pa se stoga ne može izvesti zaključak koliko je postignutog učinka posljedica samog vibracijskog tretmana, a koliko fizioterapijske intervencije. Ipak, nacrt istraživanja je tako koncipiran jer se smatralo ključnim uključiti aktivni fizioterapijski pristup u tretman spastičnosti kako bi se maksimalno iskoristila mogućnost za poboljšanje motoričke funkcije uslijed smanjenja spastičnosti (106). Također treba uzeti u obzir da su uzorak ispitanika činila djeca prosječne kronološke dobi od 4.5 godine te bi njihovo isključenje iz bilo kojih rehabilitacijskih intervencija bilo neetično.

Na temelju dobivenih rezultata mogu se izvesti određene praktične implikacije za neurorehabilitaciju djece sa spastičnom CP. Nakon 12 tjedana provođenja intervencija, djeca iz obje skupine pokazala su značajan napredak u razini spastičnosti kao i u samom motoričkom funkcioniranju. To govori u prilog primjeni same neurorazvojne terapije – Bobath, ali i kombinaciji ove terapije s izlaganjem vibracijama.

Kako su djeca u ispitivačkoj skupini značajno više smanjila razinu spastičnosti i postigla veće poboljšanje u motoričkoj funkciji, očigledno je da vibracijski tretman može biti komplementarna metoda aktivnom fizioterapijskom pristupu u motoričkoj neurorehabilitaciji djece sa spastičnom CP. Važno je istaknuti kako se navedena metoda nije pokazala štetnom za motorički status djece uključene u ovo istraživanje.

Izabrani parametri vibracijskog tretmana, kao što su frekvencija, amplituda i vrijeme izlaganja utemeljeni su na vrlo malom broju provedenih istraživanja na uzorku osoba s neurološkim poteškoćama (131, 134, 141). Stoga je potrebno ispitati razlike u učinkovitosti tretmana s obzirom na izabrane parametre u budućim istraživanjima. Sukladno tome, trebala bi se utvrditi i dugoročnost trajanja postignutih učinaka nakon prestanka tretmana, kako bi se mogle dati smjernice u planiranju rehabilitacijskih strategija.

Istraživanjem je utvrđena značajna negativna povezanost između promjena u razini spastičnosti prema MMAS skali i motoričkog ishoda prema GMFM skali. Provedena analiza pokazala je kako se oko 50% varijacije u motoričkoj funkciji može objasniti promjenom razine spastičnosti, što pokazuje kako poboljšanje motoričkog funkcioniranja može biti važan cilj u tretmanu spastičnosti djece sa CP. Spoznaja o prirodi odnosa između spastičnosti i motoričke funkcije važan je čimbenik u procesu planiranja adekvatnih terapijskih intervencija.

Navedeno poboljšanje zabilježeno unutar intervencijskog perioda dogodilo se je unutar istog stupnja grubog i finog motoričkog funkcioniranja prema GMFCS, odnosno BFMF klasifikacijskom sustavu, kojem je dijete pripadalo i prije uključanja u istraživanje. Ova činjenica ne umanjuje učinkovitost navedenih intervencija, već govori o tome da se strukturalno i funkcionalno poboljšanje događa unutar iste klasifikacijske razine. Iako, istraživanja pokazuju veliku stabilnost navedenih klasifikacijskih sustava tijekom vremena (151) te predlažu da se navedeni sustavi ne koriste u svrhu procjene učinkovitosti tretmana,

već prije s ciljem stratifikacije ispitanika, to ne isključuje mogućnost da bi duži vremenski period trajanja intervencija omogućio veći funkcionalni napredak koji bi bio vidljiv i u promjeni GMFCS ili BFMF stupnja.

Iako analiza u podskupinama prema razini grubog motoričkog funkcioniranja nije pokazala razlike u učinku zvučnih vibracija, generalizacija dobivenih rezultata može biti najprikladnija za djecu s najnižim stupnjevima grubog motoričkog funkcioniranja, jer je uzorak ispitanika činilo čak 80% djece na V i IV stupnju GMFCS klasifikacijskog sustava. Uzimajući u obzir napredovanje prema postignutom rezultatu na GMFM skali može se zaključiti kako je nastala promjena značajan pokazatelj kliničkog motoričkog napretka u ovoj populaciji ispitanika. To znači da u praksi treba razmotriti potencijale vibracijskog tretmana u motoričkoj neurorehabilitaciji djece sa spastičnom CP.

## **7. ZAKLJUČCI**

---

Na temelju dobivenih rezultata u ovom istraživanju izvedeni su sljedeći zaključci o učinku zvučnih vibracija frekvencije 40Hz na spastičnost i motoričke funkcije djece sa CP:

1. Utvrđeno je značajno veće poboljšanje u gruboj motoričkoj funkciji prema GMFM skali u skupini djece koja su bila izložena zvučnim vibracijama frekvencije 40Hz u usporedbi s djecom koja su bila tretirana samo neurorazvojnou terapijom-Bobath.
2. Zvučne vibracije frekvencije 40Hz imaju pozitivan učinak na razinu spastičnosti prema MMAS skali u djece sa CP. Utvrđeno je značajno veće smanjenje razine spastičnosti u skupini djece koja su bila izložena zvučnim vibracijama u usporedbi s djecom koja su bila tretirana samo neurorazvojnou terapijom-Bobath.
3. Nastalo poboljšanje u strukturi tijela (spastičnosti) i funkciji (motoričkom ishodu) desilo se je unutar istog stupnja grubog i finog motoričkog funkcioniranja prema GMFCS, odnosno BFMF klasifikacijskom sustavu, kojem je dijete pripadalo prije početka provođenja intervencija.
4. Nisu utvrđene razlike u učinku zvučnih vibracija frekvencije 40Hz na spastičnost i motoričku funkciju između skupine djece klasificirane na V i IV stupanj GMFCS-a i skupine djece klasificirane na III i II stupanj GMFCS-a. Međutim, postojao je veliki nerazmjer u broju ispitanika u navedenim podskupinama što smanjuje statističku značajnost navedenog zaključka.



