

# Utjecaj glazbe na razvoj i plastičnost mozga

---

Milošev, Zoe

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:782038>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Utjecaj glazbe na razvoj i plastičnost mozga  
The effect of music on brain development and plasticity

SEMINARSKI RAD

Zoe Milošev  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)  
Mentor: prof. dr. sc. Dubravka Hranilović

Zagreb 2020.

# SADRŽAJ

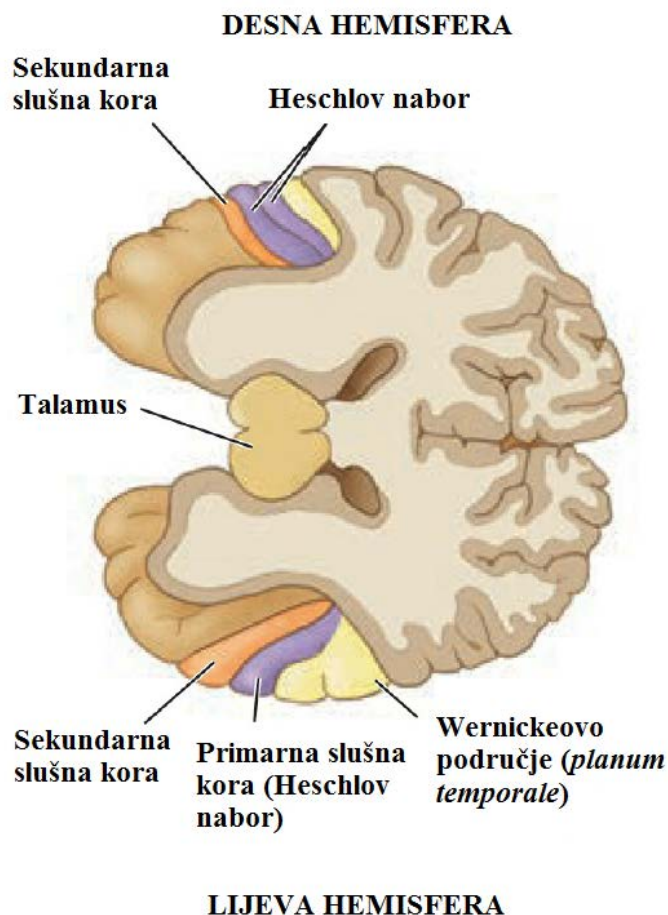
1. UVOD .....	1
2. MOZART EFEKT .....	3
3. GLAZBENA PODUKA.....	5
3.1. Apsolutni sluh .....	8
4. TERAPIJA GLAZBOM.....	10
4.1. Ozljeda mozga/moždani udar .....	12
4.2. Parkinsonova bolest .....	12
4.3. Epilepsija.....	13
4.4. Demencija .....	14
5. ZAKLJUČAK .....	15
6. LITERATURA.....	16
7. SAŽETAK.....	18
8. SUMMARY .....	18

Music gives a soul to the universe,  
Wings to the mind,  
Flight to the imagination . . .  
And life to everything. – Platon

## 1. UVOD

Još od drevnih asirskih i grčkih kultura primijećen je utjecaj glazbe na živa bića. Ne postoji jedinstvena i univerzalna definicija glazbe, već se ona razlikuje u pojedinoj kulturi (Cervellin, Lippi 2011). Osim što je ugodna aktivnost za slobodno vrijeme, glazba pruža senzoričko, motoričko, kognitivno i emocionalno iskustvo za ljudski mozak. Usljed brzog razvoja prijenosnih glazbenih medija te kanala distribucije glazbe, ona nam nikad nije bila dostupnija. Većina ljudi je u svakodnevnom kontaktu s glazbom (Särkämö, Soto 2012). Ona izaziva određene emocije ili raspoloženja kod slušatelja. Moć glazbe seže van same ugone i ima biološku osnovu – pomaže u razvoju mozga i integraciji moždanih hemisfera te igra bitnu ulogu u neurološkom razvoju djeteta. Prilikom slušanja glazbe aktivne su obje hemisfere mozga. Dokazano je da lijeva hemisfera ima ulogu u analizi strukture glazbe, a desna je odgovorna za percepciju melodije (Yoon 2000).

Naše uho prikuplja zvučne valove iz okolnog zraka i pretvara mehaničku energiju u elektrokemijsku, kojom se prenosi signal sve do slušne kore mozga. Obje hemisfere mozga sadrže primarnu i sekundarnu slušnu koru (Slika 1.). Primarna slušna kora nalazi se u Heschlovom naboru. Veličina primarne, u odnosu na sekundarnu slušnu koru, je anatomski i funkcionalno asimetrična. Cerebralna asimetrija najistaknutija je kod auditornog sustava (iako je prisutna i u drugim dijelovima mozga) i djelomično je povezana s pitanjem dominacije ruku (Kolb i sur. 2001).



**Slika 1.** Presjek mozga uz označene slušne kore (preuzeto i prilagođeno iz Kolb i sur. 2001)

Istraživanja u zadnjih 20 godina pokazuju da dugotrajno učenje glazbe djeluje kao snažan stimulans za neuroplastične promjene u mozgu (Altenmüller i sur. 2015). Plastičnost je osnovno organizacijsko svojstvo ljudskog mozga. Danas je prihvaćeno da mozak ima nevjerojatnu sposobnost modifikacije svoje strukture i funkcionalne organizacije kroz čitav životni vijek (Wan, Schlaug 2010). Plastičnost mozga je odgovor na vanjske, ali i unutrašnje događaje (utjecaj hormona, ozljeda, mutacija gena), a ona je najveća u djetinjstvu (Kolb i sur. 2001). Utjecaj glazbe na plastičnost mozga sve se više koristi u svrhu terapije ozljeda mozga i neuroloških bolesti (Altenmüller i sur. 2015).

