

2016

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA

ZAKLJUČNA NALOGA  
VPLIV DVOJEZIČNOSTI (BILINGVIZMA) NA  
MOŽGANSKO PLASTIČNOST

KATARINČIČ

ANDREJ KATARINČIČ

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Vpliv dvojezičnosti (bilingvizma) na možgansko plastičnost**  
(The effects of bilingualism on brain plasticity)

Ime in priimek: Andrej Katarinčič  
Študijski program: Biopsihologija  
Mentor: doc. dr. Simona Kralj Fišer

Koper, september 2016

## Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Andrej KATARINČIČ

Naslov zaključne naloge: Vpliv dvojezičnosti (bilingvizma) na možgansko plastičnost

Kraj: Koper

Leto: 2016

Število listov: 38      Število slik: 2

Število referenc: 76

Mentor: doc. dr. Simona Kralj Fišer

Ključne besede: dvojezičnost, aktivacijski prag, jezikovno procesiranje, organizacija jezika, nevrnska, aktivnost

Izvleček:

Izobrazba in znanje različnih jezikov igrata pomembno vlogo tako na ekonomskem kot na socialnem področju. Pritisk družbe po znanju in učenju tujega jezika je povzročil zavedanje o zgodnjem jezikovnem učenju in pozitivnih vplivih za kognitivni razvoj. Skozi pregled literature najdemo različne dokaze o pozitivnem vplivu dvojezičnosti na razvoj kognitivnega sistema. Učenje tujega jezika je v primerjavi s potekom učenja materinščine dolgotrajen proces. Pomembna je starost, pri kateri se tujega jezika začnemo učiti. Način učenja tujega jezika igra pomembno vlogo predvsem pri mlajši populaciji zaradi večje dovzetnosti za vhodne informacije. Poznavanje vpliva jezika na razvoj lingvističnih sistemov in na spomin je spremenilo način učenja; danes učenje jezika poteka na celosten način in ne le na jezikovnih pravilih; večji poudarek je na obrazni mimiki in pravilni izgovarjavi besed. Pri starejši populaciji poteka poučevanje jezika zaradi že zgrajenih učnih navad preko osvežitve in dopolnitve že osvojenega znanja.

Raziskali smo vplive učenja tujega jezika na možgansko plastičnost in na razvoj možganskih struktur pri mlajših in starejših. Začetna starost učenja tujega jezika vpliva na proces priklica zelene besede v tujem jeziku zaradi lingvističnega sistema in razvoja lingvističnih sistemov, ki se različno vzpostavijo glede na nivo znanja materinščine. Kognitivni nadzor, ki se razvije kot posledica učenja tujega jezika, vpliva tudi na ne-lingvistična področja, ki nadzorujejo usklajenost gibov, kar je razvidno pri testu dvojnih nalog (ang. dual-task conditions). Pomembno deluje na bilateralno frontalnem področju, ki je namenjeno spominu; vpliva na razvoj nevrnske mreže in kristalizacijo nevrnskih povezav, kar se opazi kot zmanjšanje difuzne aktivnosti kognitivnega sistema.

### Key words documentation

Name and SURNAME: Andrej KATARINČIČ

Title of the final project paper: The effects of bilingualism on brain plasticity

Place: Koper

Year: 2016

Number of pages: 38                      Number of figures: 2

Number of references: 76

Mentor: Assist. Prof. Simona Kralj Fišer, PhD

Keywords: bilingualism, activation threshold, language processing, language organization, neuron activity

Abstract:

Education and knowledge of various languages play an important role in both economic and social field. The society's pressure for knowledge and learning a foreign language lead to awareness about early language learning and its positive impacts on cognitive development. Literature review offers us various pieces of evidence on the positive impact of bilingualism on cognitive system development. Knowing the influence of language on the development of linguistic systems and memory has changed the way of learning; today, the language learning takes place in an integrated way, not only by language rules; much greater emphasis is set on facial mimicking. Due to already constructed learning habits, the language in the elderly population is taught through renewal and completion of already acquired knowledge.

We examined the effects of foreign language learning on brain plasticity and the development of brain structures in younger and older people. The initial age of foreign language learning affects the process of retrieving the desired word in a foreign language due to the linguistic system and the development of linguistic systems that are set up differently depending on the level of the mother tongue knowledge. Cognitive control, which develops as a result of foreign language learning, also affects non-linguistic areas that control motion co-ordination. It notably acts upon the bilateral frontal area, which is designed for the memory; it effects the development of the neural network and the crystallization of neural connections, which can be observed as a reduction in diffuse activity of cognitive system.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Simoni Kralj Fišer za njeno pripravljenost pri sodelovanju in vodenju pri pisanju zaključne naloge ter za spodbudo in motivacijo.

Zahvaljujem se tudi staršem za vso finančno in moralno podporo skozi leta študija. Hvala vsem, ki ste me vsa leta podpirali, spodbujali in mi pomagali.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

I would like to thank my mentor doc. dr. Simona Kralj Fišer for the willingness for cooperation and leadership in writing my final thesis and for the encouragement and motivation.

Special thanks goes to my parents for all financial and moral encouragement. I would like to thank all those who supported, encouraged and helped me all these years.

**KAZALO VSEBINE**

1	UVOD.....	1
2	TEORIJE O RAZVOJU GOVORA (UČENJE PRVEGA JEZIKA) .....	2
2.1	Vedenjska teorija .....	2
2.2	Kognitivna teorija .....	2
2.3	Lingvistični (jezikoslovni) koncept .....	3
2.4	Razvojno-psihološki koncept (kognitivna teorija).....	4
2.5	Socialni konstruktivizem .....	4
2.6	Genetska teorija – Samoorganizacijski model osvajanja jezika .....	4
3	TEORIJE O UČENJU DRUGEGA JEZIKA (J2).....	6
3.1	Definicija dvojezičnosti (bilingvizma) .....	6
3.2	Nevromoduli in učenje jezika .....	6
3.2.1	Prag jezikovne aktivacije.....	7
3.2.2	Dostop do jezikovnega procesorskega mesta .....	8
3.2.3	Leksični sistem .....	8
3.3	Učenje jezika in spomin.....	10
3.3.1	Proceduralni/ Deklarativni model.....	10
3.3.2	Dejavniki, ki vplivajo na učenje tujega jezika.....	11
4	NEVROANATOMIJA IN NEVROFIZIOLOGIJA PRI GOVORU IN UČENJU JEZIKA/JEZIKOV .....	13
4.1	Organizacija jezika v možganih.....	13
4.2	Nevrološke spremembe pri učenju tujega jezika .....	15
4.2.1	Zakaj se poveča možganska aktivnost pri bilingvistih? .....	17
4.2.2	Zgodnje učenje tujega jezika .....	18
4.2.3	Biološka predispozicija za tuji jezik.....	19
4.2.4	Specializacija možganske poloble .....	20
4.2.5	Specializiranost možganov glede na jezik.....	20
4.2.6	Kako vpliva večjezičnost na kognitivni razvoj.....	21
5	ZAKLJUČEK .....	23
6	LITERATURA IN VIRI.....	24

---

## **KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV**

Slika 3.01 Leksični sistem in konceptualni sistem pri zgodnjih bilingvistih .....	9
Slika 3.02 Leksični sistemi in konceptualni sistem pri kasnejših bilingvistih .....	9

## SEZNAM KRATIC

AAC	sprednja cingulatna skorja
ERP	dogodkovno povezan potencial
fMRI	funkcionalna magnetna resonanca
fNIRS	funkcionalna infrardeča spektrometrija
FPC	sprednja temenska skorja
IFG	spodnja temenska vijuga
IFR	spodnja čelna vijuga
IPL	spodnji parietalni ventrikel
MMN	negativna neusklajenost
MRI	magnetna resonanca
NIRS	infrardeča spektrometrija
L1	materni jezik
L2	tuji jezik
SMS	zadnji supramarginalni sulkus



## 1 UVOD

Kultura, izobrazba in okolje posameznika pomembno vplivajo na razvoj njegovih kognitivnih sposobnosti. Izobrazba in znanje različnih jezikov igrata pomembno vlogo tako na ekonomskem kot na socialnem področju. Socialni pritisk po znanju in učenju tujega jezika je povzročil, da je učenje tujega jezika postala svetovna norma (Grosjean in Li, 2013). Danes je 'bilingvistov' (oseb, ki govorijo dva jezika) in 'multilingvistov' (oseb, ki govorijo najmanj tri jezike) več kot polovica svetovne populacije (Grosjean in Li, 2013). To lahko pripišemo dvema glavnima dejavnikoma, tj. povečanemu zavedanju pomena dvojezičnosti in večjezičnosti v današnjem vse bolj globalno usmerjenem svetu ter povečanemu zanimanju za zgodnji jezikovni razvoj.

Zanimanje za učenje in uporabo tujega jezika je postal velik izziv za mnoge raziskovalce, ki želijo raziskati in razumeti procese, ki potekajo med učenjem jezika in interakcijo med ostalimi tujimi jeziki in maternim jezikom. Pomembno vprašanje se poraja na področju učenja tujega jezika otrok. Še danes ni popolnoma jasno, kako tuji jezik v zgodnjem obdobju otroštva vpliva na materni jezik in kako se le-ta shrani v spomin.

Še pred nekaj desetletji so menili, da ima dvojezičnost negativen vpliv pri razvoju kognitivnega sistema otroka. Na začetku 20. stoletja so opravljene raziskave prikazovale drugačen pogled na dvojezičnost. Dvojezični ljudje naj bi bili omejeni in zmedeni zaradi novega znanja, saj je veljalo prepričanje, da ljudje niso zmožni učenja več kot enega tujega jezika zaradi kompleksnosti slovnice. Danes je realnost drugačna, rezultati raziskav prikazujejo pozitivne učinke na kognitivni razvoj otroka (Skrbiš, 2000).

V teoretičnem delu bom opisal nekaj teorij učenja maternega (prvega jezika), posebnosti pri učenju tujega (drugega jezika) ter vpliv aktivnega in pasivnega učenja na razumevanje jezika. V drugem delu se bom osredotočil na nevrobiološki aspekt jezika kot procesa, ki nastaja z razvojem kognitivnih sposobnosti in jezikovnih struktur. Končal bom s pregledom sodobne literature in z najnovejšimi spoznanji na področju dvojezičnosti.

