

Bilingualni mozak

Pavlek, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:217:116261>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-11**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Bilingualni mozak

Bilingual brain

Seminarski rad

Lucija Pavlek

Preddiplomski studij molekularne biologije
(Undergraduate Study of Molecular Biology)

Mentor: doc. dr. sc. Sofia Ana Blažević

Zagreb, akad. god. 2020./2021.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Teorija bilingualizma	2
2.1. Sluh i govor.....	2
2.2. Kritični period i anatomija bilingualnog mozga	3
2.3. Bilingualizam i plastičnost mozga	5
2.4. Kontrola prelaska s jednog jezika na drugi	6
2.5. Prednosti i mane bilingualizma.....	8
3. Istraživanja bilingualizma	9
4. Afazija.....	10
4.1. Oporavak.....	10
5. Zaključak.....	13
6. Literatura.....	14
7. Sažetak	18
8. Summary	19
9. Životopis	20

1. Uvod

Bilingualizam bi se mogao definirati kao sposobnost vještog korištenja dvama jezicima, no točnu definiciju je teško napisati zbog širokog spektra bilingualnih osoba. Tako postoje uravnotežene i neuravnotežene bilingualne osobe pri čemu uravnotežene nemaju jedan dominantan jezik, dok neuravnotežene posjeduju dominantan materinji te nedominantan drugi jezik (Yow Quin i Li 2015). Bilingualizam utječe na strukturu mozga kod odraslih osoba, o čemu svjedoče promjene u sivoj i bijeloj tvari ovisne o iskustvu u strukturama mozga koje su uključene u učenje, obradu i kontrolu jezika (Maguire i sur. 2006; Pliatsikas i sur. 2020). Međutim, postoje ograničeni dokazi o tome kako bilingualnost može utjecati na razvoj mozga. Neka istraživanja pokazuju kako bilingualizam pozitivno utječe na ostale aspekte kognicije, a ne samo na govor (Bialystok i sur. 2007). Također, istraživanja se velikim dijelom odnose na dijelove mozga potrebnih za govor, kontrolu i prelazak s jednog jezika na drugi te promjenu tih dijelova mozga, tj. njihovu plastičnost. Neuroplastičnost definiramo kao stalnu reorganizaciju strukture mozga tijekom učenja, a ona se događa kroz cijeli život (van Praag i sur. 2000). Velika se pozornost pridaje i otkrivanju kritičnog perioda za učenje drugog jezika kako bi se mozak djece optimalno razvio (Gregg 2003).

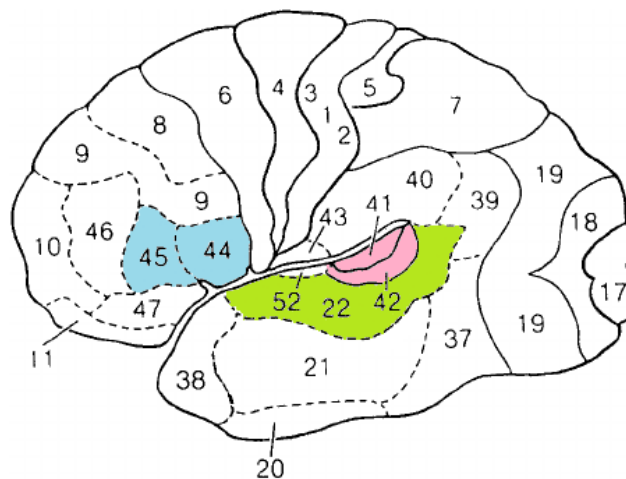
Za gotovo svako istraživanje vezano uz bilingualizam postoji drugo istraživanje koje pobija zaključke onog prethodnog. Iz tog razloga je bitno pomno proučiti što više istraživanja te primijetiti razlike u parametrima prilikom istraživanja. Naime, kao što je teško točno definirati bilingualizam zbog postojanja različitih vrsta bilingualnih osoba, jednako je tako teško napraviti savršen eksperiment koji se može prilagoditi svakoj grupi ljudi.

Bilingualizam također ima važan učinak na afaziju, tj. na oporavak od nje. Afazija predstavlja gubitak ili poremećaj govora uslijed moždanog udara, tumora ili slične traume (Connor i sur. 2001). Razna istraživanja pokazuju kako bilingualizam pospješuje oporavak nakon afazije te pomaže očuvanju integriteta mozga.

2. Teorija bilingualizma

2.1. Sluh i govor

Zvuk se unutar uha pomoću slušnog aparata preobražava u električne impulse koji se preko aferentnih bipolarnih neurona, čiji nastavci tvore kohlearni živac, prenosi kroz moždano deblo do dorzalne i ventralne kohlearne jezgre gdje se nalaze druga tijela neurona slušnog puta. Aksoni iz tih neurona vode kroz olivarni kompleks do donjeg kolikula srednjeg mozga, a odande se signal prenosi kroz medijalnu genikulatnu jezgru talamusa iz koje odlazi u slušnu koru (Judaš i Kostović 1997). Slušna kora se dijeli na primarnu koru, koja sadrži Brodmannova polja 41 i 42, te na sekundarno Wernickeovo slušno polje koje se nalazi unutar Brodmannova polja 22 (Slika 1.) U primarnu slušnu koru dolazi neobrađena informacija iz uha, u njoj se obrađuje te se šalje u sekundarnu slušnu koru kako bi se dodatno obradila i analizirala. Brocino područje, koje nije uključeno u sluh, ali je bitno u govoru, nalazi se u frontalnom režnju u lijevoj polutci mozga te se označava kao Brodmannovo područje 44 i 45 (Slika 1). Govor i glazba su kompleksni zvukovi koji imaju značenje te se analiziraju više od običnog šuma. Obraduju se u obje polutke, no lijeva kora je specijaliziranija za govor, dok je desna za glazbu (Judaš i Kostović 1997; Kolb i sur. 2016).



Slika 1. Shema moždane kore. Brojevima su označene Brodmannove regije, plavom bojom označeno je Brocino područje, ružičastom bojom primarna slušna kora, a zelenom bojom Wernickeovo područje. Preuzeto iz Cabeza i Nyberg 2000.