## 2. MOZART EFEKT

Rasprava o utjecaju glazbe na kognitivne sposobnosti i inteligenciju započela je 1993. godine kada je znanstvenica Frances H. Rauscher provela eksperiment u kojem su studenti 10 minuta slušali Sonatu za dva klavira K448 skladatelja W.A. Mozarta i zatim su testirani na zadacima koji ispituju prostornu inteligenciju (Cervellin i Lippi 2011, Schellenberg 2001). Svaki sudionik testiran je u 3 uvjeta: uz slušanje Mozartove Sonate, slušanje opuštajuće snimke i sjedenje u tišini prije izvođenja testa, a testirani su rješavanjem Stanford-Binet IQ testa, kojim se ispituje verbalna i neverbalna inteligencija. Studenti koji su slušali Mozartovu glazbu postigli su bolji rezultat od ostalih grupa, čime je dokazan kratkotrajan učinak poboljšanja sposobnosti prostornog rasuđivanja (eng. *spatial reasoning*). Rezultati ovog istraživanja objavljeni su u prestižnom časopisu *Nature* i privukli su veliku pažnju, ali i kritike. Dobiveni rezultat povećanja IQ vrijednosti za 8-9 bodova popularno se protumačio kao zaključak da nas glazba čini pametnijima (Schellenberg 2001). Taj učinak dobio je naziv „Mozart efekt“ (Yoon 2000, Schellenberg 2001).

Rezultati Rauscherinog eksperimenta kritizirani su zbog načina provođenja – neadekvatne kontrolne skupine te nedostatka kontrole emotivnog odgovora sudionika na glazbeni poticaj (Altenmüller i sur. 2015). Smatra se da je Mozart efekt zapravo uzrokovan razlikom u raspoloženju subjekata, odnosno razini uzbuđenja. Slušanje glazbe zanimljivije je od 10-minutnog sjedenja u tišini, a naše raspoloženje utječe na izvedbu problemskih zadataka na način da pozitivno raspoloženje potiče bolji rezultat (Schellenberg 2001). Doista, isti pozitivan učinak glazbe u nekih ispitanika primijećen je i pri slušanju glazbe drugih skladatelja, kao i slušanju kratke pripovjedne priče kod onih koji su preferirali priču naspram glazbe. Pozitivan podražaj potiče bolje rješavanje zadataka (Schellenberg 2001).

Kako bi se dobio egzaktniji odgovor na ovo pitanje, provedeni su eksperimenti utjecaja Mozartove glazbe na životinje koje nemaju sposobnost uživanja u glazbi kao ljudi. Laboratorijski štakori su *in utero* i nakon rođenja bili izloženi glazbi i zatim testirani na sposobnosti prolaska kroz labirint. Skupina subjekata koja je bila izložena Mozartovoj glazbi značajno je brže i s manje grešaka riješila taj problem od onih koje su bile izložene minimalističkoj glazbi, tišini ili „bijeloj buci“, kroz isti period (Yoon 2000, Jenkins 2001). Regije mozga koje procesuiraju glazbu preklapaju se s regijama zaslužnim za prostorno rasuđivanje pa slušanje glazbe potiče aktivaciju i tih regija mozga. Ovim saznanjem objašnjen je prethodno opisan pokus sa štakorima (Jenkins 2001).

Druga teorija predstavlja povezanost pozitivnog raspoloženja s povećanom razinom neurotransmitera dopamina i njegovog utjecaja na prefrontalni korteks mozga. Znanstvenik William F. Thompson proveo je eksperiment u kojem je dio sudionika izložen Mozartovoj Sonati, a dio skladbi *Adagio* skladatelja Tomasa Albinonija, koju karakterizira spor tempo i tužan ton. Poboljšanje u izvođenju zadatka uočeno je u grupi koja je slušala „sretniju“ Mozartovu glazbu. Taj pokus pokazao je da bi „Mozart efekt“ mogao biti epifenomen uzrokovan raspoloženjem i uzbuđenjem (Schellenberg 2001).

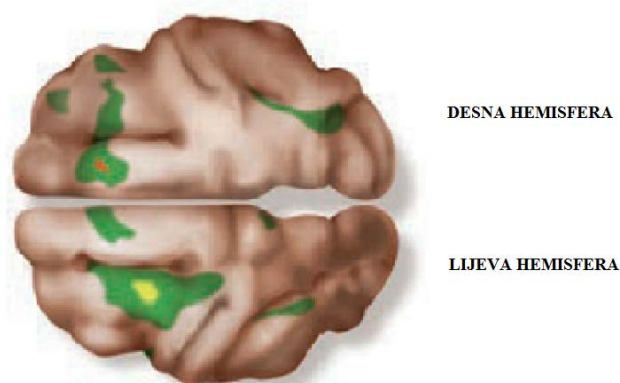
Ovaj pozitivan kratkotrajni učinak glazbe na mozak izaziva velike kritike i kontroverze još i danas. Zbog svog atraktivnog naziva, u popularnoj kulturi smatra se da će dječji mozak biti razvijeniji i dijete pametnije ako trudnice tijekom trudnoće djetetu puštaju Mozartovu glazbu. Mozartova glazba je najčešće korištena u eksperimentima vezanim uz utjecaj glazbe na mozak, kao i u terapiji korištenjem glazbe, no pretpostavlja se da je razlog tome što je Mozart vjerojatno najpoznatiji skladatelj, poznat čak i potpunim nepoznavateljima klasične glazbe, dok neki smatraju da se koristi upravo zato što ima najbolje djelovanje (Cervellin, Lippi 2011). Čak i kod pozitivnih rezultata u ispitivanjima, oni su bili kratkotrajni i ovisili su o samom testu i sudionicima. Također, isti učinak primijećen je i pri testiranju s djelima drugih skladatelja koja imaju sličnu strukturu, tempo i melodiju kao Sonata K448, a najznačajnijim svojstvom pokazao se visoki stupanj periodičnosti, tako da „Mozart efekt“ nema nužno veze s Mozartovom glazbom (Jenkins 2001).

