
UDK 616.89:801.4
801.42:616

Pregledni znanstveni rad

Prihvaćeno 10.04.1997.

Vesna Mildner
Filozofski fakultet, Zagreb

REPREZENTACIJA JEZIČNIH I GOVORNIH PROCESA U MOZGU

SAŽETAK

U radu je raspravljena neurobiološka osnova jezičnih i govornih funkcija na temelju podataka o kliničkoj i zdravoj populaciji. Opisana su i tri modela reprezentacije jezičnih i govornih procesa u mozgu i raspravljene njihove prednosti i nedostaci. Navedeni su dokazi o aktivnosti desne hemisfere tijekom jezično-govornih operacija.

Ključne riječi: *neurolingvistika, lateralizacija, dominantna hemisfera, nedominantna hemisfera, neurolingvistički modeli*

UVOD

Već 1836. godine M. Dax je zapazio da od njegovih četrdesetak pacijenata s oštećenjem mozga i posljedičnim govornim problemima nijedan nije imao ozljedu mozga ograničenu na desnu hemisferu. P. Broca je 1861. godine iznio rezultate obdukcije mozga dvojice, a poslije još sedmero afazičnih pacijenata, koji su svi imali ozljede lijeve moždane hemisfere i to u području frontalnog režnja, ispred motoričkog područja. Iako se 19. stoljeće smatra vremenom početka opisivanja moždanih funkcija, već se iz opisa afazičnih teškoća iz 17. stoljeća moglo zaključiti da je lijeva hemisfera specijalizirana za jezik (Whitaker, 1995). Jedan od razloga što se o ekspresivnom obliku jezika, dakle proizvodnji govora pisalo prije negoli o receptivnom (razumijevanju/percepciji) jest taj što se do 60-tih godina prošlog stoljeća smatralo da samo govorna proizvodnja pripada jeziku, dok je razumijevanje govora bilo u području filozofije i religije, jer se podvodilo pod pojam uma (Whitaker, 1995). Uskoro je ustvrđeno da je lijeva hemisfera dominantna za jezik općenito, a ne samo za proizvodnju govora. Istraživanja su pokazala da pacijenti s oštećenjem lijeve hemisfere imaju teškoća u čitanju, pisanju i razumijevanju govora, za razliku od onih koji su imali oštećenja desne moždane hemisfere. Također se pokazalo da je i apraksija posljedica oštećenja lijeve hemisfere. Na temelju tih nalaza lijeva je hemisfera nazvana dominantnom, budući da se pokazalo da ima posebnu ulogu u kontroli svih složenih bihevioralnih i kognitivnih procesa.

Krajem 50-tih godina ovog stoljeća utvrđena je veza između dominantne ruke i jednostranom ozljedom izazvane afazije. Pokazalo se da je lijeva hemisfera dominantna za govor u gotovo svih dešnjaka i u većine ljevorukih osoba. Kasniji testovi amobarbitalom pokazali su da su ti postoci doista vrlo visoki (92% za dešnjake i 69% za ljevoruke), a Kimurini testovi dihotičkog slušanja (Kimura, 1961) pokazali su odgovarajuće rezultate za zdravu populaciju.

Da postoje posebne anatomske karakteristike područja mozga uključenih u jezično funkcioniranje, ustvrđio je Geschwind (1965, prema Caplan, 1988) zbog međupovezanosti asocijativnih zona različitih osjetnih modaliteta u donjem dijelu parijetalnog režnja, oko Sylvijeve brazde, koje je on smatrao ključnim za imenovanje predmeta. Opći stupanj razvoja toga dijela korteksa s obzirom na mijelinizaciju i citoarhitektonsku građu različitu od okolnih tkiva također upućuje na posebnost tog područja. Koliko je poznato to je područje u službi jezika bez obzira na to o kojem se jeziku radi, metodi učenja, broju jezika kojima osoba vlada, pismenosti ili bilo koji utjecaj iz okoline. Takva je građa genetski uvjetovana, ali s individualnim varijacijama. Općenito izgleda da su krajnje izvršenje i rana osjetna registracija uže lokalizirani nego apstraktni aspekti, koji su reprezentirani u širem području, a i varijacije među pojedincima su veće (Caplan, 1988).

Istraživanjima koja su uključivala podraživanje različitih točaka moždane kore ustvrđeno je da su točke pokretanja mišića usana i lica iste kao i točke za

identifikaciju fonema, što govori u prilog motornoj teoriji percepcije govora (Liberman i sur., 1967, prema Bradshaw i Nettleton, 1983), prema kojoj se govor razumije putem pokreta potrebnih da bi se proizveli čujeni glasovi, a ne putem samih glasova. Penfield i Roberts (1959, prema Bradshaw i Nettleton, 1983) nazvali su taj dio mozga "područjem za kontrolu glasa". Dakle, govor i razumijevanje jezika čine jedinstven sustav. S obzirom na taj sustav, Premack i Premack (1994) pokazali su pokusima s čimpanzama i promatranjem razvoja govora u djece da razumijevanje i proizvodnja počinju kao odvojeni sustavi, ali postanu ujedinjeni na osnovi čak vrlo ograničenog iskustva. Iako ograničeno, to je iskustvo nužan uvjet da pokrene ujedinjenje tih dvaju sustava. Ojcmann (1994) je također našao da obrada jezika, čak bez stvarne proizvodnje, uključuje motoričke mehanizme. Taj odnos nije tako jednostavan kako to na prvi pogled izgleda. Bilježenje neuronske aktivnosti pokazuje da nisu iste stanice odgovorne za percepciju i proizvodnju govora, čak i ako se radi o istoj riječi koju treba percipirati i proizvesti. Sustav za slušnu percepciju jezika isključuje se nakratko tijekom proizvodnje govora. Ojemann (1994) pretpostavlja da blizina neurona povezanih s percepcijom, odnosno s proizvodnjom objašnjava nalaze pokusa s podražavanjem, koji na taj način postaju dio mreže, sa svojstvima koja nemaju pojedinačne stanice.

Prema Batesu (1994) istraživanja sve više pokazuju da je jezično znanje široko predstavljeno u odraslom mozgu. Iako neka područja doduše igraju važniju ulogu od nekih drugih u samoj jezičnoj aktivnosti, znanje kao takvo nije striktno lokalizirano. Gazzaniga (1994) pretpostavlja da bi trebala postojati područja mozga potpuno odgovorna za gramatiku, dok bi dokaze za lokalizaciju leksikona trebalo biti teže neći, jer oni odražavaju naučenu informaciju i time su dio općih sustava pamćenja i znanja u mozgu. Lieberman (1991) zaključuje na temelju pokusa, promatranja i računalnih simulacija da u mozgu ne postoji jedan rječnik, nego više njih i da ti rječnici nisu ovisni o neuralnim mehanizmima koji upravljaju sintaksom i proizvodnjom govora. Po njemu ti su rječnici asocijacijski, jer predstavljaju spremište znanja o svijetu koje je svaki pojedinac stekao iskustvom. Stoga se riječima može pristupiti semantički ili fonetski, ali i putem asocijacije na prijašnja iskustva. Mehanizam stjecanja toga znanja o svijetu temelji se na učenju koje se odvija u neuralnim mrežama ljudskog mozga. Mnogi psiholingvistički modeli rječnika pretpostavljaju odvojene fonološke, morfološke, semantičke i ortografske informacije o riječima (Emmorey i Fromkin, 1988). Dokaza za to ima u osoba s ozljedama mozga koje selektivno utječu na pristup jednom od tih aspekata riječi kao i u primjerima govornih lapsusa. Iako iz toga slijedi da znanje o riječi nije pohranjeno na jednom mjestu, očito je da ti sastavni dijelovi moraju biti međusobno povezani, što nas dovodi do pojma neuralne mreže. Ta je povezanost posebno čvrsta između ortografske i fonološke reprezentacije - pokazalo se da se obje te reprezentacije automatski dohvaćaju prilikom prepoznavanja, bez obzira na modalitet u kojem je riječ dana ali se vidi i na morfološkom i semantičkom planu (Emmorey i Fromkin, 1988). Nadalje, Gazzaniga (1994) je našao da je odvojena lijeva hemisfera bila potpuno