5. Utvrđena je značajna negativna povezanost umjerene snage između promjena u razini spastičnosti i motoričkog ishoda. Napredovanje u motoričkom ishodu je veće što se razina spastičnosti više smanjuje. Oko 50% varijacije u motoričkom ishodu može se objasniti promjenom u razini spastičnosti, što upućuje na postojanje i drugih čimbenika u kliničkoj slici djeteta sa CP koji utječu na razvoj motoričkih vještina.
6. Nastalo poboljšanje u grubom motoričkom funkcioniranju klinički je značajno prema referentnim pokazateljima motoričkog napredovanja djeteta sa spastičnom CP. Obje skupine ispitanika ostvarile su klinički značajan napredak, ali napredak utvrđen u djece koja su bila izložena zvučnim vibracijama frekvencije 40Hz smatra se velikim poboljšanjem u motoričkom funkcioniranju.
7. Vibracijsko akustička terapija može biti komplementarna metoda u motoričkoj neurorehabilitaciji djece sa spastičnom CP.
8. Dobiveni rezultati su osobito relevantni za djecu s najnižim stupnjevima grubog motoričkog funkcioniranja prema GMFCS klasifikacijskom sustavu.
9. U budućim istraživanjima potrebno je ispitati dugotrajnost učinka vibracijskog tretmana na spastičnost i motoričke funkcije te utvrditi razlike u njegovoj učinkovitosti s obzirom na izabrane parametre frekvencije, amplitude i duljine trajanja izlaganja vibracijskom podražaju.

## 8. SAŽETAK

---

**Uvod:** Propriocepcija igra važnu ulogu u kontroli mišićnog tonusa i facilitaciji pokreta. Kako motorički sustav svoje funkcioniranje uvelike temelji na dubokim osjetnim informacijama, novija istraživanja proučavaju učinak vibracijskog podražaja na njegovo funkcioniranje. Iako ova istraživanja sugeriraju pozitivan učinak vibracija na motoričku funkciju u osoba s neurološkim poremećajima, provedeno je vrlo malo istraživanja na populaciji djece sa cerebralnom paralizom (CP). Osnovni cilj ovog istraživanja predstavlja ispitivanje učinaka zvučnih vibracija na spastičnost i motoričku funkciju u djece sa CP te prirode i snage odnosa između promjena u razini spastičnosti i motoričkog ishoda.

**Materijali i metode:** U istraživanje je uključeno 89 djece sa spastičnom CP koja su randomizirana u kontrolnu skupinu čiji su ispitanici nastavili svoj fizioterapijski tretman, ili u ispitivačku skupinu čiji su se ispitanici uz fizioterapijski tretman dvaput tjedno izlagali zvučnim vibracijama frekvencije 40Hz. Randomizacija je izvršena uz stratifikaciju prema stupnju grubog motoričkog funkcioniranja prema GMFCS klasifikacijskom sustavu kako bi se osigurala jednaka zastupljenost u odnosu na tu varijablu. Djeca su procijenjena na početku uključivanja u istraživanje i nakon 12 tjedana. Razina spastičnosti u gornjim i donjim udovima procijenjena je primjenom Modificirane Ashworthove skale (MMAS), a motoričke funkcije standardiziranom skalom grubih motoričkih funkcija (GMFM-88). Izvršena je i daljnja analiza o razlikama u učinku zvučnih vibracija u podskupinama djece prema stupnju grubog motoričkog funkcioniranja.

**Rezultati:** Nakon 12 tjedana utvrđena je značajna razlika između skupina za promjene u razini spastičnosti i motoričkom napretku u korist ispitivačke skupine. Analiza u podskupinama nije pokazala razlike u učinkovitosti zvučnih vibracija u djece s različitim stupnjem grubog motoričkog funkcioniranja. Utvrđena je negativna povezanost, umjerene snage između promjena u razini spastičnosti i motoričkog ishoda.

**Zaključak:** Izlaganje zvučnim vibracijama frekvencije 40Hz ima pozitivan učinak na razinu spastičnosti te u kombinaciji s fizioterapijskim tretmanom dovodi do većeg poboljšanja motoričkih funkcija. Dobiveni rezultati govore u prilog primjene vibracijsko akustičnog tretmana kao komplementarne metode u motoričkoj neurorehabilitaciji djece sa spastičnom CP.