### 3. GLAZBENA PODUKA

Glazba je kroz povijest služila kao alat za učenje. Ljudi su kroz glazbu pričali i pamtili priče (Yoon 2000). Glazbene aktivnosti mogu imati značajan utjecaj na plastičnost mozga i kognitivne sposobnosti u kasnijem periodu života (Miendlarzewska, Trost 2014).

Sviranje nekog glazbenog instrumenta je kompleksna senzoričko-motorička radnja koja istovremeno uključuje više regija mozga (Altenmüller i sur. 2015). Ovisi o snažnoj povezanosti percepcije i izvršavanja radnje posredovane senzoričkim, motoričkim i multimodalnim integrativnim regijama raspoređenim po cijelom mozgu te zahtijeva kognitivne procese višeg reda (Altenmüller i sur. 2015, Herholz i Zatorre 2012). Dugotrajno učenje glazbe dovodi do promjena u polimodalnim integrativnim regijama koje mogu utjecati na izvršavanje zadataka drugih domena (Altenmüller i sur. 2015). Također, istraživanja su pokazala da postoji veza između umjetničkih i akademskih sposobnosti, posebno glazbe i matematičkih/znanstvenih vještina (Yoon 2000). Glazba može imati pozitivne i dugotrajne posljedice na kognitivne sposobnosti uslijed pohađanja glazbene nastave (Schellenberg 2001). Glazbena poduka ima snažan učinak na neuroplastičnost te strukturalnu i funkcionalnu organizaciju mozga (Altenmüller i sur. 2015).

Istraživanja su pokazala značajne razlike u mozgu glazbenika i osobe koja se ne bavi glazbom, a pogotovo kod djece koja su započela glazbeno obrazovanje prije navršene 7. godine (Altenmüller i sur. 2015, Wan i Schlaug 2010, Schellenberg 2001). Lijeva i desna hemisfera mozga glazbenika ukazuju na povećanu debljinu kore u dorzolateralnim frontalnim i superiornim temporalnim regijama (Slika 2.) (Kolb i sur. 2001), kao i veći anteriorni dio žuljevitog tijela (lat. *corpus callosum*) (Altenmüller i sur. 2015).



**Slika 2.** Asimetrična kortikalna zadebljanja u mozgu glazbenika prikazana u boji  
(preuzeto i prilagođeno iz Kolb i sur. 2001)



Oko navršene 4. godine, djetetov mozak postaje spreman na aktivnosti koje uključuju desnu hemisferu, kao što su kreativno i umjetničko izražavanje te učenje glazbe. Hyde i suradnici proveli su istraživanje u kojem su dokazali da kod djece dolazi do povećanja gustoće sive tvari u desnoj primarnoj slušnoj kori, uslijed 15-mjesečne glazbene poduke (Habibi i sur 2018). U periodu od 9. do 11. godine, žuljevito tijelo završava svoj razvoj i omogućuje istovremenu aktivnost lijeve i desne hemisfere mozga (Yoon 2000). Žuljevito tijelo ima bitnu ulogu u komunikaciji između hemisfera mozga, koja je odgovorna za izvođenje kompleksnih motoričkih pokreta korištenjem obje ruke (Wan, Schlaug 2010). Uočeno je da, osim anatomskih razlika u slušnom i motoričkom korteksu, postoje strukturalne razlike (u obliku povećane količine sive tvari) u somatosenzoričkim regijama, predmotoričkom korteksu, inferiornim temporalnim i frontalnim regijama, kao i u malom mozgu glazbenika (Miendlarzewska, Trost 2014). Sva područja u kojima su primijećene promjene u mozgu bitna su za izvođenje glazbe i obradu zvuka (Hyde i sur. 2009). Strukturalne razlike u mozgu primijećene su i u glazbenika koji sviraju različite instrumente, sukladno specifičnim zahtjevima pojedinog instrumenta (Wan, Schlaug 2010), npr. svirači gudačkih instrumenata pokazuju veću zastupljenost prstiju lijeve ruke u moždanoj kori (Schellenberg 2001).