Istraživanja na pacijentima s oštećenjima na slušnoj kori i Brocinom području pokazuju njihovu ulogu u govoru. Tako su pacijenti s Brocinom afazijom razumjeli jezik, ali ga nisu mogli pričati, dok su pacijenti s Wernickeovom afazijom tečno pričali, ali bez ikakvog smisla. Time je zaključeno kako Brocino područje služi stvaranju motoričkog programa za izgovor riječi, a Wernickeovo područje za zvučnu predodžbu riječi. Taj je zaključak kasnije potvrđen PET (pozitronska emisijska tomografija) skenovima na zdravim osobama. Dakle, izgovorena riječ putuje do primarne slušne kore i u Wernickeovom području se obrađuje kako bi se razumjela zvučna predodžba riječi koja se pretvara u misao. U suprotnom smjeru, misao odlazi u Wernickeovo područje kako bi se „pronašle“ riječi koje želimo koristiti te se pomoću arkulatnog fascikulusa šalju u Brocino područje, prenose se u regiju motoričke kore za pokrete lica te se kranijalnim živcima šalje informacija za izgovor tih riječi (Kolb i sur. 2016).

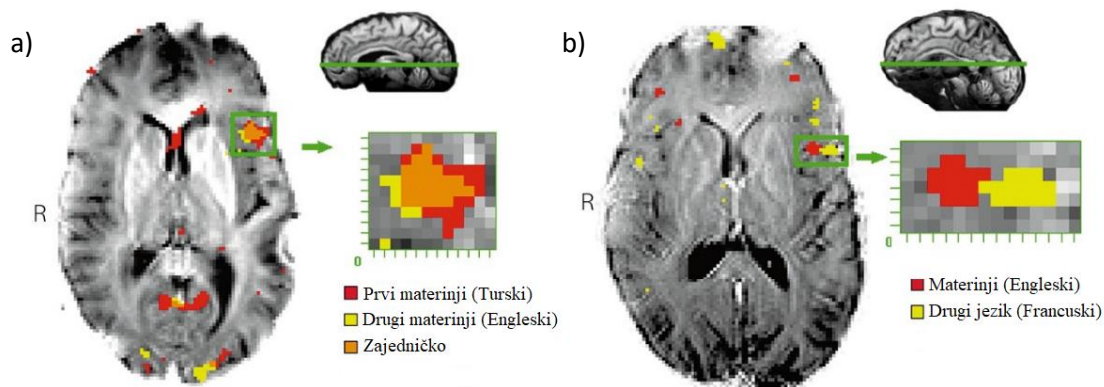
2.2. Kritični period i anatomija bilingualnog mozga

Osoba se može klasificirati kao bilingualna ako fluentno govori dva jezika. Moglo bi se raspravljati o točnoj definiciji bilingualizma iz razloga što se drugi jezik može savladavati u različitim dobima života te do različitih razina fluentnosti. Također, testovi omogućuju samo relativan uvid u količinu znanja drugog jezika. Općenito govoreći, mozgu je jako važno je li usvojio više od jednog jezika, a kada ih sadrži više, koji je prvi razvio, a koji kasnije, bitno je i koliko je vremena prošlo od učenja prvog do drugog jezika te koliko ih često koristi i koliko često ih mijenja (Díaz i sur. 2008).

Što se tiče usvajanja prvog jezika, istraživači se uglavnom slažu oko postojanja kritičnog perioda za učenje jezika koji prestaje oko puberteta. Međutim, o statusu kritičnog razdoblja za usvajanje drugog jezika još se uvijek intenzivno raspravlja (Gregg 2003; White 2003). Istraživanje provedeno na doseljenicima različite dobi, koji su iz Koreje došli u SAD, pokazalo je kako dob utječe na uspješnost učenja novog jezika do razine bilingualne fluentnosti te je kritična dob za njegovo učenje između rođenja i sedme godine života (Johnson i Newport 1989).

Rezultati istraživanja pomoću fMRI-a (funkcionalno snimanje magnetskom rezonancom, engl. *functional magnetic resonance imaging*) pokazuju da i ljudi koji su ranije i oni koji su kasnije počeli učiti drugi jezik, koriste neuronske sustave koji se preklapaju u područjima za razumijevanje, tj. u Wernickeovom području. U područjima posvećenim jezičnoj produkciji, tj. u

Brocinom području, ljudi koji su kasnije naučili drugi jezik koriste zasebna mjesta za svaki jezik. Što su ispitanici bili mlađi, to su im se više preklapaju područja oba jezika, tj. koristili su iste neuronske krugove (Slika 2, a). Različita mjesta za dva jezika postoje i u Brocinom i u Wernickeovom području postoje kod ljudi koji su kasno počeli učiti drugi jezik (Slika 2, b) (Kim i sur. 1997).



Slika 2. fMRI skenovi mozgovu bilingualnih osoba. a) govornik koji je u ranoj životnoj dobi naučio oba jezika - neuronski krugovi u Brocinom području za oba jezika se preklapaju; b) govornik koji je u kasnijoj životnoj dobi naučio drugi jezik - neuronski krugovi za dva jezika su potpuno odvojena u Brocinom području. Preuzeto iz Kim i sur. 1997.

Također, postoje istraživanja koja pokazuju da je dob stjecanja drugog jezika statistički značajna varijabla u određivanju lokusa gramatičke obrade u mozgu, ali manje u određivanju semantičke obrade (Wartenburger i sur. 2003). Osim dobi, za učenje drugog jezika bitan je kontekst njegova usvajanja, na primjer, različiti kulturološki okviri. Što se dva načina usvajanja jezika više razlikuju, veća je vjerojatnost da će se dva jezika pohraniti neovisno (Macnamara 1967).