## 2 TEORIJE O RAZVOJU GOVORA (UČENJE PRVEGA JEZIKA)

V okviru sistematičnega pregleda teorij, ki razlagajo, kako se ljudje učimo jezika in usvajamo prvi jezik in nadaljnje tuje jezike, sem spoznal veliko število različnih teorij. Nekatere teorije so *empiristične*; te zagovarjajo, da na jezikovno učenje vplivajo predvsem učenčeve izkušnje, ki so pomembnejše od vsake prirojene oz. genetsko pogojene zmožnosti za razvoj oz. usvajanje jezika. Zanje je učenje jezika predvsem posledica zunanjih vplivov oz. vplivov okolja. Nasprotno mnenje imajo zagovorniki *racionalizma*; ti izhajajo iz prepričanja, da imajo ljudje prirojeno sposobnost za razvoj jezika in da so jezikovni sistemi genetsko programirani. Kompromis med obema skrajnostma predstavlja *interakcionizem*, ki jezikovno učenje razlaga kot povezanost socialne komunikacije in prirojenih sposobnosti (Skela in Fojkar, 2009).

### 2.1 Vedenjska teorija

Zagovorniki vedenjske teorije, ki jo je Skinner predstavil v knjigi 'Govorno vedenje' (Verbal Behavior, 1957), razlagajo učenje govora/jezika po modelu "dražljaj – odgovor – (socialna) okrepitev – posplošitev". Ko otrok na primer reče besedo »mama« (dražljaj), mama pristopi k otroku, se z njim pogovarja, ga poboža, ga potolaži (odgovor). Slednje otroku zbudi občutek ugodja (okrepitev), zato bo otrok to besedo ponavljal in jo bo povezoval z občutkom ugodja (posplošitev). Teorija je bila neuspešna pri razlagi razvoja jezika, saj Skinnerju ni uspelo ustvariti jezikovnega modela, ki bi zadostno razložil otrokovo hitro učenja jezikovnih pravil, potrebnih za razumevanje in produkcijo novih besed in povedi.

### 2.2 Kognitivna teorija

Jean Piaget (1936) je dejavno učenje imenoval konstruktivizem. Njegova temeljna ugotovitev je bila, da posamezniki *konstruirajo* svoje lastno znanje: učenje je torej konstruktiven proces. Zagovarjal je tezo, da se v kognitivnem in jezikovnem razvoju otroka prepletajo štiri razvojne stopnje: 1. senzomotorična (0–2 leti); 2. predoperacionalna (2–7 let); 3. konkretne operacije (7–11 let) in 4. formalne operacije (11 let – odraslost). Sporočilo njegovih raziskav je bilo, da gredo vsi otroci skozi jasno določene stopnje intelektualnega razvoja. Zato je prevladalo prepričanje, da mlajših otrok ni mogoče učiti nečesa, ker še niso »razvojno pripravljeni«.

Kognitivno razvojna stališča so izhajala iz podmene, da je jezikovni razvoj vidik splošne kognitivne rasti, pri čemer morajo določene miselne spretnosti najprej dozoreti, da ustvarijo okvir za usvajanje jezika. V okviru učenja jezika je nastala *hipoteza o kritičnem*

*obdobju* (ang. critical period hypothesis), ki jo je leta 1967 predlagal Lenenberg. Hipoteza pravi, da obstaja specifičen in omejen čas oz. obdobje za usvajanje jezika. Če kritično obdobje torej zamudimo in se začnemo jezika učiti prepozno, bomo imeli veliko večje težave. Teorija je izhajala iz bioloških argumentov, kot je *lateralizacija možganov*, ki naj bi se končala ob začetku pubertete. Izsledki do sedaj niso ponudili nobenih oprijemljivih dokazov za njeno veljavnost. Možno je, da kritično obdobje ne obstaja ali pa je teh obdobji več (Borg, 2009).

### 2.3 Lingvistični (jezikoslovni) koncept

Po Chomskem (1965) ima pri učenju jezika pomembno vlogo otrokovo okolje, vpliv tega pa je bistveno manj pomemben kot vpliv filogenetsko prirojene univerzalne slovnice. Njegov pogled temelji na dejstvu, da se zdravi otroci kljub kulturološkim in sociološkim razlikam do petega leta naučijo temeljnih struktur svojega jezika. Slednje Chomski (1965) povezuje s prirojenim mehanizmom za učenje jezika (Language Acquisition Device); meni, da imamo prirojeno sposobnost za učenje naravnega jezika.

Po mnenju Chomskega (1965) ima otrokovo okolje v procesu učenja jezika veliko vlogo. Od staršev in okolice velikokrat sliši nepopolne in slovnično nepravilne stavke. Pogosto se ljudje izražajo v nedokončanih stavkih brez vsebine. Poleg tega nekateri z otrokom govorijo drugače kot z odraslimi. Tak način govora je dobil ime 'pootročeni govor' (baby talk). Pri tem ljudje uporabljajo kratke stavke, enostavne povedi, ker mislijo, da jih otrok ne bo razumel. V resnici na tak način otroku le škodimo, saj s tem vzpostavljamo register besed, ki se bo razlikoval od tistega, ki se ga uporablja v pogovoru z odraslimi.

Po Chomskem (1964) je komunikacijska kompetenca izraz, s katero ponazarjamo intuitivno jezikovno védenje (verbalno in neverbalno) govorcev in je mentalna reprezentacija hipotetičnih jezikovnih pravil. Ta teorija izhaja iz predpostavke, da vsak otrok razpolaga z virtualnostjo (poljubni svet potencialnih možnosti). Jezikovno kompetenco sestavljajo tvorjena pravila (temeljni jezikovni modeli), ki obstajajo v globinski strukturi kot jedrni stavki (preprosti trdilni stavki > osebek – povedek – predmet). S pomočjo razvijanja na psihološkem, predvsem kognitivnem nivoju nastanejo zaporedne različice (fonološke, skladske, semantične). Posameznik pri učenju jezika s pomočjo spomina ponotranji pravila, ki urejajo oblikovanje stavkov in povedi. Otrok najprej sprejema vhodne informacije iz okolja, jih nato obdela in kasneje izpelje sistem pravil, ki mu omogočajo tvorbo novih besed in stavkov. Na ta način lahko razložimo nastanek otroških besed, ki so drugačne od besed starejših. Zelo pomembno je, da otroku priskrbimo pravilne in točne vhodne informacije, ki so ključne za učenje jezika. Socialni vpliv lahko tudi v 'najboljšem' okolju na učenje jezika deluje degenerativno in povzroča deviantne enunciacije; tj. slovnično nepravilen jezik, redundantne oblike, govorico drugih otrok.

Otrok pa se zanimivo tudi v množici nepravilnih besed (napačna oblika, naglas) nauči izbirati pravilne jezikovne oblike. Sposobnost izločanja nepravilnih in nepopolnih informacij omogoča tvorbo pravil na osnovi prepoznavanja koherentnih lastnosti in tvorbe prototipov na njihovi osnovi. Iz tega lahko sklepamo, da je učenje jezika proces hipotetičnega preizkušanja. To pomaga otroku pri ločevanju pravilnih domnev od nepravilnih. Zmožnost za učenje jezika je torej biološko 'programirana', znanje jezika pa je bolj rezultat razvoja posameznika kot pa učenja.

## 2.4 Razvojno-psihološki koncept (kognitivna teorija)

Glavno teoretsko izhodišče kognitivnega koncepta je soodvisnost razvoja jezikovnih zmožnosti in spoznavnega procesa, pri čemer je jezik eden izmed mnogih proizvodov kognitivnega aparata. Kognitivna teorija se torej ne sklada s teorijo neodvisne danosti znanja slovnice, ampak se jezikovna zgradba osvaja paralelno s spoznavnimi procesi. Kognitivna teorija predpostavlja, da je za jezikovni razvoj potrebna določena stopnja zrelosti živčnega sistema. Posameznik usvoji jezik s pomočjo spoznavne interakcije z okoljem.

## 2.5 Socialni konstruktivizem

*Socialni konstruktivizem* ali socialnokulturna teorija učenja je oblika konstruktivizma, ki poudarja dinamično vplivanje med posamezniki in njihovim *družbenim okoljem*. Glavni predstavnik je Lev S. Vigotskij. Ugotovil je, da je socialna interakcija ključna za uspešno učenje (Vigotskij, 2010). Zanj je bilo učenje družbeni oz. socialni proces: ob pomoči družbene interakcije se učenca vodi od odvisnosti do neodvisnosti oz. samostojnosti. To posredovanje navadno poteka v obliki, pri čemer »boljši drugi« komunicira z učencem ter mu nudi pomoč in podporo (»zidarski oder«). Prek te skupne dejavnosti učenec konstruira novo znanje, vse dokler ga ne privzame oz. si ga prisvoji. Ponazoritev tega je vloga tujejezičnega učitelja, ki podaja znanje tako, da bo spodbujal jezikovno rabo tujega jezika, pri čemer bo podajanje znanja potekalo kot aktivnost in interaktivnost (Borg, 2009).

## 2.6 Genetska teorija – Samoorganizacijski model osvajanja jezika

Teoretsko izhodišče genetske teorije je biološko orientiran model samoorganizacije, ki opredeljuje razvoj jezikovnih zmožnosti kot interakcijo med gensko danimi jezikovnimi sposobnostmi in specifičnimi pogoji, ki izhajajo iz okolja posameznika. Že pred rojstvom se razvijajo posebni procesi/mehanizmi, ki skladno z 'gensko predprogramiranostjo' predelujejo dražljaje iz okolja. Začetno preobilje nevronske povezav (40 000 nevronov in 600 mio sinaps) se kasneje pod vplivom izkušenj zmanjša in vzpostavijo se stabilna nevronska omrežja (synaptic pruning). Pri tem procesu preživijo nevroni in sinapse, ki

vzpostavljajo pomembne stike in so večkrat aktivirani (npr. ob ponavljanju). Mehanizmi posameznih funkcionalnih sistemov se razvijajo v točno določenih časovnih obdobjih, saj ima vsak sistem določeno 'krično obdobje' (critical period). Ob nenehnih specializacijah in reorganizacijah se sistemi cepijo v manjše module, ki so specializirani za določene naloge. Gre za selekcijo in diferenciacijo nevronske omrežij. Pri tvorbi slovničnih razredov je odločilnega pomena selekcija podatkov na kognitivnem nivoju, nanjo vpliva koherentnost podatkov, ponavljanje podatkov ter čustva. Razgradnja neučinkovitih nevronske stičišč se začne v obdobju od osmega meseca do adolescence. To kaže na pomembnost dražljajev iz okolja in občutljivost za razvoj človekovih bioloških in mentalnih funkcij.