sposobna za normalno razumijevanje svih oblika jezika, a desna je bila ograničena u svojoj jezičnoj sposobnosti. U rijetkih desnorukih pacijenata koji su imali jezične funkcije u desnoj hemisferi nađeno je da su njihovi leksikoni posve drugačije organizirani. Ta su zapažanja u skladu s gledanjem da leksikoni odražavaju procese učenja i da kao takvi imaju širu distribuciju u moždanoj kori. Ipak valja istaknuti da je, čini se, u općoj populaciji leksikon u lijevoj hemisferi. U slučajevima kada je on smješten u desnoj hemisferi, čini se da je on neki *ad hoc* sustav koji pohranjuje informacije bez nekog određenog obrasca ili hijerarhije.

Brojne su razlike u građi između dviju hemisfera (Kalat, 1995; Kolb i Whishaw, 1996). Budući da je anatomska asimetrija nađena već u mozgovu fetusa, opće je mišljenje da je lijeva hemisfera strukturalno specijalizirana za jezične aktivnosti čak prije razvoja govora. Ukupna površina mjesta gdje se u lijevoj hemisferi nalazi Brocino područje (*operculum frontalis*) veće je u lijevoj hemisferi nego u desnoj. S druge strane, iako je u oko 95% populacije lijeva hemisfera dominantna za govor, samo 65% populacije ima veći lijevi *planum temporale*.

Damasio i Damasio (1992) tvrde ne samo da jezik ne možemo promatrati kao jedinstvenu funkciju koja bi bila lokalizirana na nekom mjestu, nego da i ono što se tradicionalno naziva slikovnim predodžbama stvari ili osoba nije ništa drugo do zapis ili trag živčane aktivnosti koju je dodir s tom stvari ili osobom pobudio. I jezičnu aktivnost, prema tome moramo promatrati kao kombinaciju aktivacija različitih razina i područja u mozgu.

Mjerenjem protoka krvi pri različitim jezičnim aktivnostima dobiveni su precizni podaci o dijelovima moždane kore koji su aktivni prilikom slušanja, čitanja i ponavljanja vizualno ili slušno prezentiranih riječi, te asociranja glagola uz zadane imenice. Prilikom gledanja ispisanih riječi aktivira se sekundarna vidna kora mozga u okcipitalnom režnju. Prilikom slušanja izgovorenih imenica potiče se obostrana aktivnost i u primarnoj i u sekundarnoj slušnoj kori u temporalnom režnju obje hemisfere. Pokazalo se da se ne prekrivaju aktivna područja kod slušanja odnosno gledanja riječi, što pokazuje da je obrada riječi u ta dva modaliteta neovisna. Glasno ponavljanje imenica aktiviralo je područja duž centralnih brazda obje hemisfere i duž lateralne brazde desne hemisfere, i to motorička i senzorička područja u kojima su reprezentacije lica u obje hemisfere, kao i dodatno govorno područje u obje hemisfere. Asocijacija glagola uz zadane imenice izazvala je aktivnost u prefrontalnom području moždane kore lijeve hemisfere, neposredno ispred Brocinog područja i u medijalnom dijelu korteksa upravo iznad prednjeg dijela korpusa kalozuma. Dok su ispitanici ponavljali riječi, činilo se da podražaj putuje izravno iz sekundarnih senzoričkih područja do izlaznih područja središnje brazde. Kada je zadatak uključivao semantičko procesiranje, signali kao da su slijedili alternativni put od senzoričkih područja, preko frontalnog režnja do motoričkih područja središnje fisure, bez prethodnog prolazanja kroz primarnu vidnu koru, (Pinel, 1990). Gazzaniga (1994) govori o tri vrste konceptijskih nedostataka u pacijenata s oštećenjima temporalnog režnja:

ozljeda prednje zone narušava najprecizniji tip identifikacije konceptualnih obrazaca (*moj pas*); ozljeda na nešto stražnijem dijelu donjeg dijela temporalnog režnja značila bi gubitak podkategorija pojma pas (*puđl, ovčar* i sl.), a ozljeda još stražnijeg dijela ograničila bi identifikaciju psa na nadređenu kategoriju (*životinja*), bez sposobnosti razlikovanja među različitim sisavcima. Zanimljivo je, međutim, da automatsko ponavljanje, primjerice nabranjanje dana u tjednu više puta uzastopce ne izaziva povećanje aktivnosti u Brocinu području, što je suprotno očekivanjima na temelju testova amobarbitalom (Kolb i Whishaw, 1996). Penfield i Roberts (1959, prema Kolb i Whishaw, 1996) drže da talamus koordinira aktivnosti kortikalnih govornih područja.

Dokazi o lateralizaciji i/ili lokalizaciji jezičnih i govornih funkcija crpu se iz nekoliko područja: na temelju kliničkih slučajeva, od osoba s nerazvijenim ili prerezanim korpusom kalozumom i na temelju ponašanja zdrave populacije.

KLINIČKA POPULACIJA

Najčešći i najbolje opisani poremećaji jezičnih funkcija jesu afazija, aleksija i agrafija.

Zapisi o afazičnim poteškoćama postojali su već u starom Egiptu, prije 4 do 5 tisuća godina. U današnjem smislu prvi je afaziju opisao Broca, prikazavši 1861. godine mozak pokojnika koji je poslije zadobivene ozljede glave mogao izgovoriti samo jednu riječ: *Tan*. Autopsija je pokazala da se radilo o ozljedi stražnjeg dijela treće (donje) vijuge lijevog frontalnog režnja, neposredno ispred primarne motoričke zone za govornu muskulaturu (usne, jezik, vilica/čeljust, nepce, glasnice i djafragma), bez popratne paralize te muskulature. To je područje nazvano Brocinim područjem za proizvodnju govora, a afazija Brocina afazija. Ta je afazija po tipu motorička (ekspresivna). Pacijenti pokazuju prilično dobro razumijevanje govora, iako ne tako dobro kako se u početku mislilo: narušeno je razumijevanje složenih sintaktičkih struktura. Rečenicu razumiju zaključujući o njezinu smislu na temelju glavnih leksičkih jedinica (imenica, glagola i sl.) neovisno o sintaktičkoj strukturi. Tipično govore vrlo malo, sporo, nefluentno, s velikim naporom i lošom artikulacijom. Govor je telegrafski i negramatičan: pomoćne riječi, nastavci, veznici i članovi (u jezicima u kojima ih ima) obično se ispuštaju, a pacijenti se oslanjaju na imenice i nešto manje na glagole. Primjeri pokazuju da je za takve afatike problem značenje, a ne samo izgovor (Kalat, 1995). Česta je pretjerana upotreba visokofrekventnih praznih riječi kao "to", "stvar" i sl. Loša je sposobnost imenovanja predmeta, ali se može popraviti uz pomoć sugovornika (što upućuje na to da manjak nije samo na artikulacijskoj razini). Suglasnici predstavljaju veću poteškoću od samoglasnika, a dugačke riječi teže su od kratkih. Česte fonemske parafazije uzimaju se kao dokaz da se radi o dezoorganizaciji procesora u kojem se kodiraju fonološke jedinice. Ako je ozljeda ograničena na vrlo malo područje samog Brocina središta, afazija je prolaznog karaktera. Trajnije motoričke afazije uzrokovane su širim ozljedama koje zahvaćaju područja izvan Brocina središta, posebice prednije regije i/ili

prodiru dublje, uključujući i talamus. Pokazalo se da manjkavosti nisu samo jezične, nego su dio šireg motoričkog problema.