Abutalebi i Green (2007) predlažu da je velika mreža regija odgovorna za kognitivnu kontrolu i bilingualnu jezičnu produkciju. Ovu mrežu čine prednji cingulatni korteks, lijevi prefrontalni korteks (uključujući uglavnom donji čeonni korteks), lijevi bazalni gangliji i donji parijetalni girus. Predloženo je da jedna jezična mreža posreduje u predstavljanju oba jezika bilingualne osobe te da mreža izvršne kontrole modulira njenu aktivaciju na adaptivnoj osnovi, ovisno o specifičnim

karakteristikama jezičnog konteksta i zahtjevima promjene koda. Zbog toga su provedena istraživanja koja proučavaju mijenja li bilingualizam strukturu različitih regija u sivoj i bijeloj tvari te mijenja li se njihova funkcija (vidi 2.3. *Bilingualizam i plastičnost mozga*).

Različiti neuroanatomski profili karakteriziraju djecu s uravnoteženom i neuravnoteženom bilingualnošću. Uravnotežene bilingualne osobe imale su tanje kortekse gornjeg temporalnog girusa, donjeg frontalnog girusa, srednjeg frontalnog girusa i veći putamen, dok su neuravnotežene bilingualne osobe imale deblje kortekse i manji putmen. Osim toga, neuravnoteženi bilingualni ljudi s jačim stranim naglascima na engleskom jeziku imali su manju kortikalnu površinu u srednjoj frontalnoj vijuzi i superiornoj temporalnoj brazdi. Ovi rezultati sugeriraju da je anatomija mozga, koja je oblikovana iskustvom, povezana s jezičnom funkcijom i može imati ulogu u tome koliko dobro djeca uče drugi jezik (Archila-Suerte i sur. 2018).

2.3. Bilingualizam i plastičnost mozga

Neurobiološka istraživanja pokazuju da različiti poticaji mijenjaju strukturu mozga i utječu na način na koji ljudi razmišljaju te da se te promjene odvijaju tijekom cijelog života. To znači da se mozak stalno reorganizira tijekom našeg života, a tu pojavu zovemo neuroplastičnost (van Praag i sur. 2000). Mozak se strukturno i funkcionalno mijenja u mnogim situacijama, a sama neuroplastičnost ima važnu ulogu u učenju i pamćenju. Bilingualizam uključuje razne strukturne i funkcionalne promjene u mozgu koje se događaju i u ranim, ali i kasnim razdobljima života (Carreiras i sur. 2009; Li i sur. 2014).

Za razliku od istraživanjima plastičnosti mozga pri učenju nepovezanom s jezikom, istraživanja pomoću neurooslikavanja na bilingualnim osobama daju maglovitu sliku o tome gdje se točno nalaze strukturne razlike između njih i monolingualnih osoba. Također, ne mogu se odrediti niti točni čimbenici koji dovode do tih strukturnih razlika (Maguire i sur. 2006)

Razna istraživanja pokazuju kako se učenjem drugog jezika povećava količina sive tvari u tri regije mozga: lijevom donjem parijetalnom režnju, malom mozgu te lijevom prednjem donjem temporalnom girusu (Abutalebi i sur. 2015; Mechelli i sur. 2004; Pliatsikas i sur. 2014). No, s druge strane, postoje istraživanja koja pokazuju kako nema razlike u sivoj tvari bilingualnih i monolingualnih ljudi (Gold i sur. 2013; Grogan i sur. 2012; Ressel i sur. 2012). Razlog

kontradikcije mogu biti različiti pristupi u eksperimentima, stoga su potrebna dodatna istraživanja u tom području.

U posljednje vrijeme postoji sve veći broj istraživanja koja ispituju promjene bijele tvari povezane s bilingualizmom. Ukratko, dvije regije bijele tvari fokus su neuroplastičnosti u bilingualizmu i to su žuljevito tijelo i donji fronto-okcipitalni fascikulus. U sljedećim istraživanjima koristilo se mjerenje frakcijske anizotropije kao uvid u neuroplastičnost pojedinih regija. Anizotropija je svojstvo koje pokazuje ovisnost o smjeru, odnosno to je razlika u fizičkom svojstvu duž nekog materijala. Za razliku od nje, izotropija predstavlja svojstvo neke tvari da u svim smjerovima ima jednaka svojstva. Frakcijska anizotropija glavni je parametar koji odražava stupanj tkivne anizotropije. Vrijednost joj varira od 0 do 1, pri čemu 1 predstavlja potpunu anizotropiju, a 0 izotropiju i značajka je neke neuralne abnormalnosti. Metoda kojom je mjerena frakcijska anizotropija je difuzijsko tenzorsko snimanje (DTI, engl. *Difussion tensor imaging*) te se temelji na kvantifikaciji difuzije molekula vode u mozgu dobivene magnetskom rezonancijom (Mori i Zhang 2006).

Iako su neka istraživanja otkrila povećane vrijednosti frakcijske anizotropije u žuljevitom tijelu za starije i mlađe odrasle bilingualne osobe (Luk i Pliatsikas 2016), drugi su otkrili snižene vrijednosti frakcijske anizotropije za odrasle bilingualne osobe te bilingualnu djecu (Gold i sur. 2013; Mohades i sur. 2012). Također, dok su neka istraživanja otkrila povećanu frakcijsku anizotropiju u donjem fronto-okcipitalnom fascikulusu za odrasle, djecu i mlade bilingualne osobe (Luk i Pliatsikas 2016; Mohades i sur. 2012), drugi su otkrili snižene vrijednosti frakcijske anizotropije za mlade i starije bilingualne osobe (Gold i sur. 2013) i mlađe odrasle bilingualne osobe (Cummine i Boliek 2013). Budući da gotovo sva istraživanja bijele tvari koriste isti metodološki pristup u analizi, to ih čini međusobno usporedljivijima nego što su istraživanja sive tvari, a ipak pokazuju mnoge nedosljednosti, a rezultati su ponekad potpuno kontradiktorni. Međutim, među uzorcima postoji nekoliko zbunjujućih čimbenika, poput kronološke srednje dobi i dobi stjecanja drugog jezika pa se iz tog razloga ne može govoriti o identičnim istraživanjima.