## 3 TEORIJE O UČENJU DRUGEGA JEZIKA (J2)

### 3.1 Definicija dvojezičnosti (bilingvizma)

Bloomfield (1933) pravi, da so bilingvisti tisti, ki govorijo tuji jezik in imajo nad njim enak nadzor kot nad maternim jezikom (native-like control of two languages); torej so bilingvisti 'govorci z dvema materinščinima'. Multilingviste so definirali kot tiste, ki poznajo najmanj tri jezike in lahko vse jezike v enaki meri uporabljajo kot materni jezik.

Ti enostavni definiciji pa nista zadostili razlagam dvo- in večjezičnosti, ki ostajata v različnih oblikah.

Edwards (2004) je predlagal, da bi težavo z definicijo bilingvistov rešili tako, da bi glede na različne faktorje razlikovali različne oblike bilingvizma.

Peal in Lambert (1962) sta vpeljala definicijo bilingvista po znanju jezikov, kot sta enakovredni bilingvist in dominirani bilingvist. Enakovredni bilingvist je tisti, ki je osvojil oba jezika na enakovrednem nivoju, medtem ko dominirani bilingvist en jezik obvlada bolje kot drugega.

Lambert (1974) je predlagal razlikovanje med »izboljšanimi bilingvisti«, ki so izboljšali tuji jezik (L2), ne da bi to vplivalo na materni jezik (L1), in med »spremenjenimi bilingvisti«, pri katerih se je spremenilo znanje maternega jezika (L1), potem ko so se naučili drugega jezika. Slednje je značilno za mlade priseljence, ko se naučijo tujega jezika.

Po Groznjanu (1999) so bilingvisti tisti, ki poznajo dva in več jezikov. Razlikuje mirujočega bilingvista, ki govori več jezikov, v vsakdanjem življenju pa uporablja le enega od naučenih za komunikacijo, in tistega, ki vsakodnevno za komunikacijo učinkovito uporablja več jezikov.

### 3.2 Nevromoduli in učenje jezika

Nevrolingvistične raziskave so pokazale, da se pri procesiranju določenega jezika združijo in specializirajo povezave določenih nevromodulov. Paradis (2004) meni, da obstajajo najmanj štiri nevro-moduli, ki so samostojni, delujejo pa simultano in so namenjeni različnim nalogam. Modul za *jezikovno kompetenco* vključuje center za jezikovno izvedbo, ki naj bi se v veliki meri nahajal v področju Broca, in center za razumevanje, ki se nahaja v področju Wernike. Slednja centra naj bi se povezovala v manjše nevro-module, ki so namenjeni procesiranju sintakse, leksično-semantičnim in fonološkim fenomenom.

Navedeni moduli naj bi delovali avtomatično in naj bi vplivali na spomin. Tu imamo v mislih predvsem implicitni spomin, ki omogoča učenje določenih zaporedij, ki se ponavljajo.

*Metalingvistična kompetenca* je mišljena kot eksplicitno znanje o zakonitosti določenega jezika. Modul sestavljajo besede, ki smo se jih naučili. Slednji modul v veliki meri vpliva na eksplicitni del spomina, ki določa semantični del jezika. Modul se aktivira pri pomnjenju in pri obdelavi miselnih vzorcev in shem. Modul za *pragmatičnost* naj bi bil razpršen na celotnem delu desne hemisfere. Deluje vzajemno z modulom za lingvistično kompetenco, saj pri sporazumevanju vpliva na izbiro določenega stavka iz nabora stavkov. Modul, vezan na *čustveno in motivacijsko dinamiko*, naj bi bil nadzorovan z limbičnim sistemom (Cardona, 2001), ki deluje kot center za nadzor in vrednotenje čustvenega vpliva sprejete informacije. Kasnejše raziskave so pokazale, da učenje tujega jezika vpliva na nevromodule tako, da v že zgrajenih nevromodulih za obdelavo jezika ustvari nevrološke podsisteme, ki so unikatni za vsak jezik posebej.

### 3.2.1 Prag jezikovne aktivacije

Hipoteza 'aktivacijskega praga' temelji na nevrobiološkem poznavanju delovanja nevronov in akcijskih potencialov. Znano je, da se nevron aktivira, ko doseže določen elektrokemijski kritični prag, ki sproži akcijski potencial. Podobna razlaga podpira tezo, da se aktivacija funkcijskih modulov in njegovi specifični podsistemi za določen jezik aktivirajo le v trenutku, ko se doseže zadostna količina pozitivnih jezikovnih impulzov (Green, 1998). Pri učenju tujega jezika pogosto zasledimo nekatere težave pri obdelavi vhodnih informacij, kot je težava pri razumevanju novih besed, izgovarjava, povečano kognitivno delovanje. Nevropsihologi so te težave pripisali akcijskim potencialom, ki potrebujejo večjo količino informacij. Pri maternem jeziku se je zaradi vsakodnevne uporabe prag akcijskega potenciala znižalo.

Pri tujem jeziku se lahko nivo akcijskega potenciala zniža, če pogosteje uporabljamo tuji jezik, če na primer izrecno uporabljamo tuji jezik za vsakodnevno komunikacijo. Pomembno vpliva tudi čas, ki je preteklo od zadnje uporabe jezika. Časovna razlika uporabe jezika mora biti čim manjša. Pri učenju tujega jezika je pomembno, da se čim več novih besed prenese iz delovnega spomina v kristaliziran spomin. Pri procesu skladiščenja informacij čustvena vpletenost pri učenju pomaga pri pospešitvi shranjevanja informacij in kasneje pri priklicu želene besede.

### 3.2.2 Dostop do jezikovnega procesorskega mesta

Način, kako dostopimo do jezika, npr. kako prikličemo besede, je pogosto odvisen od starosti, pri kateri smo se začeli učiti določenega jezika. Oseba, ki se je do osmega leta starosti učila več jezikov, ima praktično neposreden dostop do podsistemov, ki nadzorujejo jezik (Shulpen in kolegi, 2003). To pomeni, da potekajo vhodne jezikovne informacije (besede, pomeni, stavki) direktno skozi podsistem, namenjen določenemu jeziku. Posledica direktnega dostopa in prilagoditev podsistemov za jezik je razvidna pri otrocih. Zaradi izpostavljenosti tujim jezikom se najprej naučijo uporabljati jezik, šele kasneje tudi razlikovati med jeziki.

Danes vemo, da razlika med enojezičnimi in dvojezičnimi govorniki ni več tako velika, kot so nekdaj prikazovali. Veliko enojezičnih govorcev pogosto menjuje med različnimi različicami svojega materinega jezika kot je naglas, dialekt in govorica, ki je značilna za delovno okolje in socialno okolje sogovornika. Modeli, ki so prikazovali leksični dostop do jezika, so se izklicevali le na uradne državne jezike (La Heji, 2005).

Raziskave, ki so primerjale vpliv tujega uradnega jezika in tujo različico domačega jezika (dialekt), so pokazale, da vsakodnevna uporaba dialekta vpliva na kognitivni sistem na enak način, kot bi govorec govoril tuji jezik. Testi so potrdili, da govorniki dialekta razvijejo simetrični leksični dostop, kot je značilno za bilingviste, ki govorijo tuji uradni jezik (Costa in Santesteban, 2004). Govorniki, ki uporabljajo le materni jezik, se pri komunikaciji v dialektu obnašajo kot bilingvisti z nizkim nivojem znanja jezika. Pokazalo se je, da se razvije asimetrični leksični dostop zaradi vpliva inhibicije dominantnega maternega jezika, ki se pogosteje uporablja, kar se pozna pri priklicu zelene besede (Green, 1998).

Direktni dostop do jezikovnih podsistemov omogoča, da se izognemo »prevajanju« besede. Po nekaterih raziskavah povzroča učenje drugega jezika po »kritični dobi« nevrobiološke spremembe, ki so pomembne za učenje drugega jezika in podaljšano aktivacijo podsistemov za tuji jezik. Raziskave so pokazale, da kasnejše učenje tujega jezika povzroča konvergenco sistemov za prvi in drugi jezik ter da le-ti delujejo simultano (Gulberg in Indefrey, 2006). To vodi v »prevajanje«, saj je podsistem za tuji jezik povezan s podsistemom za materni jezik.

### 3.2.3 Leksični sistem

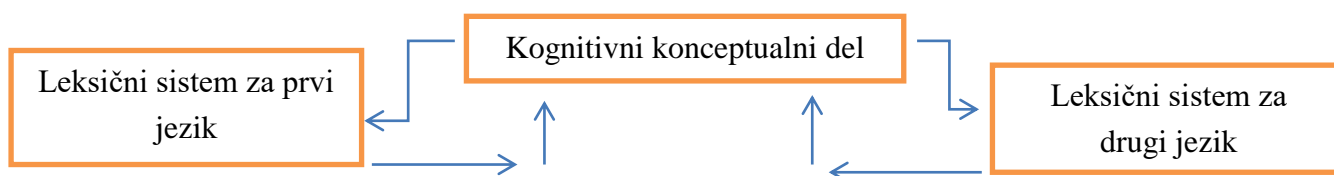
Menijo, da se leksični sistem pri dvojezičnih osebah, ki so se učile dveh jezikov do osmega leta starosti, razvija drugače kot pri ostalih. Nekateri so menili, da se nevrološko zgradi dva različna lingvistična sistema, ki sta povezana v dva konceptualna modula.



Paradis (2004) pa je menil, da se nevrološko zgradi en večji leksični sistem z enim konceptualnim modulom. Danes je razširjena ideja, da se nevrološko zgradi tridelni leksično-konceptualni sistem, ki ga sestavljata dva različna modula – vsak za svoj jezik – in en skupni konceptualni sistem za oba jezika (Abel, 2003).

Teorija zgodnjega učenja pravi, da osebe, ki se začnejo učiti tujega jezika, zelo zgodaj razvijejo tridelni leksični sistem, ki je sestavljen iz dveh različnih spominskih enot. Od teh dve služita za jezik (vsak jezik po eno enoto), eden pa predstavlja skupno konceptualno enoto. To jim omogoča, da imajo direkten dostop do kognitivnega-konceptualnega sistema obeh jezikov in se tako izognejo mentalnemu prevajanju. Model je predstavljen na sliki 3.01.