**Ključne riječi:** zvučne vibracije, cerebralna paraliza, spastičnost, motoričke funkcije

## **9. SUMMARY**

---

## **The effect of 40 Hz sound wave vibration on spasticity and motor functions in children with cerebral palsy**

**Introduction:** Proprioception plays important role in the control of muscle tone and in the facilitation of movements. As motor system heavily rely on deep sensory stimulation, recent studies have investigated the effect of vibration stimuli. Although these researches suggest the positive influence of vibration on motor performance in individuals with neurological disorders, there are very limited numbers of studies in children with cerebral palsy (CP). The primary objective of the present study was to evaluate the effects of sound wave vibration therapy on spasticity and motor function in children with CP. The second objective was to investigate the nature and strength of relationship between change in spasticity level and motor outcome.

**Materials and methods:** In this 3-month trial, 89 children with spastic CP were randomized to either continue their physiotherapy treatment (PT) or to receive vibration therapy twice a week in addition to their PT program. The randomization was stratified according to Gross Motor Function Classification System (GMFCS) level to ensure similar functional ability in both study groups. Children were assessed at baseline and after 12-week intervention period. The outcomes measures were spasticity level in upper and lower limb as assessed by Modified Modified Ashworth Scale (MMAS) and gross motor function as assessed by global changes in Gross Motor Function Measurement (GMFM). Subgroup analysis were performed for the GMFCS levels.

**Results:** Significant group differences were detected for changes in spasticity level and gross motor function after three months intervention. Subgroup analysis showed no differences in

the effects of vibration treatment for children at different GMFCS levels. There was a clear and statistically significant association between changes in spasticity and motor outcome.

**Conclusion:** In conclusion, the vibration therapy may decrease spasticity and improve motor performance in children with CP. There seems to be great potential for the use of vibration stimuli in the treatment of spastic CP. The obtained results are valuable input for evidence-based treatments in paediatric neurorehabilitation.

**Keywords:** vibration therapy, cerebral palsy, spasticity, motor function

## **10. L I T E R A T U R A**

---



1. Mejaški – Bošnjak, V. Neurološki sindromi dojenačke dobi i cerebralna paraliza. *Paediatr Croat* 2007; 51(Supl 1):120-9.
2. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P i sur. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2005; 47:571-6.
3. Mutch L, Alberman E, Hagberg B i sur. Cerebral palsy epidemiology: where are we now and where are we going. *Dev Med Child Neurol* 1992; 34:547-51.
4. Ferrari A, Cioni G. Guidelines for rehabilitation of children with cerebral palsy. *Eura Medicophys* 2005; 41(3):243-60.
5. Bertoz A. The brain's sense of movement: perspectives in cognitive neuroscience. Harvard University Press; 2002.
6. Bundy AC, Lane SJ, Fisher AG, Murray EA. Sensory integration: theory and practice. F.A. Davis Company; 2002.
7. Morris C. Definition and classification of cerebral palsy: a historical perspective. *Dev Med Child Neurol* 2007; 109(Suppl):3-7.
8. Krägeloh-Mann I, Cans C. Cerebral palsy update. *Brain Devel* 2009; 31:537-44.
9. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A i sur. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006.
10. Surveillance of cerebral palsy in Europe. A collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42:816-24.
11. Colver AF, Sethumadhaven T. The term diplegia should be abandoned. *Arch Dis Child* 2003; 88:286-90.
12. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S i sur. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39:214-23.
13. Beckung E, Hagburg G. Neuroimparments, activity limitations and participation restrictions in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997, 39:369-72.
14. Morris C, Bartlett D. Gross Motor Function Classification System: impact and utility. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46:60-5.
15. Cans C, De-la-Cruz J, Mermet MA. Epidemiology of cerebral palsy. *Paediatr Child Health* 2008; 18:393-8.
16. Koman LA, Smith BP, Shift JJ. Cerebral palsy. *Lancet* 2004; 363:1619-31.

17. Modrušan-Mozetić Z, Križ M, Paučić-Kirinčić E, Sasso A, Prpić, Vlašić-Cicvarić I. Registar rizičnog novorođenčeta. *Paediatr Croat* 2002; 46(Supl 1):143-50.
18. Krägeloh-Mann I. Understanding causation of cerebral palsy by using magnetic resonance imaging. *Paediatr Child Health* 2008; 18:399-404.
19. Barkovich AJ, Kuzniecky RI, Jackson GD. Classification system for malformations of cortical development. *Neurology* 2001; 57:2168-78.
20. Hagberg H, Mallard C. Effects of inflammation on central nervous system development and vulnerability. *Curr Opin Neurol* 2005; 18:119-24.
21. Johnston MV, Trescher WH, Ihida A. Neurobiology of hypoxic-ischemic injury in the developing brain. *Pediatr Res* 2001; 49:735-41.
22. Towsley K, Shevell MI, Dagenais L. Population-based study of neuroimaging findings in children with cerebral palsy. *E J Pediatr Neurol* 2010, doi:10.106/j.ejpn.2010.07.005
23. Staudt M, Ticini LF, Grodd W i sur Functional topography of early periventricular brain lesions in relation to cytoarchitectonic probabilistic maps. *Brain and Lang* 2008; 106:177-83.
24. Ashwal S, Russman BS, Blasco BA i sur. Practice parameter: Diagnostic assessment of the child with cerebral palsy. *Neurology* 2004; 62:851-63.
25. Krägeloh-Mann I. Imaging of early brain injury and cortical plasticity. *Exper Neurol* 2004; 190:84-90.
26. Staudt M, Gerloff C, Grodd W i sur. Reorganization in congenital hemiparesis acquired at different gestational age. *A Neurol* 2004; 56:854-63.
27. Zecevic N, Chen Y, Filipovic R. Contributions of cortical subventricular zone to the development of the human cerebral cortex. *J Comp Neurol* 2005; 491: 109-22.
28. McQuillen PS, Ferriero DM. Perinatal subplate neuron injury: Implications for cortical development and plasticity. *Brain Pathol* 2005; 15:250-60.
29. Kanold PO, Shatz CJ. Subplate neurons regulate maturation of cortical inhibition and outcome of ocular dominance plasticity. *Neuron* 2006; 51:627-38.
30. Kostovic I, Jovanov-Milosevic N. Subplate zone of the human brain: Historical perspective and new concepts. *Coll Antropol* 2008; 32:3-8.
31. Volpe JJ. Brain injury in premature infants: A complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *Lancet Neurol* 2009; 8:110-24.