2.4. Kontrola prelaska s jednog jezika na drugi

Bilingualni ljudi lako kontroliraju kada će koristiti jedan ili drugi jezik, a da bi to učinili, moraju upotrijebiti neku vrstu neurokognitivnog kontrolnog mehanizma. Prijedlozi o tome kako

bilingualni ljudi kontroliraju svoje jezike kako bi proizveli onaj koji žele koristiti, slažu se da bilingualni leksički pristup mora uključivati neku vrstu mehanizma kontrole pažnje. Također se tvrdi da kontrola jezika u bilingualnih osoba podrazumijeva aktivnu inhibiciju jezičnih podražaja drugog jezika, koji se, unatoč aktiviranju, ne namjeravaju koristiti (Green 1998).

Najviše dokaza o inhibitornim mehanizmima u bilingualizmu dali su Costa i sur. (2006) u nizu eksperimenata s prebacivanjem jezika, gdje se od sudionika traži da imenuju sliku na jednom ili drugom jeziku, ovisno o boji slike. Istraživanja su provedena s bilingualnim osobama koje su bile bilingualne za različite jezike, te pokazuju da bilingualnim osobama s niskim znanjem treba dulje da prijeđu sa svog manje dominantnog tuđinskog jezika na maternji, nego obrnuto. Taj je učinak nazvan „troškovi asimetričnog prebacivanja“. Iako rezultat može izgledati kontraintuitivno jer podrazumijeva da je „teže“ promijeniti jezik koji osoba poznaje lošije na jezik koji poznaje bolje nego preći sa jezika koji bolje poznaje na jezik koji poznaje lošije. Costa to objašnjava na način da kad bilingualna osoba mora govoriti na slabijem, stranom jeziku, aktivira se materinji jezik, pa se mora vrlo snažno inhibirati. Kao posljedica snažne inhibicije koja se na nju primjenjuje, ako kasnije ti bilingualni ljudi žele govoriti na dominantnom materinjem jeziku, moraju poništiti snažnu inhibiciju primijenjenu na riječi s njihovog materinjeg jezika. Nasuprot tome, prelazak sa snažnog materinjeg jezika na slabiji nematerinji jezik ne zahtijeva poništavanje tako snažne inhibicije, jer riječi slabijeg jezika ne moraju biti snažno inhibirane. Zanimljivo je da je ovaj tim istraživača također otkrio da uravnoteženi bilingualni ljudi koriste drugačiji mehanizam za kontrolu jezika. S obzirom na iste zadatke promjene jezika, uravnoteženi bilingualni ljudi pokazali su simetrične troškove prebacivanja. Odnosno, trebalo im je isto vrijeme da prijeđu s jednog jezika na drugi. Iznenadujuće, mehanizam koji su upotrijebile uravnotežene bilingualne osobe pokazao je simetričan obrazac, ne samo pri prebacivanju između dva jezika koja su poznavali i koristili tijekom života, već i kad su morali prijeći na treći jezik koji su naučili mnogo kasnije i koji su znali znatno manje.

Dakle, izmjena jezika kod bilingualnih ljudi koji su kasnije počeli učiti drugi jezik dovodi do asimetričnog obrasca. Ovisno o jezičnoj dominaciji, u ranih i vještih bilingualnih osoba izmjena jezika pokazuje simetrični uzorak, koji se ne odnosi samo na dominantne jezike, već i na nedominantne, kasnije naučene jezike. Garbin i suradnici (2010) istraživanjem pomoću fMRI-a otkrili su da rani i vješti bilingualni ljudi uključuju Brocino područje za jezične i nejezične zadatke

zamjene, dok monolingualne osobe to ne čine. Stoga je vrlo vjerojatno da simetrični prebacivački mehanizam uravnoteženih bilingualnih osoba odražava uključenost Brocina područja, dok asimetrični mehanizam ima nedostatak uključenosti Brocina područja prilikom obavljanja istih zadataka.

2.5. Prednosti i mane bilingualizma

Na širokoj razini, temeljna hipoteza o takozvanoj „bilingualnoj prednosti“ u izvršnim funkcijama jest da su bilingualni ljudi naviknuti na stalno bavljenje različitim jezicima i na sprječavanje međusobnih smetnji među jezicima odabirom ciljnog jezika, a istovremeno inhibiranjem neciljanog jezika. Ova praksa pruža donekle povećanu mentalnu fleksibilnost, što rezultira poboljšanjem vještina povezanih s upravljanjem konfliktnim informacijama u usporedbi s monolingualnim osobama. Drugim riječima, poznavanje više jezika može dovesti do koristi koje nadilaze područje jezika, utječući na globalno kognitivno funkcioniranje pojedinca (Kroll i Bialystok 2013).

Međutim, pokazujući da se i jezični i kognitivni kontrolni mehanizmi preklapaju u distribuiranoj fronto-parijetalnoj mreži (Carreiras i sur. 2009) ne znači nužno i bilingualnu prednost. Nadalje, pronalaženje razlika između bilingualnih i monolingualnih osoba u uključivanju moždanih struktura za zadatke koji zahtijevaju različite izvore kontrole ne govori izravno o postojanju prednosti (Duñabeitia i Carreiras 2015).

Ispitan je i učinak bilingualizma na Alzheimerovu bolest te je otkriveno da odgađa njezin nastanak za oko 4 godine. Bialystok i sur. (2007) otkrivaju da su oni koji su govorili dva ili više jezika pokazali simptome Alzheimerove bolesti kasnije nego govornici jednog jezika. Istraživanje je otkrilo da što više jezika osoba zna, kasniji je početak Alzheimerove bolesti. Multilingualnost pomaže u izgradnji kognitivnih rezervi u mozgu, a te kognitivne rezerve prisiljavaju mozak na jači rad te one same restrukturiraju mozak. Bilingualizam dovodi do veće efikasnosti korištenja mozga i organizira mozak da bude učinkovitiji u korištenju energije.