Većina izrazito uspješnih glazbenika započela je svoje glazbeno obrazovanje u ranoj dobi, prije 6. godine života. Ova spoznaja dovela je do hipoteze da postoji „osjetljivi period“ (Altenmüller i sur. 2015). Osjetljivi period je pojam koji označava ograničeno razdoblje u razvoju kada iskustvo snažno utječe na mozak. Kritični period je strogo vremensko razdoblje tijekom kojeg iskustvo daje informacije koje su ključne za normalan razvoj i trajno mijenjaju ponašanje. Kritično razdoblje za plastičnost slušne regije kore završava između treće i četvrte godine kod ljudi. Ističe se važnost ranog započinjanja glazbene poduke zbog osjetljivog perioda plastičnosti mozga (Miendlarzewska, Trost 2014). Dokazi za postojanje osjetljivog perioda za učenje glazbe dolaze iz istraživanja koja ukazuju na jače izražene strukturalne razlike žuljevitog tijela i senzoričko-motoričke kore u glazbenika koji su započeli s obrazovanjem u ranijoj dobi (Altenmüller i sur. 2015).

Točan uzrok navedenih razlika u mozgu glazbenika još uvijek je nepoznat. Uzrokuje li dugotrajna glazbena poduka promjene u mozgu ili su vrhunski glazbenici rođeni s biološkim i genetičkim čimbenicima zbog kojih imaju predispoziciju za razvitak glazbenih sposobnosti tijekom osjetljivog razdoblja? Postoji i hipoteza da su neki rođeni s „prednošću“ zbog specifične anatomije mozga koju drugi mogu postići intenzivnim i dugotrajnim učenjem (Wan, Schlaug 2010). Dokazano je da su mnoge glazbene sposobnosti (poput percepcije visine tona)

nasljedna svojstva pa je teško razlučiti koje promjene u mozgu su uzrokovane genetikom, a koje sviranjem instrumenta, odnosno glazbenom podukom (Miendlarzewska, Trost 2014).

Danas je prihvaćeno da mozak ima nevjerojatnu sposobnost mijenjanja svoje strukturalne i funkcionalne organizacije kroz cijeli životni vijek, kao odgovor na promjene u okolini. Plastičnost mozga osnova je za normalan razvoj i sazrijevanje, učenje novih vještina, pamćenje, oporavak od ozljeda te posljedice promjena u okolini (Wan, Schlaug 2010). Sviranje glazbenog instrumenta zahtijeva bilateralnu obradu zvuka, koordinaciju obje ruke i integraciju motoričkog i slušnog sustava. Moguće je da ti zahtjevi vode do veće povezanosti senzoričko-motoričkih regija, a time i ubrzano sazrijevanje veza među njima (Habibi i sur. 2018).

Usljed prirodnog procesa starenja dolazi do pada kognitivnih funkcija i plastičnosti mozga. Rađeno je istraživanje u kojem su osobama starijim od 60 godina pružili instrukcije sviranja klavira tijekom 6 mjeseci te je uočen napredak u pamćenju, kao i motoričkim sposobnostima, u usporedbi s grupom koja nije imala glazbene poduke (Miendlarzewska, Trost 2014). Činjenica da do promjena može doći i u mozgu odrasle osobe ukazuje na potencijal korištenja glazbe u rehabilitacijske svrhe kod ozljeda mozga (Wan, Schlaug 2010), o čemu će više riječi biti u poglavlju Terapija glazbom.

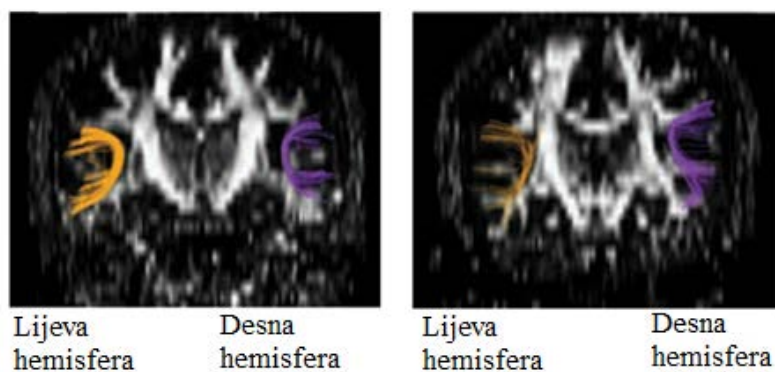
Potrebno je potaknuti učenje glazbe u ranoj dobi jer je vidljiv pozitivan dugotrajni učinak na mozak, kao i kognitivne sposobnosti. Smatra se da je adekvatna dob početka glazbenog obrazovanja prije 7. ili čak 5. godine života, sukladno s razvojem slušne regije. Glazba može biti aktivnost u slobodno vrijeme ili metoda učenja discipline izvan klasičnog školskog sustava (Miendlarzewska, Trost 2014). Glazbeno obrazovanje predstavlja obogaćenje djetetovog okruženja, što potiče razvoj mozga i može utjecati na sposobnosti u drugim područjima života (Schellenberg 2001).

### 3.1. Apsolutni sluh

Apsolutni ili savršeni sluh je sposobnost pamćenja apsolutne visine tonova i njihove reprodukcije bez reference. To je rijetko svojstvo, ali se često javlja u određenim populacijama ili unutar obitelji (Altenmüller 2015). Iz tog razloga, mnogi znanstvenici započeli su istraživanja s mišlju da svojstvo apsolutnog sluha može poslužiti kao primjer za razumijevanje interakcija genetičkih mehanizama, njihove uloge u razvoju mozga i utjecaju okoliša na te genetičke faktore (Zatorre 2003).