Scnzorička (receptivna, žargonska) afazija zove se još i Wernickeova, prema liječniku koji ju je opisao 1874. godine. Javlja se kao posljedica oštećenja stražnjeg dijela gornje temporalne vijuge, prve temporalne vijuge na perijeto-temporalnom sjecištu u lijevoj hemisferi, tik uz Heschlovu vijugu, gdje je sjedište primarne slušne zone. Za tu vrstu afazije tipično je slabo razumijevanje govorenog i pisanog jezika. Tipični izričaji su fluentni, brzi, bez napora, uglavnom sintaktički i prozodijski dobro oblikovani, ali bez ikakva smisla. Može se naći i semantičkih parafazija (zamjenjivanje, primjerice *teleskop* umjesto *naočale*), loša sposobnost imenovanja predmeta (bez pomoći sa strane) i ozbiljno narušena sposobnost ponavljanja i čitanja. Artikulacija je relativno neoštećena, na temelju čega se zaključuje da oštećenje temporalnog režnja utječe na verbalno pamćenje a ne na fonološke, sintaktičke i artikulacijske mehanizme, kao što je to kod ozljeda frontalnog režnja. Ipak ima i slučajeva sintaktičkih i leksičkih nedostataka (Blumstein, 1988). Dimond (1980) tvrdi da se Wernickeovo područje proteže više prema natrag (okcipitalno) i prema gore (parijetalno) negoli se prvotno mislilo. Te se tvrdnje uklapaju u postavke parijetalne hipoteze o organizaciji jezika u mozgu (Deane, 1992). Zanimljivo je da težina afazije puno više varira kad se radi o ozljedama Brocina negoli kad se radi o ozljedama Wernickeova područja (Kolb i Whishaw, 1996).

Wernicke je pretpostavio i provodnu (eng. *conduction*) afaziju od koje bi patile osobe s ozljedama veza između dvaju središta za proizvodnju odnosno razumijevanje govora (*fasciculus arcuatus*). Ta se afazija manifestira kao nesposobnost glasnog ponavljanja čujenoga govornog materijala. Razumijevanje pisanog ili govorenog materijala je očuvano, ali pacijent ima poteškoća s imenovanjem predmeta, nešto otežan sponatani govor i nije u stanju poslušati verbalne zapovijedi. Dimond (1980) tvrdi da je i talamus uključen u integriranju ulaznih (receptivnih) i izlaznih (ekspresivnih, motoričkih) aspekata govora. On također smatra da je negdje u području fascikulusa arkuatusa smješten mentalni leksikon (gdje se nalazi glavno semantičko i fonološko spremište i generativno područje), kako bi bio dostupan i središtima za razumijevanje i proizvodnju govora.

Ozljeda stražnjeg dijela područja oko Sylvijeve brazde narušava sklapanje fonema u riječi i izbor cijelih riječi. Pacijenti s takvim ozljedama ne uspijevaju izgovoriti neke riječi ili oblikuju riječi neispravno. Osim toga oni zamjenjuju uži pojam širim ili rabe riječi semantički povezane s pojmom koji žele izraziti. Ozljeda tog područja ne narušava govorni ritam ni brzinu govorenja. Sintaktička struktura rečenice očuvana je čak ako i postoje greške, primjerice u zamjenicama i veznicima. Narušena je i glasovna obrada, pa pacijenti teško razumiju izgovorene riječi i rečenice. Slušno razumijevanje nije neuspješno zato, kako se tradicionalno vjerovalo, što bi to područje mozga bilo središte pohranjivanja značenja riječi, nego jer je normalna akustička analiza oblika koji dolaze do pacijenta prekinuta već na samom početku (Damasio i Damasio, 1992). Sustavi smješteni u tom području čuvaju slušne i kinestetske tragove

fonema i fonemskih nizova koji čine riječi. Ti su dijelovi povezani s motoričkim i premotoričkim dijelovima kore i to izravno i preko supkortikalnih putova. Prednji dio istog područja, s prednje strane Rolandove brazde sadrži strukture odgovorne za govorni ritam i gramatiku. Cijelo je područje izgleda povezano s malim mozgom, ali njegova uloga u jeziku i kognitivnom funkcioniranju za sada još nije jasna (Damasio i Damasio, 1992). Pacijenti s ozljedama prednjeg dijela područja oko Sylvijeve brazde govore monotono, s velikim stankama između riječi i imaju narušenu gramatiku. Posebno često izostavljaju zamjenice i veznike. Imenice su manji problem od glagola, što znači da su za njihovu proizvodnju zadužena druga područja. Ti pacijenti također teško razumiju razlike u značenju temeljene na sintaksi. Činjenica da ozljede tog područja narušavaju gramatičko procesiranje u govoru kao i u razumijevanju, pokazuje da su živčani sustavi tog područja odgovorni za uspostavljanje cjeline od sastavnih dijelova na razini rečenice (Damasio i Damasio, 1992).

U pokušajima definiranja neurobiološke baze govora na temelju oštećenja provlače se dva ključna pitanja. (1) odražavaju li manjkavosti proizvodnje i percepcije govora selektivna oštećenja glasovnih karakteristika govora i njihovih reprezentacija ili oštećenja procesa uključenih u pristupu tim reprezentacijama; i (2) odražavaju li manjkavosti proizvodnje i percepcije govora nedostatke koji su prvenstveno fonološke prirode, a utječu na strukturalna svojstva jezika ili one koji su prvenstveno fonetske prirode, i utječu na artikulacijsku primjenu u govornoj produkciji s jedne strane ili akustičko dekodiranje u govornoj percepciji, s druge. Blumstein (1995) je usporedila greške u proizvodnji i percepciji govora u afatika te zaključila da i jedne i druge upozoravaju na to da poremećaji odražavaju oštećenja procesa uključenih u pristup glasovnoj strukturi, a ne selektivna oštećenja glasovnih svojstava govora ili njihovih reprezentacija. Manjkavosti proizvodnje govora javljaju se i na fonološkoj razini, odražavajući oštećenja odabira ili pristupa, i na fonetskoj razini, odražavajući nedostatke artikulacijske implementacije, posebice u vremenskom planiranju prijelaza s jednog artikulatora na drugi. Fonološki poremećaji javljaju se bez obzira na mjesto ozljede, a fonetski kao posljedica ozljede specifičnih neuroanatomskih struktura. Nedostaci percepcije govora odražavaju krivu percepciju fonetskih obilježja a ne nedostatke u izoliranju akustičkih parametara povezanih s tim obilježjima. Unatoč svemu fonološka pravila formiranja sloga karakteristična za određeni jezik sačuvana su. Greške su najčešće među fonemima koji se razlikuju samo po jednom razlikovnom obilježju i češće su s obzirom na mjesto izgovora nego s obzirom na zvučnost (Blumstein, 1988). Najotpornija je opozicija vokalnost-konsonantnost, a druga po jakosti je oralnost-nazalnost (Vuletić, 1993).