No, unatoč nabrojenim prednostima, neka istraživanja pokazuju su da su bilingualni ljudi često lošije prolazili od monolingualnih na testovima razumijevanja govora u buci, čak i kad su bilingualni ljudi rano u životu naučili drugi jezik. Budući da su bilingualne osobe rjeđe izložene

svakom svom jeziku od monolingualnih, rjeđe se susreću sa svim riječima. Posljedično, bilingualne osobe će imati manje pohranjenih uzoraka u dugoročnom pamćenju za sve riječi. To će posebno utjecati na prepoznavanje niskofrekventnih riječi jer se bilingualne osobe s njima susreću još rjeđe od monolingualnih, pa se vidi da je prepoznavanje ovih riječi u buci ili šumu još lošije (Schmidtke 2016).

3. Istraživanja bilingualizma

Unatoč velikom broju istraživanja o ovoj temi, nije usklađeno mišljenje u pogledu toga pokazuju li bilingualne osobe bolje izvršno funkcioniranje od monolingualnih na razini ponašanja ili općenito u kontekstima u kojima se ta razlika može uočiti. Jedan od glavnih problema ovih divergentnih rezultata moglo bi biti manjkavo posvećivanje pozornosti velikoj varijabilnosti među jezičnim profilima bilingualnih pojedinaca (Paap i Greenberg 2013).

Dva važna problema koja su u osnovi ove varijabilnosti u rezultatima su odabir uzorka i metodološka pitanja. Prvi problem proizlazi iz heterogene prirode samog fenomena bilingualizma diljem svijeta što rezultira različitim bilingualnim profilima za uzorke u svakom istraživanju. Varijable koje doprinose ovim različitim profilima uključuju kontekst učenja i stjecanja drugog jezika, starost njegova stjecanja, izloženost, tj. količina njegove dnevne upotrebe te različite razine znanja drugog jezika (Grosjean 1998).

Drugi problem tiče se nedostatka dosljednosti u metodama koje se koriste za analizu mozga, poput analize morfometrije zasnovane na vokselu¹ i analize područja od interesa. Analiza morfometrije zasnovana na vokselu je automatizirana tehnika mjerenja magnetske rezonancije (MRI, engl. *magnetic resonance imaging*) slike cijelog mozga (uključujući svaki voksel mozga), dok mjerenje temeljeno na analizi područja od interesa obično uključuje ručno ocrtavanje, automatsko izdvajanje mjesta od interesa i usrednjavanje MRI signala izdvojenog iz vokselâ uključenih u mjesto od interesa (Good i sur. 2001). Dakle, različiti pristupi eksperimentu, drugačija obrada podataka te drugačiji uvjeti provedbe eksperimenta dovode do različite interpretacije rezultata te često kontradiktornih zaključaka.

¹ Voksel predstavlja najmanji dio trodimenzionalnog prostora koji se može obraditi ili prikazati.

4. Afazija

Afazija je gubitak ili poremećaj govora koji uključuje smanjenu mogućnost razumijevanja ili izražavanja riječi odnosno njihovih neverbalnih ekvivalenata. Bilingualna afazija je specifičan oblik afazije koji pogađa jedan ili više jezika bilingualne (ili multilingualne) osobe. Glavni čimbenici koji utječu na ishode bilingualne afazije su broj jezika koji osoba govori te redoslijed njihova učenja. Na oba čimbenika utječe način na koji se jezik svakoga dana upotrebljava te razina stručnosti svakog od jezika prije pojave afazije. Na ishode bilingualne afazije također utječu vrsta i težina afazije, mjesto i veličina lezija te razina obrazovanja i pismenosti pacijenta (Connor i sur. 2001; Lorenzen i Murray 2008).

4.1. Oporavak

Rehabilitacija bilingualnih afazičnih pacijenata predstavlja važan izazov za kliničare jer, budući da se zastupljenost prvog i drugog jezika djelomično preklapa u mozgu bilingualnih osoba, moždane lezije ne utječu nužno na prvi i drugi jezik (Lucas i sur. 2004) te obrasci oporavka za svaki od jezika kod bilingualnih afazičnih pacijenata znatno se razlikuju i zasad su nepredvidljivi (Ansaldi i sur. 2008).

Mnogi su autori odavno predložili da desna hemisfera, a time i neverbalne sposobnosti, igraju ključnu ulogu u oporavku afazije nakon moždanog udara lijeve hemisfere (Forkel i sur. 2014). Prema ovoj perspektivi, oporavak od afazije posljedica je reorganizacije jezika u mozgu. Također, sličnosti u tipologiji, fonološkom, morfološkom, leksičkom i sintaksičkom aspektu među jezicima pokazali su se utjecajima na obrazac oporavka jezika u bilingualnih afazičnih pacijenata (Faroqi-Shah i sur. 2010). Dob, spol, korištenje lijeve ili desne ruke te obrazovanje imali su manji utjecaj na oporavak od afazije; budući da su mjesto i veličina lezije, vrsta i težina afazije te priroda ranog hemodinamskog odgovora te primljenog liječenja najvažnije odrednice oporavka afazije. (Watila i Balarabe 2015)

Analizom 608 pacijenata s ishemijskim moždanim udarom nisu pronađene razlike između monolingualnih i bilingualnih osoba u učestalosti afazije. Međutim, dvostruko veći broj bilingualnih pacijenata imao je normalnu kogniciju u odnosu na monolingualne. Autori su sugerirali da je bilingualnost povezana s boljom izvedbom kognitivnih testova nakon moždanog

udara, vjerojatno zbog povećane kognitivne rezerve (Alladi i sur. 2016). Penn i sur. (2010) otkrili su da bilingualni pojedinci s afazijom pokazuju bolje vještine govora. Te povećane vještine bile su u korelaciji s boljim izvršnim funkcijama u usporedbi s monolingualnima pa je posljedično njihova bolja izvedba vjerojatno bila posljedica veće izvršne kontrole.