32. Staudt M, Grodd W, Gerloff C i sur. Two types of ipsilateral reorganization in congenital hemiparesis. A TMS and fMRI study. *Brain* 2002; 125:2222-37.
33. Cowan F, Rutherford M, Groenendaal F. Origin and timing of brain lesions in term infants with neonatal encephalopathy. *Lancet* 2003; 361:736-42.
34. Krägeloh-Mann I, Horber V. The role of magnetic resonance imaging in elucidating the pathogenesis of cerebral palsy: a sympatic review. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49:144-51.
35. Yokochi K, Aiba K, Kodama M. Magnetic resonance imaging in athetotic cerebral palsied children. *Acta Paediatr Scand* 1991; 80:818-23.
36. Esscher E, Flodmark O, Hagberg G. Non-progressive ataxia: origins, brain pathology and impairments in 78 Swedish children. *Dev Med Child Neurol* 1996; 38:285-96.
37. Flodmark O. The brain imaging perspective. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49:18-19.
38. Kostović I, Judaš M. Transient patterns of organization of the human fetal brain. *Croat Med J* 1998; 39(2):107-11.
39. Krägeloh-Mann I, Toft P i sur. Brain lesions in preterms: origin, consequences and compensation. *Acta Pediatr* 1999; 88:897-908.
40. Shevell MJ, Majnemer A, Poulin C, Law M. Stability of motor impairment in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008; 50:211-15.
41. Shumway C. Cerebral Palsy – Management. U Downie PA, Cash's textbook of Neurology for Physiotherapist. London: Mosby-Year Book Europe; 1993.
42. Sanger TD, Delgado MR, Gaebler-Spira D i sur. Classification and definition of disorders causing hypertonia in childhood. *Pediatrics* 2003; 111:89-97.
43. Raina P, O'Donnell M, Rosenbaum P i sur. The health and well-being of caregivers of children with cerebral palsy. *Paediatrics* 2005; 115:626-36.
44. Aksu F. Nature and prognosis of seizures in patients with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1990; 32:661-8.
45. Christerson S. Diagnosis and management of gastrointestinal problems in the neurologically impaired child. *Paediatr Croat* 2002; 46:61-70.
46. Russman BS, Ashwal S. Evaluation of the child with cerebral palsy. *Sem Paediatr Neurol* 2004; 11(1):47-57.

47. Ghasia F, Brunstrom J, Gordon M, Tychsen L. Frequency and severity of visual sensory and motor deficits in children with cerebral palsy: Gross motor function classification scale. *Inv Opht Visual Sci* 2008; 49(2):572-80.
48. Sanger TD, Kukke SN. Abnormalities of tactile sensory function in children with dystonic and diplegic cerebral palsy. *J Child Neurol* 2007; 22:289-93.
49. Himmelmann K, Beckung E, Hagberg G, Uvebrant P. Gross and fine motor function and accompanying impairments in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 417-23.
50. Kurz MJ, Wilson TW. Neuromagnetic activity in the somatosensory cortices of children with cerebral palsy. *Neurosci Lett* 2011, doi: 10.1016/j.neulet.2010.11.053
51. Cooper J, Majnemer A, Rosenblatt B, Birnbaum R. The determination of sensory deficits in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Child Neurol* 1995; 10:300-9.
52. Wingert JR, Burton H, Sinclair RJ i sur. Tactile sensory abilities in cerebral palsy. Deficits in roughness and object discriminations. *Dev Med Child Neurol* 2008; 50:1-7.
53. Wingert JR, Burton H, Sinclair RJ i sur. Joint-position sense and kinesthesia in cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90:447-53.
54. Wingert JR, Sinclair RJ, Dixit S i sur. Somatosensory-evoked cortical activity in spastic diplegic cerebral palsy. *Hum Brain Mapp* 2010; 31: 1772-1785.
55. Coq JO, Strata F, Russier M i sur. Impact of neonatal asphyxia and hind limb immobilization on musculoskeletal tissues and S1 map organization: Implications for cerebral palsy. *Exp Neurol* 2008; 210:95-108.
56. Hoon AH, Stashinko EE, Nagae LM i sur. Sensory and motor deficits in children with cerebral palsy born preterm correlate with diffusion tensor imaging abnormalities in thalamocortical pathways. *Dev Med Child Neurol* 2009; 51:697-704.
57. Riquelem I, Montoya P. Developmental change in somatosensory processing in cerebral palsy and healthy individuals. *Clin Neurophysiol* 2010; 121:1314-20.
58. Schmelzle-Lubiecki BM, Campbell KA, Howard RH i sur. A term consequences of early infant injury and trauma upon somatosensory processing. *Eur J Pain* 2007; 11:799-809.
59. Coling, MC. *Developing Integrated Programs – A Transdisciplinary Approach for Early Intervention*. Tuscon: Therapy Skill Builders; 1991.