Kean (1995) je proučavajući fonemske parafazije u afatika zaključila da postoje tri razine reprezentacije morfema odnosno riječi: osnovna razina, leksička i površinska. Na prvoj razini segmenti se razlikuju po (minimalnim) razlikovnim obilježjima potrebnim da bi bili jednoznačno definirani. Na drugoj razini nizovi su silabificirani u skladu s "algoritmom" specifičnim za pojedini jezik. Na trećoj razini svakom segmentu su pridružene potpune matrice

razlikovnih obilježja. U osoba s Wernickeovom afazijom onemogućen je pristup prvoj razini, a u osoba s Brocinom afazijom narušena je treća razina i planiranje pokreta. Kod konduktivne afazije pogođene su prva i druga razina, s time što se jače obilježene karakteristike zamjenjuju manje obilježenima. Kean (1995) ističe kako nije dakle točno da se parafazične greške u svih afatika mogu objasniti zamjenom obilježena svojstva neobilježenim, kakvo je bilo uobičajeno tumačenje, nego je to slučaj samo kod konduktivne afazije.

Iako se afazija u početku smatrala govornom patologijom (bilo da se radi o proizvodnji ili o razumijevanju/percepciji) pokazalo se da je ona jezični a ne govorni poremećaj. Opći je zaključak da, bez obzira na osjetni kanal kroz koji jezične informacije prolaze, u lijevoj hemisferi leži osnova jezičnog funkcioniranja. Afazične teškoće jednake onima u čujuće populacije nađene su poslije ozljeda lijeve hemisfere i u gluhih osoba koje koriste gestovni jezik. Dapače, dok takve gluhe osobe pokazuju znatno narušen gestovni jezik, one mogu točno obrađivati nejezične vizuo-spacijalne odnose. Kao i čujuće osobe i kongenitalno gluhe osobe pokazuju prednost desnog vidnog polja (lijeve hemisfere) za napisane riječi. Gluhe osobe pokazuju prednost desnog vidnog polja za znakove rukama koji imaju značenje u gestovnom jeziku, a prednost lijevog vidnog polja za oblike i pokrete rukama neprihvatljive u gestovnom jeziku. Drugim riječima, lijeva hemisfera nije dominantna za govor, nego za kognitivni sustav na kojem se temelje i govor i gestovni jezik. Dakle, specijalizacija lijeve hemisfere u usvajanju jezika nije posljedica njezine sposobnosti za istančanu slušnu analizu, nego njezine sposobnosti za jezičnu analizu kao takvu (Fromkin, 1995). Još jedan dokaz u prilog postojanju lateralizacije jezika kao simboličkog sustava komuniciranja bez obzira na oralni govor jest postojanje N400 efekta (tj. razlike u elektroencefalografski izmjerenoj amplitudi negativnog vala 400 ms poslije početka podražaja između pokusnih i kontrolnih uvjeta) i kod gestovnoga jezika (Hagoort i Brown, 1995).

Aleksija je potpun gubitak sposobnosti za čitanje, kao rezultat oštećenja lijevog okcipitalnog režnja i dijela korpusa kalozuma koji bi inače povezao sačuvani desni okcipitalni režanj s angularnom vijugom. Dejerine je 1892. godine zapazio da su aleksija i **agrafija** posljedice oštećenja u putovima koji povezuju vidnu koru mozga s lijevom angularnom vijugom (područjem lijevog temporalnog i parijetalnog režnja neposredno iza Wernickeova područja) (Pinel, 1990). Na temelju toga zaključio je da je lijeva angularna vijuga odgovorna za razumijevanje jezičnih vidnih informacija koje se dobivaju izravno iz susjedne lijeve vidne kore i neizravno iz desne vidne kore putem korpusa kalozuma. U slučajevima čiste aleksije (bez agrafile) čovjek može pisati bez teškoća, ali ne može pročitati niti ono što je sam napisao. Literalna aleksija takav je tip aleksije kod koje pacijent ne može čitati pojedinačna slova, ali može cijele riječi, posebice ako su uobičajene i konkretne imenice. Niskofrekventne, apstraktne i gramatičke riječi velika su teškoća, kao i besmislene riječi. Slučajevi verbalne aleksije upravo su suprotni: pacijent može čitati slovo po slovo, i povezivati pročitano u cijele riječi (čak i kada se radi o besmislenim riječima), ali ne može shvatiti cijele riječi. Isti pacijent

može pokazivati znakove i jednog i drugog tipa aleksije (Vuletić, 1993). Kad je oštećena angularna vijuga, pacijent ne može niti čitati niti pisati, a ima i lagane afazične smetnje (aleksija s agrafijom).

Čista agrafija (bez aleksije) jest poremećaj sposobnosti pisanja. Nastupa kao posljedica oštećenja angularne vijuge u donjem dijelu parijetalnog režnja, na mjestu gdje se spajaju parijetalni, temporalni i okcipitalni režanj. Iz nalaza s japanskim pismima *kana* (svaki znak predstavlja slog) i *kanji* (ideogrami bez fonološke vrijednosti) može se zaključiti da dva sustava (fonološki i semantički) funkcioniraju neovisno i da se svako od tih dviju vrsta procesiranja ostvaruje na drugom mjestu. Čini se da je fonološki aspekt čitanja predstavljen u lijevoj hemisferi, dok je desna vjerojatno zadržala sposobnost dobivanja izravne semantičke informacije iz pisane riječi, neovisno o fonološkom (grafem-fonem) kodiranju. Paragrafije uglavnom odgovaraju parafazijama koje se javljaju u govoru (Vuletić, 1993).

Čini se da se lijeva hemisfera jednostavno ne može suzdržati od automatske obrade govornog materijala. Stoga se ponekad dobiju bolji rezultati jezično/govorne funkcije ako se oštećena lijeva hemisfera posve ukloni, nego ako se zadrži te svojim inhibicijskim, a nepravilnim djelovanjem onemogućuje desnu hemisferu da preuzme tu funkciju. U svakom slučaju samo jedna hemisfera može biti dominantna za jezik, i to ne zbog semantike ili sintakse nego prvenstveno zbog prirode govora. Vrlo brzi sinergistički pokreti govornog mišićja ne mogu se nadzirati s dvaju mjesta istodobno, pa jedna hemisfera ima nadzor nad organima u sredini (Gazzaniga, 1994).

Valja imati na umu da su poremećaji funkcije poslije oštećenja bilo kojeg ograničenog područja u mozgu više kvantitativno nego kvalitativno pitanje, tj. posljedice više ovise o količini zahvaćene površine, nego o samom mjestu oštećenja. Također, simptomi spomenutih a i ostalih poremećaja mogu se pojaviti i bez izravnog oštećenja određenih citoarhitektonskih ili funkcionalnih neokortikalnih područja. Oni su mogući i kao posljedica prekida veza među područjima korteksa, a nisu nužno izazvani ozljedama samih područja.