Abutalebi i Green, predlažu „dinamičko gledište“ u kojem obrazac oporavka jezika u bilingualnoj afaziji ovisi o sposobnosti pacijenta da odabere i kontrolira aktivaciju jezika (Abutalebi i sur. 2009; Abutalebi i Green 2007). Tako postoji:

- a) paralelni oporavak: oba se oštećena jezika poboljšavaju u istoj mjeri te se javlja kada su oba jezika inhibirana u jednakoj mjeri
- b) antagonistički oporavak: pacijent može govoriti na jednom jeziku jedan dan, a sljedeći dan samo na drugom. Događa se kada inhibicija utječe samo na jedan jezik u određenom razdoblju, a zatim prelazi na drugi jezik (s dezinhibicijom prethodno inhibiranog jezika)
- c) selektivni oporavak: jedan jezik ostaje oštećen, a drugi se oporavlja. Događa se ako je lezija trajno podigla prag aktivacije za jedan jezik
- d) patološko miješanje: elementi dva jezika se nehotično miješaju tijekom jezične proizvodnje. Dolazi kada se jezici više ne mogu selektivno inhibirati.

Abutalebi i sur. (2009), u istraživanju jednog slučaja kroničnog bilingualnog afazičnog pacijenta koje kombinira fMRI i dinamičko kauzalno modeliranje (DCM, engl. *dynamic casual modeling*), pokazali su povećanu povezanost unutar kontrolne i jezične mreže za liječeni i oporavljeni jezik. U skladu s Ricciardellinom (1992) teorijom praga aktivacije koja smatra da su lezije koje ne oštećuju u potpunosti jezična područja, ali uzrokuju neravnotežu u aktiviranju i inhibiranju jezika, odgovorne za afaziju u bilingualnih osoba. Otkriveno je da je angažiranje područja koja posreduju u kontroli jezika imalo ključnu ulogu u oporavku jezika u bilingualnih pacijenata s afazijom. Pokazano je da su veze između jezika i kontrolnih područja bile jače u jeziku koji se bolje oporavljao (Abutalebi i sur. 2009).

Razlika u oporavku između bilingualnih i monolingualnih osoba bila je evidentirana samo za subkortikalne i mješovite moždane udare. Može se pretpostaviti da je jezik upravljan kortiko-podkortikalnim strukturama, stoga i najznačajnije razlike između monolingualnih i bilingualnih

jezičnih struktura uključuju kortikosubkortikalne sustave (Calabria i sur. 2018; Van Lancker Sidtis i Sidtis 2018). Također se može pretpostaviti da učinak bilingualizma na oporavak afazije može varirati ovisno o specifičnoj vrsti bilingualizma. Dodatno ograničenje trenutnih istraživanja odnosi se na praćenje pacijenata. Bilo bi jako informativno pratiti razvoj pacijenata više od 90–100 dana jer bi se posljedice trebale nastaviti nekoliko godina stoga bi se tada mogao odrediti pravi dugoročni oporavak jezika (Lahiri i sur. 2021).

5. Zaključak

Bilingualni mozak uvelike se razlikuje od monolingualnog i to ne samo u očitoj funkciji pohrane jednog dodatnog jezika, već i u anatomiji i volumenu. Razlike između ta dva tipa mozgov ljudi su zasnovane na neuroplastičnosti koja je bitna i u ostalim, nejezičnim oblicima učenja i kognicije. Neuroplastičnost je prisutna tijekom cijelog života i jako je bitna u oporavku od moždanog udara, no postoji kritični period tijekom razvoja djeteta kada se mozak lako prilagodi novim uvjetima, u ovom slučaju prihvati novi jezik. Osim što logika nalaže da su velike razlike između mozgov bilingualnih i monolingualnih osoba u područjima za govor, a to su Brocino i Wernickeovo područje, za kontrolu oba jezika su jako bitni i kortikalni te subkortikalni dijelovi mozga. Njihova glavna uloga je inhibicija neuronskih krugova odgovornih za jezik koji ne želimo koristiti, a troškovi prebacivanja mogu biti simetrični i asimetrični. Tu možemo primijetiti kako je prednost zajedničkog učenja dva jezika u ranoj životnoj dobi ta što se kasnije naučeni jezici također mijenjaju simetričnim obrascem, tj. osobi neće trebati puno vremena da se prebaci sa nematerinjeg jezika na materinji. Unatoč brojnim prednostima, neki znanstvenici pronalaze i mane bilingualnog mozga. One mogu utjecati na pojedince tako da slabije poznaju vokabulare oba jezika te lošije rješavaju testove oba jezika zbog tek polovične izloženosti svakom od tih jezika. No, jedna od velikih prednosti bilingualnog mozga je svakako mogućnost lakšeg i bržeg oporavka od afazije zbog postojanja veće kognitivne rezerve u mozgu.

6. Literatura

- Abutalebi J., Green D. (2007): Bilingual language production: The neurocognition of language representation and control. *J. Neurolinguistics* **20**: 242–275.
- Abutalebi J., Guidi L., Borsa V., Canini M., Rosa P.A. Della, Parris B.A., Weekes B.S. (2015): Bilingualism provides a neural reserve for aging populations. *Neuropsychologia* **69**: 201–210.
- Abutalebi J., Rosa P.A. Della, Tettamanti M., Green D.W., Cappa S.F. (2009): Bilingual aphasia and language control: A follow-up fMRI and intrinsic connectivity study. *Brain Lang.* **109**: 141–156.
- Alladi S., Bak T.H., Mekala S., Rajan A., Chaudhuri J., Mioshi E., Krovvidi R., Surampudi B., Duggirala V., Kaul S. (2016): Impact of Bilingualism on Cognitive Outcome After Stroke. *Stroke* **47**: 258–261.
- Ansaldi A.I., Marcotte K., Scherer L., Raboyeau G. (2008): Language therapy and bilingual aphasia: Clinical implications of psycholinguistic and neuroimaging research. *J. Neurolinguistics* **21**: 539–557.
- Archila-Suerte P., Woods E.A., Chiarello C., Hernandez A.E. (2018): Neuroanatomical profiles of bilingual children. *Dev. Sci.* **21**: e12654.
- Bialystok E., Craik F.I.M., Freedman M. (2007): Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia. *Neuropsychologia* **45**: 459–464.
- Cabeza R., Nyberg L. (2000): Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J. Cogn. Neurosci.* **12**: 1–47.
- Calabria M., Costa A., Green D.W., Abutalebi J. (2018): Neural basis of bilingual language control. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1426**: 221–235.
- Carreiras M., Seghier M.L., Baquero S., Estévez A., Lozano A., Devlin J.T., Price C.J. (2009): An anatomical signature for literacy. *Nature* **461**: 983–986.
- Connor L.T., Obler L.K., Tocco M., Fitzpatrick P.M., Albert M.L. (2001): Effect of socioeconomic status on aphasia severity and recovery. *Brain Lang.* **78**: 254–257.
- Costa A., Santesteban M., Ivanova I. (2006): How do highly proficient bilinguals control their lexicalization process? Inhibitory and language-specific selection mechanisms are both functional. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **32**: 1057–1074.
- Cummine J., Boliek C.A. (2013): Understanding white matter integrity stability for bilinguals on language status and reading performance. *Brain Struct. Funct.* **218**: 595–601.
- Díaz B., Baus C., Escera C., Costa A., Sebastián-Gallés N. (2008): Brain potentials to native phoneme discrimination reveal the origin of individual differences in learning the sounds of