Proveli su eksperiment mjerenjem protoka krvi kroz određene regije mozga kod sudionika koji imaju apsolutan sluh i onih koji ga nemaju, u dva uvjeta testiranja: pasivno slušanje glazbe i aktivno slušanje uz određivanje intervala između tonova. Pokusom su utvrdili da sudionici koji imaju apsolutan sluh automatski uključuju svoje “sposobnosti”, čak i pri pasivnom slušanju glazbe. Došlo je do aktivacije regije frontalnog korteksa koja se kod sudionika bez apsolutnog sluha uključila tek u aktivnom dijelu eksperimenta. Ta regija mozga smatra se zaslužnom za imenovanje intervala, ali ne i za sam apsolutan sluh, što objašnjava aktivaciju i kod sudionika bez apsolutnog sluha (Zatorre 2003).

Znanstvenici su pretpostavili da se odgovor nalazi u regijama mozga u kojima dolazi do obrade zvuka. DTI (eng. *diffusion tensor imaging*) metodom magnetske rezonancije rekonstruirali su traktove koji spajaju 2 regije temporalne kore mozga uključene u procesiranje zvuka – *gyrus temporalis superior et medius* i regije mozga koje nisu povezane sa zvukom. Dokazano je da osobe s apsolutnim sluhom imaju veću povezanost u temporalnim regijama mozga, odgovornim za percepciju visine tona. Što im je sluh savršeniji, to je povezanost u regijama veća. Povezanost je prisutna u obje moždane hemisfere, ali je veća u lijevoj (Slika 3.), odnosno izraženija lijeva asimetrija odgovorna je za apsolutan sluh (Kolb i sur. 2001).



**Slika 3.** Traktovi koji povezuju regije lijeve hemisfere mozga (narančasto) brojniji su kod osoba s apsolutnim sluhom. Lijevo – mozak osobe s apsolutnim sluhom. Desno – osoba bez apsolutnog sluha (preuzeto i prilagođeno iz Kolb i sur. 2001)

Cerebralna asimetrija je bitna anatomska razlika ljudi sa savršenim sluhom jer može služiti kao pokazatelj mogućih genetičkih i epigenetičkih faktora. Asimetrije u dijelu mozga odgovornom za obradu zvuka uočene su i prije rođenja djeteta pa se postavlja pitanje jesu li te razlike mogući markeri za razvoj apsolutnog sluha u odgovarajućim okolišnim uvjetima. Drugim riječima, to bi moglo značiti da neke kognitivne i percepcijske vještine ovise o neurološkom razvoju i njegovoj interakciji s okolišem, a to je problem kojim se bavi kognitivna neuroznanost (Zatorre 2003).

#### 4. TERAPIJA GLAZBOM

Pojam glazbe kao terapije baziran je na drevnim uvjerenjima da glazba može biti lijek za tijelo i um. Kroz povijest se koristila u različitim kulturama kao sredstvo komunikacije s natprirodnom silom u svrhu iscijeljenja, kao veza sa svemirom te za oslobađanje negativnih stanja poput depresije i tuge, a tek kasnije korištenje postaje bazirano na znanosti i medicini. Povezivanjem neuroznanosti i muzikologije, glazba se počela koristiti u terapiji kako se koristi i danas (Altenmüller i sur. 2015). Terapija glazbom se razvila iz modela društvene znanosti do modela neuroznanosti i korištenja u kliničkoj praksi i istraživanjima. To je rezultiralo pojavom nove teorije poznate pod nazivom neurološka terapija glazbom (eng. *Neurologic Music Therapy*, NMT). NMT-tehnike bave se poremećajima u kognitivnim, senzoričkim i motoričkim sposobnostima uslijed neke bolesti živčanog sustava. Michael Thaut smatra se osnivačem te metode te postavlja 4 mehanizama kojima glazba utječe na neurorehabilitaciju (Galińska 2015):

1. stimulacija ritmom – sinkronizacija glazbenog ritma s biološkim (od živčane aktivnosti do disanja, otkucaja srca) bazirana na fenomenu akustičke rezonancije
2. obrada informacija s uzorcima – ritmički uzorci glazbe bitni su za poticanje pokreta (npr. kod Parkinsonove bolesti)
3. diferencijalna neurološka obrada glazbenih komponenti u različitim dijelovima mozga – omogućuje alternativne puteve i veze u mozgu jer potiče plastičnost, a time i obnavljanje nekih funkcija
4. efektivno-estetski odgovor – poticanje uzbuđenja, motivacije i emocija

Terapija glazbom koristi se kao dodatna terapija nekim tradicionalnim metodama, posebice pri ozljedi mozga ili poremećaja raspoloženja, kao što je depresija. Također, pokazuje pozitivan učinak u smanjenju percepcije boli i količine potrebnih lijekova za uklanjanje boli nakon velikih operacija, kod djece i odraslih ljudi (Kolb i sur. 2001). Trenutačna klinička istraživanja ukazuju na to da glazba može stimulirati procese u mozgu koji mogu biti generalizirani i preneseni u neglazbene funkcije, što rezultira mjerljivim terapeutskim učincima. Ovo je moguće zbog toga što glazba utječe ne samo na slušnu regiju, nego na više područja u mozgu (Galińska 2015).

Terapija bazirana na glazbi svodi se na 2 metode – receptivna metoda slušanja glazbe (pasivna) i aktivna metoda sviranja glazbenog instrumenta ili pjevanja (Guetin i sur. 2009). Uz muzičke elemente poput ritma, tempa, melodije, harmonije i slično, glazbeni instrumenti imaju bitnu ulogu u neurorehabilitaciji. Glazba je kompleksan alat i stimulans koji može izazvati i

suprotne učinke od onih željenih, stoga je jako bitno da je terapeut koji provodi terapiju glazbom kompetentan i stručan u tome što radi. Naglašava se rani početak i svakodnevno provođenje rehabilitacije glazbom (Galińska 2015).