Već je Lurija (1975/1982) upozorio da povezivanje posljedica ozljeda mozga s funkcioniranjem zdravog mozga ima mnogo mana. Valja biti oprezan pri traženju neurološkog supstrata jezika na temelju ozljeda mozga, pogotovo ako su ozljede veće. U takvim slučajevima, naime, moguće je da je došlo do sveobuhvatne reorganizacije kognitivnog ustroja koja više ne odgovara onome u zdravom mozgu, pa ni zaključci ne mogu biti valjani. Pregled literature o afaziji primjerice, pokazuje razmjerno slabe veze između specifičnih jezičnih teškoća i mjesta ozljede (Hagoort i Kutas, 1995). Ono što se iz njih može zaključiti, međutim, a karakteristično je za sve govorno/jezične probleme uzrokovane poremećajem središnjeg živčanog sustava jest da je nastala promjena u vremenskoj organizaciji i planiranju procesa relevantnih za jezik. Stoga je važno da i tehnike ispitivanja, bez obzira na to radi li se o zdravoj ili bolesnoj populaciji imaju dobru vremensku rezoluciju. Jedna od takvih tehnika jest bilježenje evociranih potencijala, koja se sve više usavršava i koristi u neurolingvističkim istraživanjima (Hagoort i Kutas, 1995; Holcomb i

Anderson, u tisku).

U osoba s nepovezanim hemisferama (bilo da je stanje prirodeno ili je posljedica presijecanja korpusa kalozuma) uočeno je da lijeva hemisfera ima vodeću ulogu u semantičkim asocijacijama, iako desna ima iznenađujuće bogat slušni leksikon. Zanimljivo je da i sama lijeva hemisfera, odvojena od desne, ima teškoća u brzini čitanja i bogatstvu govornog rječnika.

Pristup lijeve hemisfere u jezičnim funkcijama temelji se na analizi obilježja, dok desna ima holističku strategiju prepoznavanja oblika. Općenito, svaka hemisfera ima širok raspon kognitivne kompetencije koja je dovoljna za podržavanje različitih ponašanja, uključujući neka koja bi u određenim uvjetima bolje izvela suprotna hemisfera. Čak i u osoba s presječenim korpusom kalozumom konotativne, afektivne i semantički difuzne informacije mogu se "preliti" u drugu hemisferu (za razliku od specifično denotativnih informacija) supkortikalnim putovima. Inače svaka hemisfera ima neovisne percepcijske, memorijske i kognitivne sposobnosti (Zaidel, 1978; prema Bradshaw i Nettleton, 1983).

ZDRAVA POPULACIJA

Autori istraživanja jezičnih funkcija na zdravim ispitanicima slažu se da su asimetrije u prednosti lijevog odnosno desnog uha izraženije za ekspresivan oblik govora nego za percepciju, te su izraženije u muškaraca i u dešnjaka nego u žena i ljevorukih osoba.

Električno podražavanje predodžbe lica u precentralnoj vijuzi i dodatnom motornom području (superiorni i medijalni aspekti precentralne vijuge) može izazvati vokalizacije, ali ne i razumljive riječi u čovjeka koji u tom času ne govori. Drugi podražaji i unutar i izvan precentralnog motoričkog područja i u blizini Brocina i Wernickeova područja ometali su ili zakočili govor koji je upravo bio u toku. Nije bilo velike razlike u ometajućim posljedicama ako je struja dovedena do Brocina, Wernickeova ili dodatnog motoričkog područja. Namjera vokaliziranja povezuje se s aktivnošću u dodatnom motoričkom području (izvoru motoričke poruke prema Brocinu području), dok povratna sprega (*feedback*) putem slušne kore i temporo-parijetalnog područja (Wernickeova) nadzire i ispravlja signale koji prolaze iz motoričkih središta u mišiće koji se rabe u govoru. Ti mehanizmi normalno se nalaze u jednoj hemisferi (obično lijevoj), ali motoričko središte može se pomaknuti na suprotnu stranu nakon oštećenja uobičajenog područja. Studdert-Kennedy i Shankweiler (1970) ustvrdili su statistički značajnu pozitivnu povezanost u dešnjaka između jačine desnorukosti i veličine prednosti desnog uha. I oni (kao i Kimura, 1973; 1975) zaključuju da cerebralnu lateralizaciju za percepciju govora i manualnu praksiju valja promatrati stupnjevito i kao dvije komponente koje potječu iz istog izvora. U istraživanjima na koja se pozivaju Kolb i Whishaw (1996) ni u jednog dešnjaka nije nađena bilateralna organizacija govora, za razliku od nedešnjaka u kojih su nađeni znatni poremećaji govora prilikom anesteziranja amobarbitalom jedne ili druge strane.

I ta je bilateralna organizacija, međutim, asimetrična jer anesteziranjem jedne hemisfere narušeno je imenovanje, a druge redosljed (primjerice dani u tjednu).

Prema Raichleu (1994) ljudski mozak ima dva puta generiranja odgovora: jedan je neautomatski mehanizam za koji je potrebna pažnja, a drugi je automatski, koji djeluje bez posebnog napora govornika. Neautomatski mehanizam smješten je primarno u dominantnoj (uglavnom lijevoj) hemisferi velikog mozga i jednim dijelom u desnoj hemisferi malog mozga, dok je automatski mehanizam bilateralno predstavljen. Flores d'Arcais je (1988) zaključio kako je proces percepcije jezika automatski, ali da je upotreba rezultata tog procesa selektivna, dakle kontrolirana, a ne automatska. U svjetlu Raichleovih zapažanja samo bi automatsko procesiranje bilo više-manje bilateralno, a o upotrebi rezultata odlučivala bi dominantna hemisfera.

Basili i sur. (1980) pokazali su da se svaki podražaj govornog podrijetla (govor snimljen unatrag, nerazgovjetno brbljanje i sl.), iako nerazumljiv, analizira primarno na istoj strani kao i razumljivi govorni podražaj, dakle na lijevoj.

Gordon i sur. (1994) govore da ima nekih dokaza u prilog postojanju finih podpodjela u reprezentaciji jezika i s njim povezanih funkcija te da znatan broj tih podpodjela može biti orkestriran višim mehanizmima. Dokaza za te podpodjele može se naći u sustavu za percepciju govora, kao i u verbalnim i vizualnim semantičkim sustavima i njihovim vezama s drugim jezičnim podsustavima, uključujući fonologiju i veze s njom. Dokazi za globalnu regulaciju i koordinaciju dolaze iz istih podataka o poteškoćama semantičkog procesiranja. S obzirom na neuroanatomske veze mape koje su oni dobili svojim proučavanjem putem kortikalne stimulacije i bilježenja kortikalne aktivnosti razlikuju se od klasičnih mapa jezičnih funkcija u dva oblika: (a) Brocino i Wernickeovo područje vjerojatno su prostorno više ograničeni za bilo kojeg pojedinca negoli se obično prikazuje; i (b) druga područja ključna za jezik mogu se pouzdanije identificirati, primjerice kao ona povezana sa stražnjim područjem spajanja temporalnog i okcipitalnog režnja.