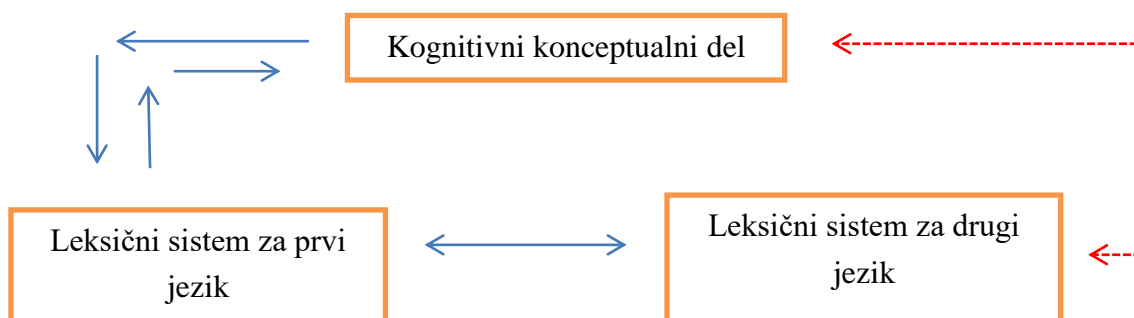
#### Zgodnje učenje tujega jezika



Slika 3.01 Leksični sistem in konceptualni sistem pri zgodnjih bilingvistih

Pri kasnejšem učenju tujega jezika se leksični sistem »kasnejšega jezika« posredno poveže z leksičnim sistemom maternega jezika. Ta pojav povzroči, da koncept tujega jezika gradimo preko sistema, ki je bil namenjen prvemu jeziku. Model je predstavljen na sliki 3.02.

#### Kasnejše učenje tujega jezika



Slika 3.02 Leksični sistemi in konceptualni sistem pri kasnejših bilingvistih

### 3.3 Učenje jezika in spomin

Marini (2008) definira jezik kot kompleksno kognitivno funkcijo, ki je odvisna od interakcije različnih nivojev procesiranja. Ti so: fenološki nivo, ki je pomemben za abstraktno kategorizacijo zvena jezika; besedni nivo, ki je sestavljen iz naučenega nabora besed in pragmatični nivo, kjer se besede in stavki povežejo s kontekstom in pomenom. Učenje jezika in govora je povezano z deklarativnim in s proceduralnim spominom, ki sta fizično in funkcijsko zelo različna. Proceduralni spomin – vrsta implicitnega spomina – se »nahaja« na sprednjemu delu bazalnega ganglija, ki je del parietalne skorje, zgornje temenske skorje in malih možganov (Ullman, 2001).

Proceduralni spomin pomembno vpliva na jezikovne kompetence. V otroških letih je le-ta povezan s procesom učenja jezika, saj pomembno vpliva na senzomotorične in kognitivne procese, kot je artikulacija besed in stavkov slišanih vhodnih informacij.

Deklarativni (eksplicitni) spomin je vgrajen v bilateralne mediane in temporalne strukture, vključno s hipokampalno regijo in parahipokampalno skorjo (Ullman, 2001). Ta vrsta spomina je povezana z zavednim in namenskim učenjem in je sestavljena iz dveh podkategorij spomina, tj. semantičnega in epizodnega dela.

Semantični del spomina je notranja enciklopedija jezika, ki vsebuje znanje o pomenu besed (pomen, zgodovinski dogodki).

Epizodični del spomina se nanaša na pretekle doživete dogodke, ki so se vtisnili v spomin in jih lahko zavedno priključimo. Ta lastnost omogoča, da se lahko nezavedno naučimo novih besednih zvez ter naglasa ali izgovorjave določene besede, saj se naučeno preko proceduralnega spomina zapiše in shrani v deklarativni spomin (Ullman, 2001).

Ko je omogočen dostop do leksičnega dela spomina, implicitni del avtomatično proizvede stavčne zveze (tematsko in strukturno), ki so koherentne govornemu jeziku. Naglas in izgovarjava postaneta avtomatizirana in proces se prenese v proceduralni spomin tako, da govorec podzavestno artikulira in govori.

#### 3.3.1 Proceduralni/ Deklarativni model

Ullmanov model (2004) razlaga, kako poteka učenje slovnice pri maternem in pri tujem jeziku. Raziskave so pokazale, da razvoj poteka po dveh različnih nevronske sistemih. Razvoj proceduralnega znanja, ki je namenjeno zaznavanju in izgovarjavi besed, poteka v fronto-striatalnem predelu možganov (predel Broca z bazalnimi gangliji), razvoj deklarativnega znanja pa v levem temporalnem predelu. Model razlaga, da je fronto-striatalni sistem namenjen sintaktičnim aspektom jezika (sestavlja besedne zveze v

razumljive stavke za govor in razčleni besedne zveze za lažje razumevanje pomena), medtem ko je temenski spominski sistem namenjen shranjevanju nepravilnih glagolov. Pretekle študije so pokazale, da je fronto-striatalni sistem glavni nevrološki center za morfološko sintaktično obliko procesiranja jezika (Tettamanti in drugi, 2002).

Ulman (2004) nadaljuje, da se materni jezik pridobi implicitno, po prirojenih mehanizmih, ki se aktivirajo pri določeni starosti. Tuji jezik pa je splošno naučen in poteka izrecno preko formalnega učenja. Greenova »kongruenčna« hipoteza (2003) pravi, da se razlika med maternim in tujim jezikom zabriše in izgine, ko govorec doseže dovolj visok nivo znanja.

Sakai in kolegi (2004) so predstavili študijo, ki je razložila mehanizme in razvoj nevronskega sistema med učenjem slovnice tujega jezika. Študija je potekala dva meseca na paru enojajčnih dvojčkov. Testiranca sta sodelovala na intenzivnem učenju angleških glagolov (pravilnih in nepravilnih oblik) kot delu obveznega učenja jezika. Raziskava je pokazala, da je kortikalna plastičnost za tuji jezik prisilila levi inferiorni frontalni vijugi, da se specializira za nov jezik. Te ugotovitve so vodile do spoznanja, da so kortikalni mehanizmi, namenjeni pridobitvi tujega jezika, enaki kot pri maternem jeziku, kar je v nasprotju s prej omenjenim proceduralnim/deklarativnim modelom.

### **3.3.2 Dejavniki, ki vplivajo na učenje tujega jezika**

Nekateri raziskovalci menijo, da se pri učenju tujega jezika nevroni, prvotno namenjeni za materni jezik, diferencirajo ter organizirajo v nov makro sistem. Na novo »ustvarjen« makro sistem deluje na enak način kot prvotni, le da se aktivira specifično na nov jezikovni kod oz. na nov jezik (De Bot in Kaplan, 2002).

Pri učenju tujega jezika je hitrost nevronske aktivacije in učinkovitost podsistemov odvisna od različnih faktorjev. Eden od pomembnih faktorjev je starost, v kateri smo se začeli učiti novega jezika. Če smo se začeli učiti tujega jezika v zgodnjih otroških letih, se aktivirajo nevropsihološki mehanizmi, značilni za obdelavo prvega (maternega) jezika. To lahko vodi do jezikovne kompetence (pisne in ustne), ki je primerljiva nivoju jezikovnega znanja v tujini rojenega govorca (native speaker). Pogostost izražanja v tujem jeziku in njegova uporaba pomembno vplivata na t. i. »možgansko aktivnost«, ki spodbuja nevrogenezo in nastanek nevroloških povezav, ki stimulirajo nastanek podsistemov v že razvitih modulih za jezik. Učinkovitost teh sistemov je odvisna tudi od oblike in točnosti sprejete informacije, saj si nevrološki podsistemi zapomnijo ter shranijo in obdelajo slišane ter vse druge informacije, ki smo jim bili izpostavljeni.

Nivo jezikovne kompetence lahko povečamo s pomočjo spontanega učenja jezika, torej brez predhodnega učenja, le z vplivom socialne interakcije. Tako se razvije višji nivo jezikovne kompetence in jezikovne pragmatičnosti. Institucionalno učenje tujega jezika vpliva na višji nivo metalingvistične komponente in komponente pragmatičnosti na račun nižjega razvoja govorne kompetence.

## 4 NEVROANATOMIJA IN NEVROFIZIOLOGIJA PRI GOVORU IN UČENJU JEZIKA/JEZIKOV

### 4.1 Organizacija jezika v možganih

Angleški nevrolog, J. H. Jackson (1884), je za raziskovanje organizacije jezika v možganih raziskovalcem predlagal, da se posvetijo možganskim strukturam po plasteh od temeljnih (prirojenih) do kompleksnih. Verjel je namreč, da se nevronske funkcije v možganih organizirajo po plasteh. Prve plasti naj bi bile namenjene osnovnim sposobnostim, ki se jim z razvojem dodajo nove plasti, ki se organizirajo za kompleksne naloge. Jackson je shematično razdelil možgane po funkcionalni organizaciji na tri plasti. Prva plast je namenjena *temeljnim funkcijam*, kot so dihanje, ritem srca, cikel spanja itd. Navedene funkcije so osnovne za preživetje človeka in jih najdemo tudi pri nekaterih živalih z enostavnimi možgani in pri novorojenčkih. Nevrološke strukture se nahajajo na evolucijsko starejših področjih (pons, mezencefalon). *Kompleksne funkcije*, kot so drža telesa, odgovor na nevarnost in vokalizacija (jok), so organizirani na sredinskih področjih možganov (mezencefalon, talamus, mali možgani, bazični gangliji, limbični sistem). *Zavedne funkcije*, kot so gibi telesa, »zavedni« govor, misli ter druge višje kognitivne funkcije, so organizirane na najmlajših evolucijskih možganskih področjih nevronskega sistema (možganska skorja). Jackson je menil, da višje možganske strukture izvajajo nadzor nad nižjimi strukturami in lahko zavirajo tudi njihovo delovanje. Za primer je vzel otroka, pri katerem mišice zapiralke (pri joku) najprej delujejo kot avtonomni sistem brez nadzora, kasneje pa jih otrok zavestno nadzoruje, kar mu omogoča zavedno uporabo jezika (socializacijo).