- a second language. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **105**: 16083–16088.
- Duñabeitia J.A., Carreiras M. (2015): The bilingual advantage: Acta est fabula? *Cortex*. **73**: 371–372.
- Faroqi-Shah Y., Frymark T., Mullen R., Wang B. (2010): Effect of treatment for bilingual individuals with aphasia: A systematic review of the evidence. *J. Neurolinguistics* **23**: 319–341.
- Forkel S.J., Thiebaut de Schotten M., Dell’Acqua F., Kalra L., Murphy D.G., Williams S.C., Catani M. (2014): Anatomical predictors of aphasia recovery: a tractography study of bilateral perisylvian language networks. *Brain* **137**: 2027–2039.
- Garbin G., Sanjuan A., Forn C., Bustamante J.C., Rodriguez-Pujadas A., Belloch V., Hernandez M., Costa A., Ávila C. (2010): Bridging language and attention: Brain basis of the impact of bilingualism on cognitive control. *Neuroimage* **53**: 1272–1278.
- Gold B.T., Johnson N.F., Powell D.K. (2013): Lifelong bilingualism contributes to cognitive reserve against white matter integrity declines in aging. *Neuropsychologia* **51**: 2841–2846.
- Good C.D., Johnsrude I.S., Ashburner J., Henson R.N.A., Friston K.J., Frackowiak R.S.J. (2001): A Voxel-Based Morphometric Study of Ageing in 465 Normal Adult Human Brains. *Neuroimage* **14**: 21–36.
- Green D.W. (1998): Mental control of the bilingual lexico-semantic system. *Biling. Lang. Cogn.* **1**: 67–81.
- Gregg K.R. (2003): The state of emergentism in second language acquisition. *Second Lang. Res.* **19**: 95–128.
- Grogan A., Parker Jones O., Ali N., Crinion J., Orabona S., Mechias M., Ramsden S., Green D., Price C. (2012): Structural correlates for lexical efficiency and number of languages in non-native speakers of English. *Neuropsychologia* **50**: 1347–1352.
- Grosjean F. (1998): Studying bilinguals: Methodological and conceptual issues. *Biling. Lang. Cogn.* **1**: 131–149.
- Johnson J.S., Newport E.L. (1989): Critical period effects in second language learning: the influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. *Cogn. Psychol.* **21**: 60–99.
- Judaš M., Kostović I. (1997): Slušni i vestibularni sustav. U: *Temelj. neuroznanosti*, MD, Zagreb, str. 251–262.
- Kim K.H.S., Relkin N.R., Lee K.-M., Hirsch J. (1997): Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature* **388**: 171–174.
- Kolb B., Whishaw I.Q., Teskey Campbell G. (2016). *An introduction to brain and behavior*.

Worth Publishers: New York.

- Kroll J.F., Bialystok E. (2013): Understanding the Consequences of Bilingualism for Language Processing and Cognition. *J. Cogn. Psychol. (Hove)*. **25**: 497–514.
- Lahiri D., Ardila A., Dubey S., Mukherjee A., Chatterjee K., Ray B.K. (2021): Effect of bilingualism on aphasia recovery. *Aphasiology* **35**: 1103–1124.
- Lancker Sidtis D. Van, Sidtis J.J. (2018): Cortical-subcortical production of formulaic language: A review of linguistic, brain disorder, and functional imaging studies leading to a production model. *Brain Cogn.* **126**: 53–64.
- Li P., Legault J., Litcofsky K.A. (2014): Neuroplasticity as a function of second language learning: anatomical changes in the human brain. *Cortex*. **58**: 301–324.
- Lorenzen B., Murray L.L. (2008): Bilingual aphasia: A theoretical and clinical review. *Am. J. Speech-Language Pathol.* **17**: 299–317.
- Lucas T.H., McKhann G.M., Ojemann G.A. (2004): Functional separation of languages in the bilingual brain: a comparison of electrical stimulation language mapping in 25 bilingual patients and 117 monolingual control patients. *J. Neurosurg.* **101**: 449–457.
- Luk G., Pliatsikas C. (2016): Converging diversity to unity: commentary on The neuroanatomy of bilingualism. *Lang. Cogn. Neurosci.* **31**: 349–352.
- Macnamara J. (1967): The Bilingual's Linguistic Performance—A Psychological Overview. *J. Soc. Issues* **23**: 58–77.
- Maguire E.A., Woollett K., Spiers H.J. (2006): London Taxi Drivers and Bus Drivers: A Structural MRI and Neuropsychological Analysis. *Hippocampus* **16**: 1091–1101.
- Mechelli A., Crinion J.T., Noppeney U., O' Doherty J., Ashburner J., Frackowiak R.S., Price C.J. (2004): Neurolinguistics: Structural plasticity in the bilingual brain. *Nature* **431**: 757.
- Mohades S.G., Struys E., Schuerbeek P. Van, Mondt K., Craen P. Van De, Luypaert R. (2012): DTI reveals structural differences in white matter tracts between bilingual and monolingual children. *Brain Res.* **1435**: 72–80.
- Mori S., Zhang J. (2006): Principles of diffusion tensor imaging and its applications to basic neuroscience research. *Neuron* **51**: 527–539.
- Paap K.R., Greenberg Z.I. (2013): There is no coherent evidence for a bilingual advantage in executive processing. *Cogn. Psychol.* **66**: 232–258.
- Penn C., Frankel T., Watermeyer J., Russell N. (2010): Executive function and conversational strategies in bilingual aphasia. *Aphasiology* **24**: 288–308.
- Pliatsikas C., Johnstone T., Marinis T. (2014): Grey matter volume in the cerebellum is related to