Fonemsko pismo pokazuje veću tendenciju lateralizacije u lijevu hemisferu, a ideografsko u desnu (o tome je bilo govora u usporedbi pisama *kana* i *kanji*). Općenito se može reći da u slučaju veće podudarnosti slova i glasa čitači se manje oslanjaju na vizualno procesiranje a više na slušno. Kad se radi o hrvatskim pravopisima, analogija se može naći s razlikovanjem takozvanog etimološkog pravopisa kao "pravopisa za oko" od takozvanog fonetskog kao "pravopisa za uho" (Škarić, 1991).

Na rečeničnoj razini nađena je prednost desnog uha za besmislene riječi koje prate morfemsku strukturu engleskog (sintaktički pravilne i prezentirane s ispravnom intonacijom i naglaskom) (Bradshaw i Nettleton, 1983). Prednost desnog uha nađena je i za razlikovanje točnih od netočnih rečenica na morfološkoj razini (Horga, 1992) kao i za motoričke reakcije na govorne podražaje (Mildner, 1992).

Tehnikom evociranih potencijala Friederici i sur. (1993) ustvrdili su da morfološki, semantički i sintaktički procesi nisu odvojeni samo vremenski,

nego da je moguće da postoje i različiti sustavi koji te elemente jezične funkcije obrađuju. I Hagoort i Brown (1995) zaključili su da u mozgu postoje odvojeni mehanizmi sintaktičkog i semantičkog procesiranja. Semantički neprihvatljive rečenice proizvele su negativan potencijal (N400), koji je bio bilateralno distribuiran i najizraženiji u stražnjim regijama, a sintaktički neprihvatljive rečenice pojačale su negativan odgovor ranije (N125) i to u prednjim dijelovima lijeve hemisfere, te izazvale negativan odgovor (N300-500) u temporalnom i parijetalnom režnju lijeve hemisfere. Oni su također te efekte uočili bez obzira na to jesu li ispitanici testne rečenice pročitali ili čuli, s tom razlikom što se počinju javljati ranije kod izgovorenenih rečenica. Holcomb i Anderson (u tisku) također su našli da postoji zajednički semantički sustav neovisno o modalitetu. Rezultati Hagoorta i Browna (1995) upućuju na to da se istom tehnikom mogu dobiti efekti osjetljivi na rano fonološko procesiranje, o čemu je već pisao i Molfese (1980). Slične su rezultate dobili i Nevill i sur., (1991: prema Fromkin, 1995).

U izvornih govornika tajlandskog, tonskog jezika u kojem visina ima fonološku ulogu, dobivena je prednost desnog uha u pokusima diskriminacije riječi samo na temelju različitog tona. Kada su isti podražaji davani izvan govornog konteksta, prednost desnog uha se izgubila (Bradshaw i Nettleton, 1983).

Molfese (1978) je na temelju električne aktivnosti mozga tijekom percepcije govora ustvrdio da se tijekom identifikacije fonema ostvaruje niz složenih kortikalnih događaja. U tom je istraživanju postigao nekoliko značajnih zaključaka: (1) dvije hemisfere reagiraju na različite vrijednosti vremena uključivanja glasa (eng. *VOT - voice onset time*) na različite načine, (2) obje su hemisfere aktivno uključene u obradu informacija za vrijeme zadatka, pri čemu jedna hemisfera nije aktivnija od druge, (3) nekoliko se različitih operacija ostvaruje u istoj hemisferi, i (4) razlikovanje suglasnika po zvučnosti događa se u desnoj hemisferi.

Molfese (1980) tvrdi da je njegovo istraživanje prvo koje prikazuje rezultate bilježenja neuroelektričnih odgovora moždane kore pri obradi fonema, a ti rezultati upozoravaju na to da se fonem - suglasnik obrađuje kao izdvojena i neovisna jedinica u moždanoj kori. On je našao da nekoliko regija moždane kore sudjeluje u razlikovanju među suglasnicima, neovisno o kontekstu koji okružuje te foneme. Iako su se frekvencije tranzijenata mijenjale kada je suglasnik kombiniran s različitim samoglasnicima, dvije su komponente električnog odgovora moždane kore razlikovale klase fonema a ne akustičke parametre. Pulvermuller (1992) također tvrdi da postoje stanični sklopovi u primarnoj slušnoj kori koji bi odgovarali razlikovnim obilježjima fonema, koji se pak funkcionalno povezuju tijekom razdoblja gukanja poštujući pravila silabifikacije konkretnog jezika (usporedi i Kean, 1995).

Tehnikom magnetske rezonancije Frackowiak (1994) je našao aktivaciju donjeg dijela frontalnog i gornjeg dijela temporalnog režnja lijeve hemisfere prilikom fonološkog procesiranja, a aktivaciju nekoliko žarišta u donjem dijelu temporalnog i parijetalnog i u gornjem dijelu frontalnog režnja prilikom

semantičkog procesiranja. Donji dio parijetalnog režnja lijeve hemisfere, na tromedi s temporalnim i okcipitalnim režnjem, Frackowiak i Turner (1995) identificirali su s pomoću PET (eng. *positron emission tomography*) tehnike kao fonološko spremište.

S obzirom na vrste glasova, istraživanja pokazuju prednost desnog uha za suglasnike, najviše okluzive, a manju ili nikakvu prednost za samoglasnike. Općenito je za samoglasnike karakteristično da je prednost uha nestabilna, nepouzdana te da se ponekad nade i prednost lijevog uha (desne hemisfere). Bradshaw i Nettleton (1983) objašnjavaju tu razliku između dviju krajnosti u vrstama glasova time što su okluzivi kratkog trajanja i zahtijevaju puno restrukturiranja i fonetskog procesiranja da bi se identificirali, što vjerojatno uključuje specijalizirani fonološki procesor u lijevoj hemisferi.

Osim što su ustvrdili da je desno uho, dakle lijeva hemisfera, značajno dominantno za percepciju suglasnika a dominantno, ali ne značajno za percepciju samoglasnika, Blumstein i sur. (1975) također su pokazali ponovnim testiranjem istih ispitanika da je dominantnost uha za samoglasnike vrlo slaba i potpuno nestabilna u ponovnom testiranju. Dominantnost desnog uha za percepciju samoglasnika može se postići ako se percepcija oteža njihovim skraćivanjem, ugrađivanjem u bučnu okolinu ili prikriivanjem boje glasa govornika (Bradshaw i Nettleton, 1983). U uvjetima otežanog slušanja (filtrirane riječi kao podražaj uz istodobni bijeli šum u suprotno uho) Dudaš (1989) je našao da se pretežno suglasničke, pretežno samoglasničke, kao i izjednačene riječi, lateraliziraju više na desno uho, ali da je ta lateralizacija izraženija kod riječi s više suglasnika. Otežano slušanje okluziva (identificiranje u buci) također je pokazalo statistički značajno veću prednost desnog uha nego neometano slušanje (Mildner, 1993). Nepojavljivanje efekta lateralnosti, tj. dominantnosti jednog uha nad drugim pri dihotičkom slušanju, o čemu mnogi autori govore s obzirom na samoglasnike, može se objasniti ili stvarnim nepostojanjem lateralizacije percepcijskog procesa ili prirodom podražaja ili načina njegove prezentacije koji ne otkrivaju lateralizaciju u dovoljnoj mjeri. Izraženost efekta lateralizacije može primjerice ovisiti o stupnju do kojeg je informacija, koju nosi signal doveden u lijevo uho, degradirana na svojem putu u lijevu hemisferu (preko moždanih komisura) (Porter i Berlin, 1975).