60. Strnad M, Benjak T. Međunarodna klasifikacija funkcioniranja, onesposobljenosti i zdravlja. Zagreb: Medicinska naklada; 2010.
61. Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Rosblad B i sur. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48:549-554.
62. Rosenbaum P, Stewart D. The World Health Organization International Classification of Functioning, Disability and Health: A model to guide clinical thinking, practice and research in the field of cerebral palsy. *Semin Pediatr Neurol* 2004; 11:5-10.
63. Damiano DL. Rehabilitative therapies in cerebral palsy: The good, the not as good and the possible. *J Child Neurol* 2009; 24:1200-04.
64. Judaš M, Kostović I. Temelji neuroznanosti. Zagreb: MD, 1997. str. 317-25.
65. Davidoff RA. Skeletal muscle tone and the misunderstood stretch reflex. *Neurology* 1992; 42:951-63.
66. Mayer NH. Clinicophysiological concepts of spasticity and motor dysfunction in adults with an upper motorneuron lesion. *Muscle Nerve Suppl* 1997; 6:1-13.
67. Ivanhoe CB, Reistetter TA. Spasticity: the misunderstood part of the upper motor neuron syndrome. *Am J Phys Med Rehabil* 2004; 83(Suppl 10):53-9.
68. Lance JW. Symposium synopsis. U: Feldman RG, Young RR, Koella WP, ur. *Spasticity: Disordered Motor Control*. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1980, str. 485-94.
69. Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP i sur. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. *Disabil Rehabil* 2005; 27:2-6.
70. Valero-Cabre A, Pascual-Leone A. Impact of TMS on the primary motor cortex and associated spinal systems. *IEEE Eng Med Biol* 2005; 24:29-35.
71. Shean G. The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol* 2002; 9(Suppl1.):3-9.
72. Goldstein EM. Spaticity management: an overview. *J Child Neurol* 2001; 16:16-23.
73. Mayer NH. Clinicophysiological concepts of spasticity and motor dysfunction in adults with an upper motorneuron lesion. *Muscle Nerve* 1997; 6(Suppl1.):1-13.
74. Gans BM, Glenn MB. Introduction. U: Glenn MB, Whyte J, ur. *The practical management of spasticity in children and adults*. Philadelphia: Lee and Febiger; 1990.
75. O'Dwyer NJ, Ada L. Reflex hyperexcitability and muscle contracture in relation to spastic hypertonia. *Curr Opin Neurol* 1996; 9:451-55.

76. Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle Nerve* 2005; 31:535-51.
77. Quinby JM, Abraham A. Musculoskeletal problems in cerebral palsy. *Current Paediatrics* 2005; 15:9-12.
78. Flett PJ. Rehabilitation of spasticity and related problems in childhood cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 39:6-14.
79. Sibes RC, Wijnroks L, Vermeer A. Qualitative analysis of therapeutic motor intervention programmes for children with cerebral palsy: an update. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49: 39-41.
80. Trahan J, Malouin F. Intermittent intensive physiotherapy in children with cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2002; 44:233-39.
81. Antilla H, Malmivara A, Kunz R i sur. Quality of reporting of randomized, controlled trials in cerebral palsy. *Pediatrics* 2006; 117:222-30.
82. Blauw-Hospers CH, Hadders-Algra M. A systematic review of the effects of early intervention on motor development. *Dev Med Child Neurol* 2005; 47:421-32.
83. Pierson SH. Outcome measures in spasticity management. *Muscle Nerve Suppl* 1997; 6:36-60.
84. Platz T, Eickhof C, Nuyens G, Vuadens P. Clinical scales for the assessment of spasticity, associated phenomena and function: a systematic review of the literature. *Disabil Rehabil* 2005; 27:7-18.
85. Ashworth B. Preliminary trial of carisoprodol in multiple sclerosis. *Practitioner* 1964; 192:540-2.
86. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987; 67(2):206-7.
87. Ansari NN, Naghdi S, Moammeri H, Jalaie S. Ashworth Scales are unreliable for the assessment of muscle spasticity. *Physiother Theory Pract* 2006; 22:119-25.
88. Ansari NN, Naghdi S, Younesian P, Shayeghan M. Inter- and intrarater reliability of the Modified modified Ashworth Scale in patients with knee extensor poststroke spasticity. *Physiother Theory Pract* 2008; 24:205-13.
89. Naghdi S, Ansari NN, Azarnia S, Kazemnejad A. Interrater reliability of the Modified Modified Ashworth Scale (MMAS) for patients with wrist flexor muscle spasticity. *Physiother Theory Pract* 2008; 24:372-79.