Intenzivno učenje vještina u odrasloj dobi može dovesti do plastičnih promjena u mozgu. Plastičnost mozga koja traje kroz cijeli život je bitno svojstvo koje omogućuje razvoj rehabilitacijskih tehnika, osobito u svrhu prevladavanja oštećenja izazvanih neurološkim poremećajima. Učenje vještina potiče očuvanje struktura sive i bijele tvari tijekom normalnog procesa starenja, kada u mozgu obično dolazi do degeneracije (Altenmüller i sur. 2015).

#### **4.1. Ozljeda mozga/moždani udar**

Jedna od čestih komplikacija koja nastaje uslijed moždanog udara ili traumatske ozljede mozga je afazija. Afaziju karakterizira gubitak sposobnosti produciranja i razumijevanja jezika. Procjenjuje se da između 25% i 50% pacijenata koji su proživjeli moždani udar razviju neku vrstu afazije u prvih sedam dana nakon ozljede (Altenmüller i sur. 2015). Specifični programi terapije mogu pomoći u povratku govora, pomoću pasivnog slušanja glazbe i aktivnog pjevanja ili sviranja instrumenata (Kolb i sur. 2001).

Jedna od metoda rehabilitacije glazbom je terapija glazbenom intonacijom (eng. *Melodic Intonation Therapy*, MIT) koja koristi elemente melodije i ritma za rehabilitaciju govora kod pacijenata s afazijom i nesposobnošću produciranja govora zbog ozljede u lijevoj hemisferi mozga, gdje se nalazi regija odgovorna za govor (Särkämö, Soto 2012). Ritmička auditorna stimulacija (RAS) koristi ritam kao element glazbe, za stimulaciju mozga i motoričkih kretnji koji može poboljšati oporavak hoda i pokreta ruku kod hemiparetskih pacijenata. Korištenje glazbenih instrumenata u terapiji može unaprijediti brzinu, preciznost i ugladenost pokreta ruke nakon moždanog udara (Särkämö, Soto 2012).

Slušanje glazbe izaziva pozitivan učinak na kognitivne sposobnosti, a pretpostavlja se da je uzrok tome utjecaj glazbe na poboljšanje raspoloženja i uzbuđenja putem dopaminergičkog mezolimbickog sustava, smanjenja depresije i stresa, povećanja razine neurotransmitora glutamata i povećanje molekularne te strukturalne plastičnosti mozga. Ovo područje istraživanja je relativno novo pa nema direktnih dokaza o mehanizmima kojima glazba djeluje u terapijskim svrhama za oporavak od moždanog udara (Särkämö, Soto 2012).

#### **4.2. Parkinsonova bolest**

Parkinsonova bolest je neurodegenerativna bolest koju odlikuje poremećaj kretanja – bradikinezija (spori pokreti), hipokinezija (reducirani pokreti), tremor, ukočenost i poremećaji hoda i držanja tijela. Prisutne su i promjene raspoloženja (Pacchetti i sur. 2000).

Već spomenuta stimulacija mozga ritmom igra veliku ulogu u senzoričko-motoričkoj rehabilitaciji. Glazbeni ritam je poticaj za regulaciju motoričkih pokreta i koordinacije onda kada je unutarnji sustav za ritam nefunkcionalan (Galińska 2015). RAS je bitna metoda stimulacije mozga koja inducira kratku, ali i dugotrajnu plastičnost oštećenog mozga. Kod pacijenata s Parkinsonovom bolešću, stimulacijom dopaminergičkog sustava u bazalnim ganglijima dolazi do redukcije poremećaja pokreta izazvanih bolešću. Kod drugih neuroloških bolesti ili ozljeda mozga RAS također ima pozitivne učinke jer sinkronizacija s vanjskim

ritmom pomaže u oporavku koordinacije pokreta stimulacijom auditorno-motoričke i senzoričko-motoričke integracije (Miendlarzewska, Trost 2014).

Usljed aktivne terapije glazbom dokazano je poboljšanje motoričkih kretnji. Osim elementa ritma, pretpostavlja se da utjecaj ima i učinak glazbe na uzbuđenje koje posljedično utječe na emocije i povećanje motivacije. Stoga, odgovor motoričkog sustava na glazbu možda potječe i od emocionalne reakcije aktivacijom motoričke petlje kortikalno-bazalnih ganglija, mreže prvenstveno pogođene Parkinsonovom bolešću (Pacchetti i sur. 2000).

### **4.3. Epilepsija**

Epilepsija je česti neurološki poremećaj. Kronični napadaji mogu uzrokovati ozljede mozga, utjecati na inteligenciju i psihološko zdravlje pacijenata, pa i uzrokovati invaliditet ili slučajnu smrt. Trenutna metoda liječenja epilepsije je korištenje lijekova te operacijski zahvat. Kod određenog dijela pacijenata javlja se rezistencija na lijekove, kao i velik broj neželjenih nuspojava. Iz toga proizlazi potreba za pronalaskom adekvatne alternativne metode prevencije i liječenja epilepsije. Terapija glazbom pokazuje se potencijalnom neinvazivnom, nefarmakološkom metodom, no potrebna su dodatna testiranja (Liao i sur. 2015).