Sintetizirani samoglasnici pokazuju prednost desnog uha kada je ispitanik nesiguran u pogledu veličine govornog trakta, a od lijeve se hemisfere vjerojatno očekuje da izvede postupak normalizacije potrebne za točnu percepciju govora, bez obzira na dob ili spol govornika. Prednost desnog uha dobila se za samoglasnike i kada nije bilo kontekstualne pomoći s obzirom na visinu. Čini se da pojavljivanje ili nepojavljivanje prednosti desnog uha kod obrade vokala ovisi o složenosti potrebne diskriminacije. Samoglasnici tipično prenose malo informacije slušateljima, dok su u velikoj mjeri kodirani okluzivi akustički vrlo složeni. Osim toga samoglasnici obično traju dulje i lakše se diskriminiraju od suglasnika. Dakle, suglasnici su podložniji distorziji ili gubitku nego samoglasnici ako se prezentiraju krivoj (nedominantnoj) hemisferi. Uočeno je također da se prednost desnog uha javlja za samoglasnike

kada ispitanik očekuje govorni materijal, za razliku od situacija kada isti materijal čuje izvan jezičnog konteksta, kada očekuje negovorne signale, i tada se javlja prednost lijevog uha.

Likvidi i poluvokali pokazuju manju prednost desnog uha nego pravi suglasnici, ali još uvijek veću nego samoglasnici (Ahonniska i sur. 1993).

Kod sintetiziranih frikativa javlja se prednost desnog uha samo kada su formantski tranzijenti (koji zahtijevaju složenu analizu i dekodiranje) uključeni u signal, ali ne i kada su prisutni samo drugi migovi (eng. *cues*), inače dovoljni za njihovu percepciju (primjerice šum na mjestu suženja artikulatora) (Bradshaw i Nettleton, 1983; Kolb i Whishaw, 1996).

Dosadašnja istraživanja pokazuju da zvučni okluzivi otkrivaju jaču dominantnost desnog uha od njihovih bezvučnih parnjaka, te da je desno uho dominantnije za gravisne okluzive nego za akutne (Studdert-Kennedy i Shankweiler, 1970; Mildner, 1993). Da je desna hemisfera dominantna za razlikovanje po zvučnosti, a lijeva po mjestu tvorbe našli su Molfese (1978, 1980) i Cohen i Segalowitz (1990), a da se okluzivi teže razlikuju po mjestu tvorbe nego po zvučnosti, pogotovo ako je signal doveden najprije u lijevo uho (desnu hemisferu), pokazali su Cohen i suradnici (1991). S druge strane, Boatman i sur. (1994) nisu našli da bi neka obilježja okluziva bila više lokalizirana od drugih.

MODELI JEZIČNO-GOVORNE ORGANIZACIJE MOZGA

Osim općih modela ustrojstva i funkcioniranja mozga (primjerice Lurijin model funkcionalnih cjelina, modularni modeli, neuralne mreže) ima nekoliko modela specifičnih za jezično funkcioniranje.

Wernicke-Geschwindov model čini sedam komponenata: primarna vidna kora, angularna vijuga, primarna slušna kora, Wernickeovo područje, fascikulus arkuatus, Brocino područje i primarna motorička kora - sve u lijevoj hemisferi (prvenstveno precentralno i postcentralno područje u kojem je reprezentacija lica).

Primjerice, kod čitanja naglas signal koji stiže u primarnu vidnu koru prenosi se u angularnu vijugu, koja prevodi vizualni oblik riječi u njezin slušni/zvučni kod i prenosi je u Wernickeovo područje, gdje se odvija razumijevanje. Wernickeovo područje tada pokrene odgovarajuće odgovore u fascikulusu arkuatusu. U Brocinu području signal aktivira odgovarajući program za artikulaciju koji pokreće odgovarajuća živčana vlakna usta i lica u primarnoj motoričkoj kori i konačno mišiće koji sudjeluju u izgovaranju određene riječi.

Očito da taj model pripada među serijalne modele, tj. uključuje niz reakcija koje se ostvaruju u linearnom slijedu. Međutim, model složenih kognitivnih procesa koji obuhvaća nekoliko usko lokaliziranih neokortikalnih središta povezanih linearno, iako privlačan zbog svoje jednostavnosti, ne opisuje dovoljno dobro stvarno funkcioniranje mozga.

Model nije potvrđen na primjeru pacijenata kojima je iz zdravstvenih

razloga odstranjen dio kore koji bi pripadao komponentama modela. Primjerice kada je izvađen cijeli dio koji se naziva Brocinim područjem, ali malo ili ništa okolnog tkiva, pacijenti nisu imali nikakvih govornih teškoća. Sličnih se primjera iz kliničke prakse može naći i za ostale komponente modela. Kompjutorizirana tomografija pokazala je također da oštećenja ograničena na Brocino i Wernickeovo područje ne izazivaju jezične probleme, te da kod svih pacijenata s jezičnim teškoćama postoji i supkortikalno oštećenje. Tehnike skaniranja moždane aktivnosti pokazale su povećanu aktivnost tijekom govora u frontalnom, temporalnom i parijetalnom režnju lijeve hemisfere te u lijevom talamusu i bazalnim ganglijima (Kalat, 1995). Suprotno predviđanjima modela nađeno je da se područja korteksa podraživanje kojih izaziva jezične smetnje prostiru daleko izvan granica jezičnih područja definiranih modelom. Pristaše modela doduše brane model od takvih primjera tvrdnjama da su zahvati rađeni na pacijentima koji su neko vrijeme prije zahvata bili bolesni, pa je moguće da su se moždane funkcije reorganizirale prije operacije. Međutim, model nisu potvrdili ni primjeri iznenadnih oštećenja mozga izazvanih nesretnim slučajem ili bolešću. Jedino su velike ozljede koje su uključivale tri režnja prouzročile teškoće kakve predviđa model (Pinel, 1990). Ipak, ustvrđeno je kako je veća vjerojatnost da će velika oštećenja prednjih dijelova lijeve hemisfere izazvati teškoće u jezičnom izražavanju, nego stražnji dijelovi, a da će s druge strane velika oštećenja stražnjih dijelova izazvati poremećaje u razumijevanju. Dodatna objašnjenja ponudila je Kimura (1983) skrećući pozornost na razlike između spolova te Hier i sur. (1994).

Na temelju rezultata podraživanja moždane kore Ojemann (1983, prema Pinel, 1990) je predložio da je jezični korteks organiziran kao mozaik, s time da su diskretni stupovi tkiva koji izvode određenu funkciju široko rasprostranjeni kroz cijelo jezično područje korteksa. On je također različitim metodama bilježenja i stimulacije aktivnosti različitih područja korteksa (Ojemann, 1994) zaključio da postoje odvojeni sustavi i neurona, i osnovnih područja za dodatne jezične dimenzije. Različite komponente svakog sustava očito su aktivne paralelno. Neurobiološki substrat jezika vjerojatno uključuje uglavnom odvojeno procesiranje svake jezične dimenzije, s time da su sustavi povezani sa svakom dimenzijom aktivni istodobno. Čini se da se ljudski jezik, kao mnoge druge funkcije u korteksu primata, obrađuje u višestrukim paralelnim distribuiranim sustavima.