Študije so pokazale, da se nevroni, ki omogočajo govor, nahajajo v centralnem in perifernem nevronskega sistema. Periferni živčni sistem je pomemben, ker pošilja možganom senzorne informacije in nadzoruje organe, namenjene govoru, ter nadzoruje in usklajuje finomotorične centre. Jezikovni podatki iz višjih možganskih struktur se posredujejo naprej s pomočjo možganskih živcev. N. trigeminus (trovejni) živec je senzorični živec za obraz ter sluznico ustne in nosne votline. N. vagus (vagusni) živec in N. glossopharyngeus (glosofaringikusni) živec oživčujeta anatomsko povezana področja, zato sta obravnavana skupaj. Njuna motorična vlakna izhajajo iz skupnega jedra (Ncl. ambiguus), njihov večji del se pridruži N. vagusu, manjši N. glosofaringikusu. Oživčujejo progasto mišičevje mehkega neba, žrela, jabolka in dela požiralnika. N. hypoglossus (hipoglosus) je motorični živec jezika (Tetičkovič in sodelavci, 1997).

Preden senzorične informacije iz »periferije« prispejo do možganske skorje, se informacije reorganizirajo v jedru posameznega možganskega živca ter na območju talamusa. Tako jezikovna informacija doseže senzokortikalne centre, premotorične centre in na koncu še

motorične centre, ki prenesejo informacijo za motorični ukaz v mišice (grla, sapnika, jezika), npr. za premik ust.

Dve glavni področji za govor, ki se nahajata na levi polobli možganov, sta območje Broca in območje Wernicke. Broca center ali motorno govorno območje se nahaja na posteriornem inferiornem delu čelnega režnja tik pred primarno motorično skorjo, ki pošilja impulze v artikulatorne mišice obraznega dela (mišice grla, jezika). To območje (po Brodmanu 44) je pridobilo ime po francoskem nevrologu P. Broca, ki je na podlagi številnih študij opozoril, da je center za jezik na levi hemisferi. Območje Broca je sestavljeno iz dveh predelov, ki sta namenjeni razumevanju in artikulaciji govora. Sprednji del (*pars triangularis*) se povezuje z iniciacijo načrtovanja govorne aktivnosti in drugih sintaktičnih aspektov jezika (uporaba jezikovnih pravil). Naloga zadnjega predela (*pars opercularis*) je stimulacija in koordinacija artikulatornih organov, ki sodelujejo pri produkciji govora.

Območje Wernicke, ki ima pomembno vlogo pri razumevanju slišanih verbalnih sporočil, se nahaja na področju avditorne asociativne skorje leve hemisfere (po Brodmanu 22). Območje je odkril nemški nevrolog K. Wernicke. Pomembno je, saj vanj prihajajo slušne informacije, kjer se prevedejo. S pomočjo primarnega slušnega centra se sprejeta sporočila kasneje prevedejo v slišne dražljaje in jezikovne enote. Območje Wernicke je pomembna regija za konceptno sintezo in jezikovno razumevanje.

Začetek govora nastane na območju Wernicke, na katerem se informacije posreduje preko arkuatnega snopa aksonov (*arcuate fasciculus*). Ta omogoča povezavo med Brocovim in Wernickevim središčem, po katerem se jezikovna informacija iz območja Wernicke prenese v Brocovo območje, kjer se tvori sekvenca besed glede na pomen sporočila (Vuković, 2002). Leta 2005 so Catani in kolegi pokazali, da obstajata dve povezavi med območjem Wernicke in območjem Broca. Prva, »globoka povezava« (ang. *deep pathway*) neposredno povezuje obe območji. Druga, posredna »plitvejša povezava« (ang. *shallower pathway*) je sestavljena iz dveh segmentov. Sprednji segment povezuje čelni režnj s spodnjim parietalnim režnjem. Zadnji segment pa povezuje območje Wernicke s spodnjim parietalnim režnjem. Poškodba direktne povezave povzroči asociativno afazijo, kar se pozna kot nezmožnost ponovitve slišane besede, sposobnost razumevanja slišane besede ostane. Poškodba indirektna povezave pa poškoduje sposobnost pomenskega razumevanja besede. Ta ugotovitev je pomembna, ker kaže, da jezikovne informacije krožijo med različnimi regijami, v katerih se s pomočjo kratkoročnega spomina združijo glede na pomen.

Slišana besedna sporočila se prevedejo v slišnem režnju (primarnem avditivnem območju), ki posreduje informacije v območje Wernicke. Informacija je povezana s pomensko reprezentacijo, kasneje posredovano v območje Broca. V območju Broca se priključ

artikulacijski program, namenjen prepoznavanju besednih sopomenk. Sporočilo se posreduje v motorični reženj, kjer se sproži mišični odgovor (odgovor na slišano sporočilo).

Medtem ko so nižje možganske strukture namenjene prirojeni vokalizaciji, kot je jok, se nevrološki centri, ki so namenjeni priučeni vokalizaciji, kot je jezik, nahajajo v višjih možganskih strukturah. Povezava s perifernimi nevroni omogoča nadzor nad artikulatornimi mišicami obraznega dela; grla, jezika, ustnega neba, ustnic. Mesencefalonska sivina, ki se nahaja na zgornjem delu encefalične skorje, je v tesni povezavi z nevronskimi strukturami, ki so namenjene za občutljivost na bolečino. To omogoča, da ob bolečini avtomatično spregovorimo. Informacije glede jezika prehajajo iz sivine centralnega režnja, ki pridobi informacije iz hipotalamusa, amigdale (center za čustva), čelne cingularne skorje ter drugih somatosenzornih predelov skorje. Lateralni pons sprejme informacije ter jih posreduje v talamus, male možgane in artikulatorne mišice; ta distribucija ukazov bistveno poveča zmožnost vokalizacije. Centri anteriorne cingularne skorje so pomembni, ker vplivajo na čustva, ki so posledično povezana z motivacijo in realizacijo pri učenju govora. Bilateralna poškodba povzroči pri človeku mutavost. Oseba razume slišane besede, ampak ne more govoriti.

Lenneberg (1967) je zagovarjal, da so mlajši otroci sposobnejši učenja tujega jezika zaradi možganske elastičnosti, kar jim omogoča boljše rezultate pri učenju. Ameriški lingvist, J. Lamendella (1977), je tej razlagi nasprotoval, saj je temeljila na konceptu »kritične dobe«. Zato je uporabljal koncept »občutljive dobe« (sensitive period), ker je zagovarjal tezo, da se jezika lahko naučimo v zgodnjem otroštvu, kot tudi kasneje v odrasli dobi.

Asher and Price (1967) sta predstavila rezultate raziskave, ki so pokazali, da imajo najstniki in starejša skupina boljše rezultate pri učenju jezika kot mlajši otroci. Stern in sodelavci so dokazali, da ima začetek učenja pri enajstih letih boljši učinek, posledično se hitreje naučimo tujega jezika kot zgodnje učenje jezika, ki se začne pri osmih letih.

## 4.2 Nevrološke spremembe pri učenju tujega jezika

Mitchelli in kolegi (2004) so pokazali, da se možgani bilingvistov razlikujejo od možganov posameznikov, ki govorijo le en jezik. Bilingvisti imajo predvsem povečan volumen sivine v inferiornem parietalnem ventriklu (IPL). IPL velja za pomembno področje, namenjeno fonološkemu delovnemu spominu, leksikonskemu ter semantičnemu učenju. Znatna razlika se je pokazala tudi pri primerjavi zgodnjih bilingvistov, starih približno 5 let, in kasnejših bilingvistov, ki so se začeli učiti tujega jezika, stari od 10 do 15 let. Opazili so trend naraščanja sivine pri tistih bilingvistih z višjo stopnjo znanja tujega jezika (višji nivo

znanja, višji nivo sivine) in negativno korelacijo z začetno starostjo učenja tujega jezika (kolikor zgodnje je učenje, višji je nivo sivine). Kasneje so Lee in kolegi (2007) pokazali, da je poleg področja IPL pomembno tudi področje zadnjega supramarginalnega sulkusa (ang. posterior supramarginal sulcus, SMS), ki je namenjeno leksikonskemu učenju. Pokazalo se je, da se volumen sivine na tem področju sorazmerno povečuje s številom na novo naučenih besed.

Klein in kolegi (2008) so izvedli študijo, namen katere je bil dokazati povezavo med začetno starostjo učenja tujega jezika in spremembo debeline možganske skorje. Študijo so naredili na 88 udeležencih, od katerih je bilo 66 bilingvistov in 22 enojezičnih oseb. Stari so bili od 18 do 48 let; povprečna starost udeležencev je bila 26 let. V nasprotju s prejšnjimi študijami so pokazali, da simultano učenje maternega in tujega jezika ne povzroča nobenih pomembnih sprememb na možganih. Pomembne razlike so nastale, ko so preučevali posameznike, ki so se naučili tujega jezika kasneje, ko so že bili večji maternega jezika. Rezultati so pokazali, da obdobje, v katerem se posameznik začne učiti tujega jezika, vpliva na debelino možganske skorje. Kasneje kot se je posameznik začel učiti, bolj je narasla debelina leve inferiorne skorje in bolj se je tanjšala debelina možganske skorje na desnem predelu možganske skorje. Slednje kaže, da posamezniki, ki se učijo tujega jezika do 6 leta starosti, pri govoru uporabljajo obe možganski polobli. Kasnejšim bilingvistom se s starostjo vključenost desne poloble zmanjša in pojavi se izredna dominanca leve poloble. Ta pojav je pogost pri kasnejšem učenju in na začetni stopnji učenja tujega jezika.

Lemaitre in kolegi (2012) so pokazali, da se debelina možganske skorje zmanjša z leti učenja tujega jezika, kar se vidi na področju inferiorne frontalne vijuge (IFG). Izkazalo se je, da je vzrok za to v nevronskih mehanizmih. Simultano učenje tujega in maternega jezika v otroštvu povzroča majhne strukturne spremembe, kar se pozna na nizkem nivoju sivine, saj se tuji jezik razvija v možganskih strukturah, ki so bile prvotno namenjene maternemu jeziku. Povečana debelina možganske skorje in povečana gostota sivine pa sta posledici pridobitve novih jezikovnih znanj. Slednje vodi v razvoj novih specifičnih struktur, ki so temu namenjeni, npr. IFR in superiorna parietalna regija. Te spremembe stimulirajo nevrogenezo, kar je vidno kot povečan volumen sivine na tem področju. Podobne spremembe so vidne pri posameznikih, ki se na novo učijo različnih športov (npr. žongliranje); spremembe nastanejo le na specifičnih mestih, ki so namenjeni motoriki (Scholz in kolegi, 2009).