1998. godine, Hughes i sur. proveli su kliničko istraživanje nad 29 pacijenata s epilepsijom koje su izložili Mozartovoj Sonati K448. Analizom elektroencefalograma (EEG) utvrdili su da je u gotovo 80% pacijenata došlo do smanjenja epileptiformnih aktivnosti (Jenkins 2001). Zabilježeno je i djelovanje na komatoznim pacijentima, stoga se pretpostavilo da percepcija glazbe nije potrebna za njeno djelovanje u terapijske svrhe (Liao i sur. 2015), već da je učinak postignut direktnom stimulacijom moždane kore (Altenmüller i sur. 2015). Mehanizam djelovanja objasnili su putem superorganizacije mikroanatomije moždane kore, a druge teorije djelovanja glazbe na epilepsiju su putem zrcalnih neurona, parasimpatičke aktivacije i povećanog djelovanja dopamina u mozgu. Točan mehanizam antikonvulzivnog djelovanja Mozartove Sonate K448 nije poznat. Dodatna istraživanja pokazala su da isti učinak ima i Sonata K545, ali i glazbena djela drugih skladatelja sličnih struktura (Altenmüller i sur. 2015).

Poznat je i suprotan učinak glazbe, odnosno epilepsija uzrokovana glazbom. Glazba kod nekih ljudi uzrokuje stimulaciju oslobađanja dopamina u medijalnom prefrontalnom korteksu, što posljedično može suzbiti djelovanje limbičkog dopaminergičkog sustava i poticati napadaje (Liao i sur. 2015).



#### **4.4. Demencija**

Demencija je stečeni i trajni sindrom poremećaja pamćenja i drugih kognitivnih sposobnosti, uzrokovan postupnim propadanjem moždanih stanica (Kolb i sur. 2001, Altenmüller i sur. 2015). Postoji više vrsta i uzroka demencije, a najčešći je Alzheimerova bolest (Altenmüller i sur. 2015).

U starijoj populaciji prisutna je sve veća pojava tog neurološkog poremećaja, a time i potreba za pronalaskom metoda liječenja i načina ublažavanja simptoma. Lijek zasad ne postoji, ali postoje farmakološki preparati za ublažavanje simptoma i pokušaji alternativnih terapija, poput terapije glazbom (Altenmüller i sur. 2015).

Istraživanja pokazuju da osobe s demencijom uživaju u glazbi, a sposobnost percepcije, prepoznavanja i emocionalnog odgovora na poznatu glazbu ostaje prisutna u kasnijim i teškim stadijima bolesti (Särkämö i sur. 2014). Sudjelovanje u glazbenim aktivnostima i pjevanju poboljšava raspoloženje, ponašanje i kognitivne funkcije kod osoba s demencijom. Istraživanja su pokazala da sviranje instrumenta smanjuje rizik razvoja demencije i odgađa propadanje kognitivnih sposobnosti uslijed starenja. Zbog nedostatka metodologije postoji samo limitiran broj dokaza učinka glazbe, a ne zna se ni točan mehanizam djelovanja pa znanstvenici naglašavaju potrebu za uvođenjem standardiziranog testa za procjenu funkcije glazbe u terapiji za demenciju (Altenmüller i sur. 2015).

Särkämö i suradnici proveli su istraživanje na 89 sudionika s demencijom u kojem su ispitali učinak slušanja glazbe i pjevanja, u usporedbi s uobičajenom njegom. Rezultati su pokazali poboljšanje u raspoloženju, orijentaciji i epizodičkom pamćenju prošlih događaja, pažnji i izvršnim funkcijama, ali i pozitivan učinak na njegovatelja. Pjevanje je potaknulo bolje kratkoročno i radno pamćenje. Redovitost glazbenih aktivnosti može dovesti do dugotrajnih poboljšanja u kognitivnim svojstvima kod blage/umjerene demencije pa se potiče korištenje glazbe u skrbi i rehabilitaciji osoba s demencijom (Särkämö i sur. 2014).

## 5. ZAKLJUČAK

Glazba ima velik utjecaj na naš mozak, njegov razvoj i plastičnost. Slušanje ili sviranje glazbe izaziva emocije, promjene raspoloženja, smanjuje stres, pomaže u pamćenju i djeluje kao dopuna klasičnoj terapiji neuroloških poremećaja i bolesti. Kratkotrajan učinak glazbe („Mozart efekt“) primijećen je nakon 10-minutnog slušanja Mozartove glazbe, što je pokrenulo cijelu raspravu o utjecaju glazbe na mozak. Dugotrajan učinak glazbe vidljiv je kod osoba koje su započele svoje glazbeno obrazovanje u ranoj dobi i pohađali kontinuirane satove glazbe. Temeljno svojstvo ljudskog mozga je njegova plastičnost, koja omogućava prilagodbu i promjenu mozga uslijed različitih vanjskih i unutrašnjih događaja. Genetička predispozicija za glazbene sposobnosti također je primijećena, no nije jasno koliko je ona presudna za anatomske razlike u mozgu glazbenika naspram osobe koja se nije bavila glazbom. Uporaba glazbe u rehabilitacijske svrhe pokazala je pozitivne rezultate, no još uvijek je nedovoljno istražena.