90. Ansari NN, Naghdi S, Hasson S, Mousakhani A i sur. Inter-rater reliability of the Modified Modified Ashworth Scale as a clinical tool in measurements of poststroke elbow flexor spasticity. *NeuroRehabilitation* 2009; 24:225-29.
91. Ansari NN, Naghadi S, Hasson S i sur. Assessing the reliability of the Modified Modified Ashworth Scale between two physiotherapists in adult patients with hemiplegia. *NeuroRehabilitation* 2009; 25:235-40.
92. Ghotbi N, Ansari NN, Naghdi S, Hasson S, Jamshidpour B, Amiri S. Inter-rater reliability of the Modified Modified Ashworth Scale in assessing lower limb muscle spasticity. *Brain Inj* 2009; 23:815-19.
93. Ghotbi N, Ansari NN, Naghdi S, Hasson S. Measurement of lower-limb muscle spasticity: Intrarater reliability of Modified Modified Ashworth Scale. *J Rehabil Res Dev* 2011; 48:83-88.
94. Boyd RN, Graham HK. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *Eur J Neurol* 1999; 6:23-25.
95. Scholtes VAB, Dallmeijer AJ, Becher JG. The Spasticity Test: a clinical instrument to measure spasticity in children with cerebral palsy. U: The effectiveness of multilevel botulinum toxin type A and comprehensive rehabilitation in children with cerebral palsy. Amsterdam: Ponsen & Looijen BV; 2007, str. 29-64.
96. Kakebeeke TH, Lechner H, Baumberger M i sur. The importance of posture on the isokinetic assessment of spasticity. *Spinal Cord* 2002; 40:236-43.
97. Scholtes VAB, Becher JG, Beelen A, Lankhorst GJ. Clinical assessment of spasticity in children with cerebral palsy: a critical review of available instruments. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48:64-73.
98. Waninge A, Rook RA, Dijkhuizen A i sur. Feasibility, test-retest reliability and interrater reliability of the Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in persons with profound intellectual and multiple disabilities. *Res Dev Disabil* 2011; 32: 613-20.
99. Mackey AH, Walt SE, Lobb G, Stott NS. Intraobserver reliability of the modified Tardieu scale in the upper limb of children with hemiplegia. *Dev Med Child Neurol* 2003; 46:267-72.

100. Scheinberg A, Hall K, Lam LT, O'Flaherty S. Oral baclofen in children with cerebral palsy: a double-blind cross-over pilot study. *J Paediatr Child Health* 2006; 42:715-20.
101. Voerman GE, Gregoric M, Hermens HJ. Neurophysiological methods for the assessment of spasticity: the Hofmann reflex, the tendon reflex and the stretch reflex. *Disabil Rehabil* 2005; 27:33-68.
102. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SMEG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000; 10:361-74.
103. Wood DE, Burridge JH, van Wijck FM i sur. Biomechanical approaches applied to the lower and upper limb for the measurement of spasticity: a systematic review of the literature. *Disabil Rehabil* 2005; 27:19-32.
104. Burridge JH, Wood DE, Hermens HJ i sur. Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil* 2005; 27:69-80.
105. Pandyan AD, Johnson GR, Price CI i sur. A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth scale as measures of spasticity. *Clin Rehabil* 1999; 13:373-83.
106. Francis HP, Wade DT, Turner-Stokes L i sur. Does reducing spasticity translate into functional benefit? An exploratory meta-analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004; 75:1547-51.
107. Butler C, Darrah J: Effects of neurodevelopmental treatment (NDT) for cerebral palsy: An AACPD evidence report. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45:603-12.
108. Rekand T. Clinical assessment and management of spasticity: a review. *Acta Neurol Scand* 2010; 122(Suppl 190):62-6.
109. Dai AI, Wasay M, Awan S. Botulinum toxin type A with oral Baclofen versus oral Tizanidine: a nonrandomized pilot comparison in patients with cerebral palsy and spastic equinus foot deformity. *J Child Neurol* 2008; 23:1464-66.
110. Murphy AM, Manson GM, Best A i sur. Impact of modafinil on spasticity reduction and quality of life in children with CP. *Dev Med Child Neurol* 2008; 50:510-14.
111. Montane E, Vallano A, Laporte JR. Oral antispastic drugs in nonprogressive neurologic disorders. *Neurology* 2004; 63:1357-63.



112. Lukban MB, Rosales RL, Dressler D. Effectiveness of botulinum toxin A for upper and lower limb in children with cerebral palsy: a summary of evidence. *J Neurol Transm* 2009; 116:319-33.
113. Bjornson K, Hays R, Graubert C i sur. Botulinum toxin for spasticity in children with cerebral palsy: a comprehensive evaluation. *Pediatrics* 2007; 120:49-58.
114. Ward AB. Spasticity treatment with botulinum toxin. *J Neural Transm* 2008; 115:607-16.
115. Surgical management of spasticity in persons with cerebral palsy. *PM R* 2009; 1:834-48.
116. Rosenbaum P. Controversial Treatment of Spasticity. *Exploring Alternative Therapies for Motor function in Children with Cerebral Palsy. J Child Neurol* 2003; 18:89-9
117. Valle AC, Dionisio K, Pitskel NB i sur. Low and high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of spasticity. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49:534-38.
118. Bovend'Eerd TJ, Newmann M, Barker K i sur. The effects of stretching in spasticity: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89:1395-406.
119. Harlaar J, Ten Kate JJ, Prevo AJ i sur. The effect of cooling on muscle coordination in spasticity: assessment with the repetitive movement test. *Disabil Rehabil* 2001; 12:769-92.
120. Lee GP, Ng GY. Effects of stretching and heat treatment on hamstring extensibility in children with severe mental retardation and hypertonia. *Clin Rehabil* 2008; 22:771-79.
121. Smania N, Picelli A, Munari D i sur. Rehabilitation procedures in the management of spasticity. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010; 46:423-38.
122. Rochester L, Vujnovich A, Newstead D, Williams M. The influence of eccentric contractures and stretch on alpha motoneuron excitability in normal subjects and subjects with spasticity. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2001; 41:171-7.
123. Suzuki T, Saitoh E, Tani M i sur. Effect of continued stretching of the affected arm in patients with cerebrovascular diseases by examining H-reflex characteristics. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2003; 43:51-6.