#### 4.2.1 Zakaj se poveča možganska aktivnost pri bilingvistih?

Vsak dan smo obkroženi z množico informacij. Večinoma se teh informacij niti ne zavedamo, ker smo vzpostavili psihološke mehanizme (filtre), ki omejijo vpliv okoljskih informacij in zmanjšajo kognitivne konflikte, ki nastanejo zaradi množice informacij. Izbira ciljnega jezika in izbira pravilne sintakse povzročata podobne kognitivne konflikte (Abutalebi in Green, 2007). Filter, ki zmanjša kognitivni konflikt pri izbiri ciljnega jezika, se nahaja na področju sprednje cingulate skorje (ang. anterior cingulate cortex, AAC) (Botvinick in kolegi, 2004).

Primer kognitivnega konflikta je izbira besed angleško-francoskega govorečega bilingvista, ki mora povedati, katero žival prepozna na sliki. Na sliki je mačka, po francosko »chat«, angleško »cat«. Ali bo beseda »chat« tekmovala s francoskimi besedami, ki so semantično podobne, npr. »chien«, kar pomeni pes ali »souris«, kar pomeni miš, ali bo beseda tekmovala s francosko besedo »chou«, kar pomeni zelje, ker je fonološko podobna beseda? Ali se bo aktiviral materni angleški jezik in bo semantično podobna beseda »dog«, kar pomeni pes?

Jezikovni nadzor je pojem, ki predstavlja tekmovanje med jezikovnimi pravili (lemami) maternega in tujega jezika (Green, 1998). Tekmovanje se konča le z inhibicijo ne-ciljnega jezika (Green, 1998). Inhibicija je zelo pogosta pri govorjenju v tujem jeziku, predvsem ko imamo nižji nivo znanja (Abutalebi in Green, 2007). Vpliv maternega jezika, ki deluje kot interferenca, zavira delovanje »šibkejšega« tujega jezika. Za pravilno uporabo tujega jezika moramo zavestno zavirati delovanje maternega jezika in njegovo interferenco (Grosjan, 1992).

#### 4.2.2 Zgodnje učenje tujega jezika

Wartenburg in drugi (2003) so na podlagi funkcionalne magnetne resonance (fMRI) pokazali, da posamezni bilingvisti, ki so bili izpostavljeni tujemu jeziku takoj po rojstvu ali v otroštvu, enako dobro uporabljajo stavčna pravila tako pri maternem, kot pri tujem jeziku. Razlika se je pokazala, ko so rezultate primerjali z bilingvisti, ki so se učili tujega jezika po 6. letu starosti. Za enako pravopisno nalogo v tujem jeziku so opazili višjo nevronske aktivacije, ki se je razširila na večji del možganov, namenjen jezikovnim funkcijam.

V primerjavi s fMRI raziskavo, uporaba 'event related potencial' (ERP), povezan z dogodkom, omogoča lažjo in bolj praktično merjenje možganskih aktivnosti pri dojenčkih in mlajših otrocih (Morenoa in drugi, 2008). Na podlagi ERP rezultatov in obrazne mimike dojenčkov so pokazali, da lahko otroci zaznavajo in razlikujejo različne jezikovne vhodne informacije (jezikovna diskriminacija), kot so na primer razlike v fonemih. Poleg tega pri enem letu zaznajo spremenjeno besedno zaporedje (Kuhl, 2004). Cheour in kolegi (1998) so z metodo 'mismatch negativity' (MMN), ki temelji na ERP metodi, pokazali, da se možganska aktivnost spremeni pri izrečenih samoglasnikih, ki ne sodijo v materni jezik. Raziskava je še pokazala, da se možganska aktivnost pri otrocih starih tri do šest let pojavlja po dveh mesecih izpostavljenosti (Cheour in drugi, 2002). To kaže na to, da se selektivna diskriminacija za določen jezik zgodi že zelo zgodaj v razvojnem procesu (Cheour in kolegi, 1998).

Novejša raziskovalna metoda, 'infrardeča spektrometrija' (near infrared spectrometry, NIRS), uporablja za merjenje možganske aktivnosti infrardečo svetlobo (700 nm do 2500 nm). NIRS je neinvazivna metoda, ki omogoča merjenje možganske aktivnosti ob uporabi jezikovnih funkcij pri dojenčkih in otrocih.

Študija (Hidaka in kolegi, 2012), ki je temeljila na NIRS metodi, je raziskovala vpliv tujega jezika na možgansko aktivnost pri starosti od 3 do 5 let. Vključenih je bilo 22 mlajših predšolskih otrok, starih od 47 do 57 mesecev, od tega 14 deklet in 8 fantov, 13 starejših predšolskih otrok, starih od 60 do 71 mesecev, od tega 6 deklet in 7 fantov, ter 16 odraslih oseb, starih od 20 do 25 let, od tega 12 deklet in 4 fantje. V raziskavi so primerjali možgansko aktivnost pri poslušanju materinega jezika (japonščina), tujega jezika (angleščina) in nepoznanega jezika (kitajščina). Kitajščina je bila vključena v študijo zaradi redke izpostavljenosti jeziku in težjega razumevanja. Vsi navedeni jeziki so bili vključeni pri pripovedovanju pravljice »Ogromna repa« (The gigantic turnip).

Zgodba je bila predstavljena s prikazovanjem slik in besedilo je bilo predvajano v treh jezikih, ki so bili posneti v materinem jeziku govorcev. Sestavljena je bila iz petnajstih delov, ki so se razdelili še v tri manjše dele. Vsi manjši deli zgodbe so bili predstavljeni v drugem jeziku in so se naključno izmenjevali. Študija je pokazala, da pri mlajših predšolskih otrocih, izpostavljenih tujemu jeziku (angleščini) v obdobju enega leta, ne pride do pomembnejših razlik v možganski aktivnosti. Če pa so bili dve leti izpostavljeni angleškemu jeziku starejši predšolskih otroci, so opazili povečano aktivnost na bilateralnem frontalnem področju. Navedeni rezultati kažejo na to, da se vpliv tujega jezika pokaže po izpostavljenosti le-temu najmanj dve leti ter da se nevrološki temelji za procesiranje tujega jezika zgradijo že v razvojnem obdobju od 3 do 5 let (Sakai, 2005).

#### 4.2.3 Biološka predispozicija za tuji jezik

S pomočjo funkcionalne magnetne resonance so pokazali, da obstajajo individualne razlike pri nevrnalni aktivnosti med osebami, ki so se začele učiti tujega jezika (Yang in drugi, 2014). Individualne razlike v nevrnalni aktivaciji in oblika aktiviranega možganskega vzorca (povečana možganska aktivnost v nekaterih predelih) lahko v nekaterih primerih napovejo tudi končni nivo jezikovnega znanja, še preden se jezikovno učenje sploh začne. Individualne razlike so povezane z različnimi kognitivnimi procesi, kot je delovni spomin in kognitivni nadzor; razlike se odražajo v razlikah, vezanih na možgansko aktivacijo v sprednjem delu možganov.

Wong (2007) je na podlagi prejšnjih študij ugotovil, da se »uspešni učenci« razlikujejo od »manj uspešnih« po različnem nevrnalnem vzorcu, ki nastane ob uporabi tujega jezika. Uspešni učenci so pokazali povečano aktivacijo v levi posteriorni vijugi (STG, t.i. Broca območje 22). Pri manj uspešnih učencih so opazili bolj razpršeno aktivnost na desni strani STG in desni IFG ter v frontalnem in temporalnem režnju. Rezultati so pokazali, da je bil vzorec aktivacije prisoten, še preden so začeli s testiranjem.

Vpliv jezikovnega treninga na možgane so izmerili tako, da so primerjali aktivnost v dveh intervalih; pred testiranjem in po testiranju (po opravljeni besedni nalogi). Primerjava s testno skupino je pokazala, da so učenci, ki so opravljali besedne naloge, kazali zmanjšano aktivacijo v bilateralni medialnem delu možganov, v sprednji cingularni skorji, v aktivaciji insule ter v sprednji temporalni vijugi (temporal gyrus) (po Brodmanu 22). Zmanjšana aktivacija v možganih kaže na kristalizacijo povezav med pomembnimi centri za razumevanje jezika, kar se je pokazalo kot zmanjšanje difuzne aktivnosti ter hitrejši odgovor na zahtevano informacijo (Patel in drugi, 2013).

#### 4.2.4 Specializacija možganske poloble

Študije, ki raziskujejo povezavo med jezikovnimi procesi in možgani, segajo v leto 1861, ko je Pierre P. Broca leta 1861 odkril, da se jezikovne funkcije večinoma nahajajo v levi možganski hemisferi. Študija Geschwind in Galaburda (1987) je pokazala, da so jezikovna področja na levi in desni možganski polovici (hemisferi) strukturno asimetrična; leva hemisfera ima območje Broca in ima v procesiranju jezikovno dominantno vlogo (Galaburda in drugi, 1987). S pomočjo pozitronske emisijske tomografije (PET) so pokazali, da je vzrok za specializacijo leve možganske poloble za jezikovne funkcije strukturna razlika med levo in desno poloblo (Zatorre in Belin, 2001). Kasnejše anatomske študije so navedene izsledke potrdile in odkrile, da ima leva polobla (v primerjavi z desno) večje piramidalne celice in večje mielizirane aksone, kar omogoča hitrejše in učinkovitejše procesiranje jezikovnih informacij (Hustler, 2003).

Danes je splošno znano, da v zdravih posameznikih potekajo jezikovni procesi v levi možganski polobli (Springer in kolegi, 1999). Po različnih afazijah, ki so posledica možganske kapi ali drugih bolezni, lahko desna hemisfera s pomočjo možganske plastičnosti prevzame nekatere jezikovne sisteme.

Izvor in vzrok za specializacijo leve poloble za jezik še danes ostaja neznanka. Nekateri avtorji menijo, da je jezik genetsko pogojen, kar povzroča, da so nevrnske povezave, namenjene jeziku, že prisotne pri rojstvu in da so jezikovne funkcije biološko že razvite na levi polobli (Glasser in Van Essen, 2011). Drugi menijo, da se specializacija možganov dogaja postopoma v času otroštva s pomočjo izpostavljenosti jezikovnim dražljajem iz okolja (Wood in kolegi, 2004).