- the processing of grammatical rules in a second language: A structural voxel-based morphometry study. *Cerebellum* **13**: 55–63.
- Pliatsikas C., Meteyard L., Veríssimo J., DeLuca V., Shattuck K., Ullman M.T. (2020): The effect of bilingualism on brain development from early childhood to young adulthood. *Brain Struct. Funct.* **225**: 2131–2152.
- Praag H. van, Kempermann G., Gage F.H. (2000): Neural consequences of environmental enrichment. *Nat. Rev. Neurosci.* **1**: 191–198.
- Ressel V., Pallier C., Ventura-Campos N., Díaz B., Roessler A., Ávila C., Sebastián-Gallés N. (2012): An Effect of Bilingualism on the Auditory Cortex. *J. Neurosci.* **32**: 16597–16601.
- Ricciardelli L.A. (1992): Bilingualism and cognitive development in relation to threshold theory. *J. Psycholinguist. Res.* 1992 214 **21**: 301–316.
- Schmidtke J. (2016): The Bilingual Disadvantage in Speech Understanding in Noise Is Likely a Frequency Effect Related to Reduced Language Exposure. *Front. Psychol.* **7**: 678.
- Wartenburger I., Heekeren H.R., Abutalebi J., Cappa S.F., Villringer A., Perani D. (2003): Early setting of grammatical processing in the bilingual brain. *Neuron* **37**: 159–170.
- Watila M.M., Balarabe S.A. (2015): Factors predicting post-stroke aphasia recovery. *J. Neurol. Sci.* **352**: 12–18.
- White L. (2003): Fossilization in steady state L2 grammars: Persistent problems with inflectional morphology. *Biling. Lang. Cogn.* **6**: 129–141.
- Yow Quin W., Li X. (2015): Balanced bilingualism and early age of second language acquisition as the underlying mechanisms of a bilingual executive control advantage: why variations in bilingual experiences matter. *Front. Psychol.* **6**: 164.

7. Sažetak

Bilingualne osobe su one koje se koriste dvama jezicima. No, bilingualne osobe mogu jezik savladati do različite razine, počinju učiti drugi jezik u različitoj životnoj dobi te su u različitoj mjeri izložene svakom od tih jezika. Mozak razlikuje oba jezika i „zna“ kada je koji naučen te dva jezika zauzimaju drugačije neuronske krugove u mozgu. Za učenje drugog jezika bitno je kritično razdoblje prilikom razvoja djeteta. O tome kada počinje i završava kritični period, raspravlja se zadnjih nekoliko desetljeća. Osim osnovnih dijelova mozga odgovornih za sluh i govor, za bilingualizam je važno razumjeti i ulogu ostalih dijelova mozga uključenih u prebacivanje s jednog jezika na drugi te inhibiciju jezika koji u određenom trenutku ne želimo koristiti. Također, u razvoju bilingualizma ne smije se zanemariti važnost plastičnosti mozga te njegove stalne promjene prilikom učenja i korištenja oba jezika. Najznačajnije istraživane promjene u mozgu su one u sivoj i bijeloj tvari. Unatoč velikim prednostima bilingualizma, neki znanstvenici istražuju i mane poznavanja dva ili više jezika. Zbog velike varijabilnosti podataka dobivenih različitim eksperimentalnim pristupima, jako je važno raspraviti i utjecaj tih eksperimenata na rezultate i moguće zaključke. Naposljetku, u ovom pregledu objašnjena je povezanost bilingualizma i afazije te način na koji je očuvan integritet prvog i drugog jezika.

Ključne riječi: bilingualizam, kritični period, neuroplastičnost, afazija

8. Summary

Bilingual people are those who speak two languages. However, bilingual people can master a language to different levels, begin learning another language at different ages, and are exposed to each of these languages to a different level. The brain distinguishes between two languages and "knows" when each was learned, and these two languages occupy different neural circuits in the brain. There is a critical period in a child's development for learning a second language. When the critical period begins and ends has been debated for the past few decades. In bilingualism, in addition to the basic parts of the brain responsible for hearing and speech, it is important to understand the role of other parts of the brain involved in switching from one language to another and inhibiting the language that we do not want to use at that point. Also, in the development of bilingualism, the importance of brain plasticity and its constant changes in learning and using both languages must not be neglected. The most significant studies of changes in the brain are those in gray and white matter. Despite the great advantages of bilingualism, some scholars also investigate the disadvantages of knowing two or more languages. Due to the large variability of the data obtained by different approaches to experiments, it is very important to discuss the impact of these experiments on the results and possible conclusions. Finally, this review explains the connection between bilingualism and aphasia and the way in which the integrity of the first and second languages is preserved.

Keywords: bilingualism, critical period, neuroplasticity, aphasia

9. Životopis

Osobni podatci

Ime i prezime: Lucija Pavlek

Datum rođenja: 8. travnja 2000.

Mjesto rođenja: Zagreb, Republika Hrvatska

Obrazovanje

2006.-2014. Osnovna škola Kustošija, Zagreb

2014.-2018. Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb

2018.-2021. Preddiplomski sveučilišni studij molekularne biologije, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

Sudjelovanja u popularizaciji znanosti

2019. Dan i noć na PMF-u