124. Bakheit AM, Maynard V, Shaw S. The effects of isotonic and isokinetic muscle stretch on the excitability of the spinal alpha motor neuron in patients with muscle spasticity. *Eur J Neurol* 2005; 12:719-24.
125. Wiart L, Darrah J, Kembhavi G. Stretching with children with cerebral palsy: what do we know and where are we going? *Pediatr Phys Ther* 2008; 20:173-8.
126. Ansari NN, Adelmanesh F, Naghdi S, Tabtabaei A. The effect of physiotherapeutic ultrasound on muscle spasticity in patients with hemiplegia: a pilot study. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2006; 46:247-52.
127. Ansari NN, Naghdi S, Bagheri H, Ghassabi H. Therapeutic ultrasound in the treatment of ankle plantar flexor spasticity in a unilateral stroke population: a randomized, single-blind, placebo-controlled trial. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2007; 47:137-43.
128. Ansari NN, Naghdi S, Hasson S, Rastgoo M. Efficacy of therapeutic ultrasound and infrared in the management of muscle spasticity. *Brain Inj* 2009; 23:632-38.
129. Alabdulwahab SS, Al-Gabbani M. Transcutaneous electrical nerve stimulation of hip adductors improves gait parameters of children with spastic diplegic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation* 2010; 26:115-22.
130. Bakhtiary AH, Fatemy E. Does electrical stimulation reduce spasticity after stroke? A randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2008; 22:418-25.
131. Ahlborg L, Andersson C, Julin P. Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med* 2006; 38:302-8.
132. Groecke D, Wigram T. Vibroacoustic therapy in receptive music therapy. U: Groecke D, Wigram T, ur. *Receptive Methods in Music Therapy*. London: Jessica Kingsley Publishers; 2007, str. 214-36.
133. Body-Brewer C. Vibroacoustic therapy: Sound vibration in medicine. *Alternative & Complementary Therapy* 2003; 9:257-63.
134. Wigram T. The effects of vibroacoustic therapy on clinical and non clinical populations (disertacija). London, Engleska: London University, 1996.
135. Boakes M. Vibrotactile stimulation. London: British Association of Occupational Therapists; 1990.
136. Wigram T, Dileo C. *Music Vibration*. New Jersey: Jeffrey Books 1997.

137. Wigram, T, Weeks, L. Treatment and research into the Physiological Effect of Low Frequency Sound and Music on Muscle Tone and Circulation. *J Humanist Psychol* 1990; 2:16-25.
138. Skille O. Vibroacoustic therapy. *Music Therapy* 1989; 8:61-7.
139. Skille O. Vibroacoustic research 1980-1991. U: Spintge R, Droh, R, ur. *Music Medicine*. St Louis: MMB; 1992, str. 249 – 66.
140. Bergstrom-Isacsson M, Julu POO, Witt-Engerstrom. Autonomic Responses to music and vibroacoustic therapy in Rett syndrome. *Nordic J Music Therapy* 2007; 16:42-59.
141. King LK, Almeida QJ, Ahonen H. Short-term effects of vibration therapy on motor impairments in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation* 2009; 25:297-306.
142. Llians R, Ribary U. Coherent 40-Hz oscillation characterizes dreamlike states in humans. *Neurobiology* 1993; 90:2078-81.
143. Llians R, Ribary U. Rostrocaudal scan in human brain: a global characteristic of the 40 Hz response during sensory input. U: Baser E & Bullock T, ur. *Induced Rhythms in the Brain*. Birkhauser, 1992.
144. Floel A, Hummel F, Duque J i sur. Influence of somatosensory input on interhemispheric interactions in patients with chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2008; 22:477-85.
145. Kurz MJ, Wilson TW. Neuromagnetic activity in the somatosensory cortices of children with cerebral palsy. *Neurosci Lett* 2011; doi:10.1016/j.neurlet.2010.11.053
146. Katušić A, Mejaški-Bošnjak V. Effects of vibrotactile stimulation on the control of muscle tone and movement facilitation in children with cerebral injury. *Coll Antropol* 2011(Suppl 1); 35:57-63.
147. Russell DJ, Rosenbaum PL, Avery L, Lane M. *Gross Motor Function Measure (GMFM-66 i GMFM-88): User's Manual*. London, United Kingdom: MacKeith Press 2002.
148. Russell D, Avery L, Rosenbaum PL i sur. Improved scaling of the Gross motor function measure for children with cerebral palsy: Evidence of reliability and validity. *Phys Ther* 2000; 80:873-85.
149. Bjornson KR, Graubert CS, Mc Laughlin JF i sur. Test-retest reliability of the gross motor function measure in children with cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr*; 18:51-60.