#### 4.2.5 Specializiranost možganov glede na jezik

Različne študije so pokazale, da se leva možganska polobla bolje odziva na materni jezik (native language) kot na tuji jezik in na nejezikoslovne dražljaje tako pri mlajših kot pri starejših (Paquette in kolegi, 2015). Študija Vannasinga in kolegov (2016) je primerjala zgodnji jezikovni razvoj in možgansko specializacijo pri uporabi maternega jezika, tujega jezika in nejezikovnih dražljajev. V raziskavi je sodeloval otrok star en dan, kar je zmanjšalo vpliv okolja za razvoj jezikovnih struktur in vpliva na lateralizacijo možganske poloble. Raziskava je pokazala, da se možgani otroka že po nekaj urah po rojstvu odzivajo specifično, glede na to, ali je slišan zvok jezika (tuji ali materin) in ali je slišan zvok nenavaden (v raziskavi so uporabili nazaj predvajan francoski in arabski jezik). Procesiranje maternega jezika je bilo aktivnejše v levem kot v desnem temenskem predelu. Slednji je bil dejavnejši ob predvajanju tujega jezika in nenavadnega zvoka. Raziskava je pokazala, da je specializacija leve poloble prisotna že ob rojstvu, in na lateralizacijo

procesiranja različnih zvokov (materni jezik: preferenca leve poloble, drugi jezik: desna polobla).

Raziskava, ki so jo izvedli Telkemeyer in kolegi (2009), je pokazala, da pri otrocih starih 2–6 dni obdelava počasnih moduliranih slišnih signalov, kot so intonacija, naglas ali poudarna zveza pri jeziku, preferenčno poteka v desni polobli; obdelava hitrejših akustičnih modulacij, posebno fonemov pa v levi polobli. Bauchemin in kolegi (2011) so dokazali, da otroci že po rojstvu lahko razlikujejo med glasom matere in tujim glasom že po eni izrečeni črki, v tem primeru je bila črka A. Slišan dražljaj je navadno obdelan v levi polobli za materin glas in v desni polobli za glas tujca. Študiji kažeta na to, da novorojenčki lahko prepoznajo domače jezikovne stimulacije, kot je materin zvok ali jezik, ki je obdelan v posebno namenjenem nevronskega sistema v levi možganski polobli.

Študija iz leta 2013, ki je uporabljala metodo fNIRS – funkcionalna infrardeča spektrometrija (ang. »functional near infrared spectrometry«), je pokazala tudi pri nedonošenčkih (28–32 teden) višjo možgansko delovanje pri zlogovnih dražljajih (BA, GA) v levih temenskih regijah kot v desnih. Rezultati raziskave kažejo na to, da so še nerazviti otroški možgani občutljivi na foneme in glasove, še preden je končana kortikalna organizacija možganov (Mahmoudzadeh in drugi, 2013).

#### **4.2.6 Kako vpliva večjezičnost na kognitivni razvoj**

Raziskovalci so dokazali, da določena stopnja razvoja jezikovnega področja povzroča kognitivni razvoj tudi na podobnih področjih, ki se uporabljajo za podobne sposobnosti (Kimball in Holyoak, 2000). Različne študije so potrdile, da dvojezičnost in večjezičnost vodita do kognitivnega razvoja (Poulin-Dubois in kolegi, 2013). Razvijajo se kognitivne sposobnosti, kot je možganska prožnost, ki omogoča reševanje več nalog naenkrat. Pozitivna korelacija se je pokazala pri nalogah, pri katerih se mora oseba prilagoditi novim okoliščinam in sprotno spreminjati miselni tok. Osebe so se zelo dobro odrezale pri reševanju Wisconsinovega kartnega razvrščanja (ang. Wisconsin Card Sorting Test) (Prior, 2010).

Bialystok in kolegi so razložili, da so te prilagoditve posledica potrebe po nadzoru izbirnega ciljnega jezika. Posledično se razvije kognitivni nadzor (ang. cognitive control) (Bialystok in Barac, 2012). Kognitivni nadzor je na splošno povezan z usklajenostjo misli in dejanj glede na notranje cilje (Koechilin in drugi, 2003). Večjezičnost ni le povezano s kognitivnim razvojem, ampak tudi s spremembami v možganskih strukturah (Mechelli, 2012).

Raziskava kognitivnega nadzora (Becker in kolegi, 2016) je zajemala populacijo profesionalnih prevajalcev, ki so simultano ali zaporedno prevajali pogovore in prevajalce, ki so prevajali besedila. Predvidevali so, da čas, ki ga nekdo potrebuje pri prevajanju, ko govorec preneha govoriti, in pri simultanem prevajanju, ko oseba posluša določen jezik in ga skladno prevede v drug jezik, vpliva na kognitivni razvoj. Rezultati kažejo pri simultanih prevajalcih kognitivne prilagoditve na dveh nejezikovnih področjih v primerjavi z ostalimi raziskovalnimi skupinami. Simultani prevajalci se hitreje odzovejo pri dvojnih nalogah (dual-task condition), ko je bil interval med nalogama 50 ms in 400 ms, kar kaže na kognitivno prilagoditev na simultano opravljanje dveh nalog. Na podlagi računalniških tehnologij, kot so vokselska *morfometrija* (Voxel-based morphometry), MRI in fMRI so znanstveniki dokazali, da simultano prevajanje povzroča povečanje nivoja sivine v levem sprednjem režnju (Brodmann območje 10).

Dodatne raziskave so pokazale, da je leva sprednječelna skorja (ang. frontotemporal cortex, FPC) močnejše funkcionalno povezan z levo spodnječelno vijugo (ang. inferior temporal gyrus, IFG), kar naj bi pojasnilo kognitivne sposobnosti.

## 5 ZAKLJUČEK

Namen zaključne naloge je bil predstaviti vse vidike, ki vplivajo na učenju tujega jezika in interakcijo z maternim jezikom. Zgodovinski pregled nam prikazuje nasprotujoča si mnenja glede osvojitve jezika. V preteklosti so verjeli, da človeški možgani niso sposobni učenja in pomnjenja drugih jezikov razen maternega. Danes vemo, da učenje tujega jezika vpliva na možgansko plastičnost in na kognitivni sistem.

Ugotovili smo, da učenje tujega jezika poveča volumen sivine na področju inferiornega parietalnega ventrikla (pomembno področje za jezik), ki sorazmerno narašča s številom novo osvojenih besed. V nadaljevanju smo potrdili, da zgodnje učenje tujega jezika bistveno izboljša možgansko prilagoditev.

Ugotovili smo da simultano usvajanje tujega jezika ne povzroča nobenih večjih kognitivnih sprememb, saj se tuji jezik razvije v jezikovnih strukturah za materni jezik. Pri preverjanju možganske aktivacije smo ugotovili, da zgodnji bilingvisti uporabljajo nižjo možgansko aktivacijo. Menimo, da je vzrok tega bolj osredotočeno delovanje možganov na pomembna možganska področja za jezik.

Ugotovili smo, da obstajajo individualne razlike med posamezniki pri nevralni aktivnosti pri vprašanju biološke predispozicije za dvojezičnost pri človeku, in sicer je aktivnost pri uspešnejših učencih bolj usmerjena v levo posteriorno vijugo (STG), pri drugih je bolj razpršena.

Ugotovili smo tudi, da se možgani odzivajo specifično na slišan zvok že nekaj ur po rojstvu. Poznan zvok, kot je materin glas, se je procesiral v levi polobli, nepoznan glas oz. tuji glas pa v desni polobli. Menimo, da so domneve o kasnejši lateralizaciji možganov zaradi tujega jezika napačne, saj je anatomsko leva hemisfera drugačna od desne, saj ima večje piramidalne celice in večje mielizirane aksone za hitrejšo in učinkovitejšo obdelavo slišanih informacij.

Na podlagi zbranih ugotovitev menimo, da bi bilo potrebno uvesti tuji jezik že prej v učni sistem in sicer v starostno obdobje med tremi in petimi leti. Ravno tako bi predlagali uvedbo učenja tujega jezika z rojenim govorcem (ang. native speaker), ki bi učil mlade dvojezičneže pravilne obrazne mimike, intonacije (naglasa) in izgovarjave. Po ugotovitvah je za otroke tako pomembna slušno pravilna izgovarjava besed, kot vizualno pravilno nakazana beseda.

## 6 LITERATURA IN VIRI

Abel, B. (2003). English Idioms in the First Language and Second Language Lexicon: A Dual Representation Approach. *Second Language Research*, 19, 329–358.

Abutalebi, J. in Green, D. (2007). Bilingual language production: The neurocognition of language representation and control. *The Journal of Neurolinguistic*, 20, 242–275.

Asher, J. in Price, B. (1967). The learning strategy of total physical response: Some age differences. *Child Development*, 38, 1219–1227.

Beauchemin, M., Gonzales-Frankenberg, B., Tremblay, J., Vannasing, P., Martinez-Montes, E., Belin, P. in Lassonde, M. (2011). Mother and stranger: an electrophysiological study of voice processing in newborns. *Cerebral Cortex*, 21(8), 1705-1711

Becker, M., Schubert, T., Strobach, T., Gallinat, J. in Kuhn, S. (2016). Simultaneous interpreters vs. professional multilingual controls: Group differences in cognitive control as well as brain structure and function. *Neuroimage*, 134, 250-260.

Bialystock, E., Craick, F. I. M. in Luk, G. (2012). Bilingualism: consequences for mind and brain. *Trends in Cognitive Science*, 16, 240–250.

Bialystok, E. in Barac, R. (2012). Emerging bilingualism: Dissociating advantages for metalinguistic awareness and cognitive control. *Cognition*, 122(1), 67-73.

Bialystok, E. in Barac, R. (2013). Cognitive effects. V F. Grosenjan (ur.), *The psycholinguistic of bilingualism* (192-213). New York, NY: John Wiley in Sons, Inc.

Bloomfield, L. (1933). *Language*. New York. Holt, Reinehart and Winston.

Borg, S. (2009). *Učenje in poučevanje dodatnih jezikov v otroštvu*. Zavod Republike Slovenije za šolstvo, Ljubljana.

Botvinick, M. M., Cohen, J. D. in Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences - Cell*, 8, 539-546.

Cardona, M. (2001). *Il ruolo della memoria nell'apprendimento delle lingue*. Utet Università, Torino.



Catani, M. in Jones, D. K. (2005). Perisylvian language networks of the human brain. *Annals of Neurology*, 57(1), 8–16.

Cheour, M., Ceponiene, R., Lehtokoski, A., Luuk, A., Allik, L., Alho, K. in Naatanen, R. (1998). Development of language-specific phoneme representations in the infant brain. *Nature Neuroscience*, 1, 351–353.