U obrazovnom sustavu kontinuirano se smanjuje budžet za umjetničke predmete i programe, kao i percepcija njihove važnosti u društvu, što direktno utječe na razvoj djece. Istraživanjima je dokazan snažan utjecaj glazbe ne samo na razvoj djetetovog mozga, već i odraslog. Također, glazbeno obrazovanje potiče bolju motivaciju i disciplinu, kao i poboljšanje kognitivnih sposobnosti, što direktno djeluje na veći uspjeh u cjelokupnom obrazovanju pojedinca.

Glazba predstavlja obogaćenje naše svakodnevice. Osim znanstveno dokazanih učinaka na mozak, glazbeno obrazovanje daje priliku učenja discipline i povećanja socijalne interakcije. Glazbeno iskustvo i prijateljstva iz glazbene škole ostaju za cijeli život i nezamjenjiv su dio naše osobnosti i identiteta.

## 6. LITERATURA

- Altenmüller, E., Finger, S., & Boller, F, 2015. *Music, neurology, and neuroscience: Evolution, the musical brain, medical conditions, and therapies*. Elsevier. Amsterdam.
- Cervellin, G., & Lippi, G, 2011. From music-beat to heart-beat: a journey in the complex interactions between music, brain and heart. *European journal of internal medicine*, **22(4)**, 371-374.
- Galińska, E, 2015. Music therapy in neurological rehabilitation settings. *Psychiatria polska*, **49**, 835-846.
- Guetin, S., Portet, F., Picot, M. C., Pommié, C., Messaoudi, M., Djabelkir, L., Olsen, A. L., Cano, M. M., Lecourt, E. & Touchon, J, 2009. Effect of music therapy on anxiety and depression in patients with Alzheimer's type dementia: randomised, controlled study. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, **28**, 36-46.
- Habibi, A., Damasio, A., Ilari, B., Elliott Sachs, M., & Damasio, H, 2018. Music training and child development: a review of recent findings from a longitudinal study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1423**, 73-81.
- Herholz, S. C., & Zatorre, R. J, 2012. Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure. *Neuron*, **76**, 486-502.
- Hyde, K., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A., & Schlaug, G, 2009. The effects of musical training on structural brain development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1169**, 182-186.
- Jenkins, J. S, 2001. The mozart effect. *Journal of the royal society of medicine*, **94**, 170-172.
- Kolb, B., Whishaw, I. Q., & Teskey, G. C, 2001. *An introduction to brain and behavior*. Worth. New York.
- Liao, H., Jiang, G., & Wang, X, 2015. Music therapy as a non-pharmacological treatment for epilepsy. *Expert review of neurotherapeutics*, **15**, 993-1003.
- Miendlarzewska, E. A., & Trost, W. J, 2014. How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in neuroscience*, **7**, 279.
- Pacchetti, C., Mancini, F., Aglieri, R., Fundarò, C., Martignoni, E., & Nappi, G, 2000. Active music therapy in Parkinson's disease: an integrative method for motor and emotional rehabilitation. *Psychosomatic medicine*, **62**, 386-393.
- Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Numminen, A., Kurki, M., Johnson, J. K., & Rantanen, P, 2014. Cognitive, emotional, and social benefits of regular musical activities in early dementia: randomized controlled study. *The Gerontologist*, **54**, 634-650.

- Särkämö, T., & Soto, D, 2012. Music listening after stroke: beneficial effects and potential neural mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1252**, 266-281.
- Schellenberg, E. G, 2001. Music and nonmusical abilities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **930**, 355-371.
- Wan, C. Y., & Schlaug, G, 2010. Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span. *The Neuroscientist*, **16**, 566-577.
- Yoon, J. N, 2000. Music in the Classroom: Its Influence on Children's Brain Development, Academic Performance, and Practical Life Skills. Diplomski rad. Sveučilište Biola. La Mirada, California.
- Zatorre, R. J, 2003. Music and the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **999**, 4-14.

## **7. SAŽETAK**

Proučavanje glazbe i njenog utjecaja na razvoj i plastičnost mozga započelo je s uočavanjem tzv. „Mozart efekta“. Mozart efekt predstavlja kratkotrajan pozitivan učinak glazbe na kognitivne sposobnosti. Dugotrajan učinak glazbe vidljiv je uslijed ranog započinjanja glazbenog obrazovanja i intenzivnog učenja vještina. Osjetljivi period za učenje glazbe je prije 7. godine života, sukladno s razvojem slušne regije mozga. Kod nekih glazbenika uočeno je posjedovanje apsolutnog (savršenog) sluha koje može poslužiti kao primjer za razumijevanje interakcija genetičkih i okolišnih mehanizama na razvoj mozga. Glazba se danas sve više koristi u svrhu rehabilitacije i dodatne terapije neuroloških poremećaja i bolesti, poput moždanog udara, Parkinsonove bolesti, epilepsije i demencije (Alzheimerove bolesti).

## **8. SUMMARY**

The research of music and its influence on brain development and plasticity began with the discovery of the so-called „Mozart effect“. Mozart effect represents a short-term positive effect of music on cognitive abilities. A long-term effect of musical training is noticeable with an early start of musical education and intensive skill-learning. The sensitive period for musical training is before the age of 7, relative to the development of the auditory region of the brain. The possession of absolute (perfect) pitch ability was noticed among some musicians and it could serve as an example of the interaction between genetic and environmental mechanisms on brain development. Furthermore, music is being used as a tool for rehabilitation and additional therapy for treating neurological disorders and diseases, such as stroke, Parkinson's disease, epilepsy and dementia (Alzheimer's disease).