150. Palisano R, Hanna S, Rosenbaum P i sur. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther* 2000; 80:974-85.
151. Wood E, Rosenbaum P. The Gross Motor Function Classification Systems for Cerebral Palsy: a study of reliability and stability over time. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42: 292-96.
152. Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE i sur. Prognosis for Gross Motor Function in cerebral palsy: Creation of motor development curves. *JAMA* 2002; 18:1357-63.
153. Morris C, Galuppi BE, Rosenbaum PL. Reliability of family report for the Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46:455-60.
154. Shevell MI, Daganesis L, Hall Nicholas i sur. The relationship of cerebral palsy subtype and functional motor impairment: a population-based study. *Dev Med Child Neurol* 2009; 15:872-77.
155. Porro G, van der Linden D, van Nieuwenhuizen O i sur. Role of visual dysfunction in postural control in children with cerebral palsy. *Neural Plast* 2005; 12:205-10.
156. Rosenbaum P, Palisano R, Bartlett D i sur. Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008; 50: 249-53.
157. O' Shea M. Cerebral palsy. *Semin Perinatol* 2008; 32:35-41.
158. Schuhfried O, Mittermaier C, Jovanovic T i sur. Effects of whole-body vibration in patients with multiple sclerosis: a pilot study. *Clinical Rehabil* 2005; 19:834-42.
159. Haas CT, Turbanski S, Kessler K. The effects of random whole-body-vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation* 2006; 21:29-36.
160. Ebersbach G, Edler D, Kaufhold O i sur. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89:399-403.
161. Naito E, Kinomura S, Geyer S i sur. Fast reaction to different sensory modalities activates common fields in the motor areas, but the anterior cingulate cortex is involved in the speed of reaction. *J Neurophysiol* 2000; 83:1701-9.
162. Cunnington R, Windischberger C, Deecke L, Moser E. The preparation and execution of self-initiated and externally-triggered movement: a study of event-related fMRI. *Neuroimage* 2002; 15:373-85.

163. Wang HJ, Yang YH. Evaluating the responsiveness of 2 versions of the Gross Motor Function Measure for children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87:51-56.
164. Scholtes VA, Dallmeijer AJ, Knol DL i sur. The combined effect of lower-limb multilevel botulinum toxin type A and comprehensive rehabilitation on mobility in children with cerebral palsy: A randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1551-58.
165. Dietz V, Sinkjaer T. Spastic movement disorder: impaired reflex function and altered muscle mechanics. *Lancet Neurol* 2007; 6:725-33.
166. Butler C, Campbell S. Evidence of the effects of intrathecal baclofen for spastic and dystonic cerebral palsy. AACPDM Treatment Outcomes Committee Review Panel. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42:634-45.
167. Østensjø S, Carlberg EB, Vollestad NK: Everyday functioning in young children with cerebral palsy: Functional skills, caregiver assistance, and modifications of the environment. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45:603-12.
168. Abel MF, Damiano DL, Blanco JS i sur. Relationship among musculoskeletal impairments and functional health status in ambulatory cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003; 23:535-41.
169. Ross SA, Engsberg JR: Relationship between spasticity, strength, gait and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88:1114-20.
170. Wright FV, Rosenbaum PL, Goldsmith CH i sur. How do changes in body functions and structures, activity, and participation relate in children with cerebral palsy? *Dev Med Child Neurol* 2008; 50:283-89.
171. Gorter JW, Verschuren O, van Riel L i sur. The relationship between spasticity in young children with cerebral palsy and their gross motor function development. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2009; 10:108-16.
172. Ostensjo S, Carlberg EB, Vollestad NK. Motor impairments in young children with cerebral palsy: relationship to gross motor function and everyday activities. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46:580-89.

## **11. ŽIVOTOPIS**

---

Ana Katušić, profesor rehabilitator, rođena je u Makarskoj 17. srpnja 1980. godine gdje je završila osnovnu i srednju školu. Diplomirala je na Edukacijskom rehabilitacijskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2003. godine. Od ožujka 2003. godine zaposlena je u Dnevnom centru za rehabilitaciju djece „Mali dom – Zagreb“. Suradnica je u nastavi na Odsjeku za motoričke poremećaje i kronične bolesti Edukacijsko – rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U svrhu znanstvene i stručne edukacije pristupnica je aktivno sudjelovala na brojnim domaćim i međunarodnim skupovima. 2006. godine završava stručnu edukaciju iz vibracijsko akustičke terapije. 2008. godine magistrira na poslijediplomskom znanstvenom studiju Odsjeka za motoričke poremećaje i kronične bolesti Edukacijsko – rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Iste godine od Međunarodnog društva za vibroakustiku stječe naziv edukatora vibracijsko akustičke terapije. Od 2009. godine polazi stručnu edukaciju iz Senzoričke integracije SI Jean Ayres. Pristupnica je završila i tri godine poslijediplomskog doktorskog studija „Neuroznanost“.

Objavila je nekoliko preglednih i izvornih znanstvenih radova u međunarodno recenziranim časopisima iz područja pedijatrijske neurorehabilitacije. Sudjelovala je kao pozvani predavač na 7. europskom kongresu muzikoterapije, gdje je govorila o suvremenoj primjeni vibroakustike u neurorehabilitaciji. Tajnica je Međunarodnog društva za vibroakustiku te je član Akademije za razvojnu rehabilitaciju, Svjetske udruge za neurološku rehabilitaciju i Međunarodnog udruženja za kliničku neuromuzikologiju. Recezent je u Hrvatskoj reviji za rehabilitacijska istraživanja.