Cheour, M., Shestakova, A., Alku, P., Ceponiene, R. in Naatanen, R. (2002). Mismatch negativity shows that 3-6-year-old children can learn to discriminate non-native speech sounds within two months. *Neuroscience Letters*, 14, 187–190.

Chomsky, N. (1964). *Current issues in linguistic theory*. The Hague: Mouton.

Chomsky, N. (1965). *Aspects of the Theory of Syntax*. Cambridge: The MIT Press.

Costa, A. in Santesteban, M. (2004). Lexical access in bilingual speech production: Evidence from language switching in highly proficient bilinguals and L2 learners. *Journal of Memory and Language*, 50, 491–511.

De Bot, K. (2002). Cognitive Processing in Bilinguals: Language Choice and Code Switching. V R. B. Kaplan (ur.), *The Oxford Handbook of Applied Linguistics* (287–300). Oxford.

Edwards, J. V. (2004). Foundations of bilingualism. V T. K. Bhatia in W.C. Ritchie (ur.), *The handbook of bilingualism* (7–31). Malden, MA : Blackwall.

Galaburda, A. M., LeMay, M., Kemper, T. L. in Geschwind, N. (1987). Right-left asymmetric in the brain. *Science*, 199(4331), 852–856.

Geschwind N. in Galaburda, A. M. (1987). *Cerebral Lateralization: biological mechanisms, associations and pathology*. Cambridge.

Glasser, M. F. in Van Essen, D. C. (2011). Mapping human cortical areas in vivo based on myelin content as revealed by T1 and T2- weighted MRI. *The Journal of Neuroscience*, 31 (32), 1597–1161.

Green, D. W. (1998). Mental Control of the Bilingual Lexico-Semantic System. *Bilingualism: Language and Cognition*, 1, 67–81.

Green, D. W. (1998). Understanding the link between bilingual aphasia and language control. *Journal of Neurolinguistics*, 21(6), 558–576.

Grosjean, F. (1999). Individual bilingualism. V B. Spolsky (ur.), *Concise Encyclopedia of Educational Linguistics* (284–290). London: Elsevier.

Grosjean, F. in Li, P. (2013). *The psycholinguistics of bilingualism*. New York.

Gullberg, M., in Indefrey, P. (2006). *The cognitive neuroscience of second language acquisition*. Malden, MA: Blackwell.

Harley, B., Stern, H. H. in Burstall, C. (1975). *French from age eight or eleven?* Toronto: Ontario Institute for Studies in Education.

Hidaka, S., Shibata, H., Kurihara, M. in Tanaka, A. (2012). Effect of second language exposure on brain activity for language processing among pre-schoolers. *Neuroscience Research*, 73, 73–79.

Hustler, J. J. (2003). The specialized structure of human brain language cortex: pyramidal cell size symmetries within auditory and language-associated regions of the temporal lobes. *Brain and Language*, 86(2), 226–242.

Jackson, J. H. (1884). Evolution and dissolution of the nervous system. *The British Journal of Psychiatry*, 33(141), 25–48.

Kimball, D. R. in Holyoak, K. J. (2000). Transfer and expertise. V E. Tulving in F. I. M. Craik (ur.), *The Oxford handbook of memory* (109-122). New York: Oxford University Press.

Klein, D., Mok, K., Chen, J. K. in Watkins, K. E. (2008). Age of language learning shapes brain structure: a cortical thickness study of bilingual and monolinguals. *Brain and Language*, 131, 20-24.

Koechelin, E., Ody, C. in Kouneiher, F. (2013). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302 (5648), 1181-1185.

Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 831–843.

La Heij, W. (2005). Selection processes in monolingual and bilingual lexical access. V J. F. Kroll in A. M. B. de Groot (ur.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches* (289-307). New York : Oxford University Press.

Lambert, W. E. (1974). Culture and language as factors in learning and education. V F. E. Aboud in R. D. Meade (ur.), *Cultural factors in learning and education* (91-122). Bellingham, WA: Fifth Western Washington Symposium on Learning.

Lamendella, J. T. (1977). General principles of neurofunctional organization and their manifestation in primary and nonprimary language acquisition. *Language learning*, 27, 155–196.

Lee, H., Devlin, J. T., Shakeshaft, L. H., Brennan, A., Glensman, J., Pitcher, K. in drugi (2007). Anatomical traces of vocabulary acquisition in the adolescent brain. *Journal of Neuroscience*, 27(5), 1184–1189.

Lemaitre, H., Goldman, A. L., Sambataro, F., Verchinski, B. A., Meyer-Lindenberg, A., Weinberg, D. R. in Mattay, V. S. (2012). Normal age-related brain morphometric changes: nonuniformity across cortical thickness, surface area and grey matter volume. *Neurobiology of Aging*, 33(3), 1–9.

Lenneberg, E. H. (1967). *The biological foundations of language*. New York: Wiley.

Mahmoudzadeh, M., Dehaene-Lambertz, G., Fournier, M., Kongolo, G., Goudjil, S., Doubois, J. in Wallois, F. (2013). Syllabic discrimination in premature human infants prior to complete formation of cortical layers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(12), 4846–4851

Mechelli, A., Crinion, J. T. in Noppeney, U. (2004). Structural plasticity in the bilingual brain : prophecy in a second language and age at acquisition affect grey matter density. *Nature*, 43(7010), 757.

Moreno, E. M., Rodriguez-Fornells, A. in Laine, M. (2008). Event-related potentials (ERPs) in the study of bilingual language processing. *The Journal of Neurolinguistic*, 21, 477-508.

Patel, R., Spreng, R. N. in Turner, G. R. (2013). Functional brain changes following cognitive and motor skills training a quantitative meta-analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(3), 178-199.

Poulin-Dubois, D., Bialystok, E., Blaye, A., Polonia, A. in Yoll, J. (2013). Lexical access and vocabulary development in very young bilinguals. *The International Journal of Bilingualism: Cross-Disciplinary, Cross-Linguistic Studies of Language Behaviour*, 17(1), 57-70.

Paquette, N., Lassonde, M., Vannasing, P., Tremblay, J., Gonzalez-Frankenberg, B., Florea, O. in Gallagher, A. (2015). Developmental patterns of expressive language hemispheric lateralization in children, adolescent and adults using functional near-infrared spectroscopy. *Neuropsychologia*, 1, 7.

Paradis, M. (2004). *A neurolinguistic Theory of Bilingualism*. Amsterdam: John Benjamins.

Pearl, E. in Lambert, W. E. (1962). The relation of bilingualism to intelligence. *Psychological Monographs*, 76, 1–23.

Piaget, J. (1936). *Origins of intelligence in the child*. London: Routledge & Kegan Paul.

Prior, A. in MacWhinney, B. A. (2010). bilingual advantage in task switching. *Bilingualism: Language and Cognition*, 13(2), 253–262.

Sakai, K. L., Miura, K., Narafu, N. in Muraiski, Y. (2004). Correlated functional changes of the prefrontal cortex in twins induced by classroom education of second language. *Cerebral Cortex*, 14, 1233–1239.

Sakai, K. L. (2005). Language acquisition and brain development. *Science*, 310, 815–819.

Sakai, K. L., Miura, K., Narafu, N. in Muraishi, Y. (2004). Correlated functional changes of the prefrontal cortex in twins induced by classroom education of second language. *Cerebral Cortex*, 14, 1233–1239.

Scholz, J. in Klein, M. C., Behrens, T. E., in Johansen-Berg, H. (2009). Training induces changes in white-matter architecture. *Nature Neuroscience*, 12, 1380–1371.

Schulpen, B., Dijkstra, T., Schriefers, H. J., in Hasper, M. (2003). Recognition of interlingual homophones in bilingual auditory word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 1155-1178.

Skela, J. in Fojkar, D. (2012). *Presek teorij učenja in poučevanja drugega/tujega jezika v otroštvu*. Ljubljana : Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Skinner, B. F. (1957). *Verbal Behaviour*. Action, MA: Copley Publishing Group.

Skrbiš, M. (2000). Sodobni pogled na dvojezičnost. *Otrok in družina*, 9(12), 26–27.

Springer, J. A., Binder, J. R., Hammeke, T. A., Swanson, S. J., Frost, J. A., Bellgowan, P. S. in Mueller, W. M. (1999). Language dominance in neurologically normal and epilepsy subjects: a functional MRI study. *Brain*, 122, 2033–2046.

Telemeyer, S., Rossi, S., Koch, S. P., Nierhaus, T., Steinbrink, J., Poeppel D. in Wartenburger, I. (2009). Sensitivity of newborn auditory cortex of the temporal structure of sound. *Journal of Neuroscience*, 29(47), 14726–14733.

Tetamanti, M., Alkadhi, H. in Moro, A. (2002). Neural correlates for the acquisition of natural language syntax. *NeuroImage*, 17, 700–709.

Tetičkovič, E. in sodelavci (1997). *Klinična nevrologija*. Maribor: Obzorja.

Ullman, M. T. (2001). A neurocognitive perspective on language: The declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 717–726.

Ullman, M. T. (2001). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(1), 38–69.

Ullman, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231–270.

Vannasing, P., Florea, O. in Gonzalez-Frankenberg, B. (2016). Distinct hemispheric specializations for native and non-native languages in one-day old newborns identified by fNIRS. *Neuropsychologia*, 84, 63–69.

Vigotskij, L. S. (2010). *Mišljenje in govor*. Ljubljana: Pedagoška fakulteta.

Vuković, M. (2002). *Afaziologija*, Beograd :SD Public.

Wood, A. G., Harvey, A. S., Wellard, R. M., Abott, D. F., Anderson, V., Kean, M. in Jackson, G.D. (2004). Language cortex activation in normal children. *Neurology*, 63(6), 1035–1044.

Wong, P. C. M., Perrachione, T. K. in Parrish, T. B. (2007). Neural characteristic of successful and less successful speech and word learning in adults. *Human Brain Mapping*, 1006, 995–1006.

Wartenburger, I., Heekeren, H. R., Abutalebi, J., Cappa, S. F., Villringer, A. in Perani, D. (2003). Early setting of grammatical processing in the bilingual brain. *Neuron*, 37, 159–170.

Yang, J., Gates, K., Molenaar, P. in Li, P. (2014). Neural changes underlying successful second language word learning : An fMRI study. *Journal of Neurolinguistics*, 33, 29-49

Zatorre, R. J. in Belin, P.(2001). Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cerebral Cortex*, 11, 946–995.