Kao što se može očekivati, resekcija govornog korteksa može prouzročiti akutnije nedostatke, ali obično se javlja brzi oporavak u rasponu od nekoliko dana do nekoliko mjeseci. Takav brz oporavak čak onih jezičnih vještina koje su se dugotrajnije učile (primjerice čitanje) upućuje na to da u normalnim slučajevima postoje višestruke ali latentne kopije jezičnih funkcija i reprezentacija (Gordon i sur., 1994).

Problem za branjenje Wernicke-Geschwindova modela, koji je, kako je već rečeno, po tipu serijalni, jesu i slučajevi poremećaja čitanja naglas. Većina kognitivno-neuropsiholoških modela procesa čitanja naglas temelji se na hipotezi da postoje dva različita sustava glasnog čitanja. Jedan se zove leksička

procedura, a temelji se na pohranjenoj informaciji koju smo stekli o izgovoru određenih napisanih riječi u našem rječniku, i drugi koji se zove neleksička procedura, a temelji se na općim pravilima izgovaranja koji utječu na naše izgovaranje nepoznatih ili besmislenih riječi. Istraživanja na pacijentima koji imaju teškoće s jednom vrstom čitanja ali ne i s drugom, najjača su potpora tim modelima dvostrukog puta, tj. modelima kognitivnog procesa koji se temelje na premisi da procesom posreduju dva različita puta neuralne aktivnosti. Primjerice u površinskoj disleksiji (cng. *surface dyslexia*) neleksička procedura nije oštećena, ali se javljaju velike teškoće u izgovaranju riječi koje zahtijevaju neobičan izgovor (eng. *yacht, sew* itd.), a najčešće greške su takvog tipa da je očito kako se uobičajena pravila izgovora primjenjuju i na riječi na koje ta pravila nisu primjenjiva. Skaniranje PET tehnikom pokazalo je da čitanje riječi u sebi aktivira samo okcipitalni režanj bez dodatne aktivacije u Wernickeovu području ili angularnoj vijuzi, te da frontalni režanj obrađuje govorni i pisani jezik na jednak način (Kalat, 1995). Osim toga, aktivnost zabilježena tim istraživanjima u desnoj hemisferi nije predviđena modelom. U svakom slučaju ti nalazi dovode u pitanje svaki serijalni model jezika.

Problemi s tim kao i sa svim strogo lokalizacionističkim modelima mogu se sažeti na sljedeći način: (a) prema svima je lokalizacija sastavnih dijelova jezičnog sustava jednaka u svih zdravih osoba i (b) svi izvode specifične funkcije podpodručja dijela korteksa važnog za jezik iz veza tih podpodručja s motoričkim i senzoričkim regijama mozga. Te su karakteristike problematične zato što zanemaruju prirodu mnogih komponenata jezične obrade i u neskladu su s dokazima o varijabilnosti lokalizacije jezičnih funkcija (Caplan, 1988).

Hipoteza o spacijalizaciji oblika predviđa da je obrada jezičnih informacija (gramatička kompetencija) predstavljena u dijelu (ili dijelovima) mozga čija je primarna funkcija predstavljati shemu tijela, odnosno obrađivati prostorne strukture, posebice u odnosu prema vlastitu tijelu. To znači izravan izomorfizam između prostornog i gramatičkog znanja. To bi područje trebalo biti smješteno u dijelu mozga gdje konvergiraju i integriraju se informacije iz vizualnih, slušnih, kinestetskih i drugih osjetnih modaliteta (Deane, 1992). Ta predviđanja odgovaraju dobro poznatim svojstvima donjeg dijela parijetalnog režnja. Dakle, prema toj hipotezi, sjedište gramatičke (sintaktičke) kompetencije trebao bi biti donji dio parijetalnog režnja, a ne kako se tradicionalno pretpostavlja frontalni režanj u području Brocina središta. Da bi model bio potpun, trebali bismo naći područja mozga posvećena jeziku na manje apstraktnoj razini: jedno područje posvećeno slušnoj analizi, drugo vokalizaciji.

Pansinijev (1988) pojam spaciocepcije kao nužnog preduvjeta za razvoj govora obuhvaća pet osjeta: opip, propriocepciju, osjet ravnoteže, sluh i vid. Podražaji iz svih tih osjeta konvergiraju upravo u dijelu mozga o kojem govori parijetalna hipoteza - na tromedi parijetalnog, temporalnog i okcipitalnog režnja. Neovisno o tome promatraju li se kao sklop pet osjeta koji sudjeluju u percepciji prostora ili kao nov osjet, osjet za spaciocepciju, zamisao da bez njih nema razvoja govora ni usvajanja prostornih odnosa i pravila u jeziku

(na što se oslanja gramatika, prvenstveno sintaksa) na crti je parijetalne hipoteze o lokalizaciji jezičnih funkcija u mozgu.

Nekoliko osnovnih dokaza podupire parijetalnu hipotezu (Deane, 1992):

Donji dio parijetalnog režnja sjedište je svijesti o tijelu i orijentaciji prema ekstrapersonalnom prostoru. On je integrator somatosenzoričkih informacija. Dapače, to je jedino kortikalno područje u kojem je istodobno dostupna informacija iz svih osjetnih modaliteta. Postoje brojni klinički dokazi o tome i dokazi iz pokusa s primatima.

Donji dio parijetalnog režnja sjedište je sposobnosti da se predstave i manipuliraju složeni prostorni odnosi, pa i sposobnost prepoznavanja složenih predmeta prema prirodi i rasporedu njihovih dijelova (desna hemisfera u ljudi). Čini se da je donji dio parijetalnog režnja nužan za konstruiranje sekvencijalnih planova djelovanja - za manipulaciju nizova djelovanja kao mentalnih cjelina (lijeva hemisfera u dešnjaka) - lijeva je hemisfera odgovorna za mentalnu manipulaciju apstraktnim strukturama. Oštećenje parijetalnog režnja izaziva različite simptome, npr. globalnu afaziju, agramatizam, teškoće čitanja te poremećaje logike i gramatike

Donji dio parijetalnog režnja u desnoj hemisferi ima samo vizuospacijalne i somatske funkcije i izrazito je djelotvorniji u specijalnom procesiranju nego odgovarajući dio lijeve hemisfere. Isti dio u lijevoj hemisferi ima presudnu funkciju u koordinaciji oko - ruka i općenito u pokretima šake - ruka je uglavnom organ parijetalnog režnja (kao ekstremiteti općenito, ona je dio tijela čija je glavna funkcija interakcija s okolinom)

Parijetalna hipoteza predviđa da će se najveća oštećenja strukturalnog razmišljanja, dakle i gramatike, pojaviti kao posljedica ozljeda na rubovima donjeg dijela parijetalnog režnja, te da će priroda defekta ovisiti o tome koje su veze prekinute, što pak mora ovisiti o funkcionalnoj geometriji mozga (Deane, 1992). Budući da se ona s obzirom na funkcioniranje mozga oslanja na teoriju neuralnih mreža, prema toj hipotezi afazija će nastupiti kao posljedica ozljeda u bilo kojem segmentu mreže, ne samo zbog neposrednog oštećenja određenog mjesta, gdje je do ozljede došlo, nego i zato što rezultat aktivnosti tog mjesta više nije moguće dobiti ili nije poželjan kao input za daljne dijelove mreže. Time se može objasniti zašto ima tako malo jasnih slučajeva određenih tipova afazije, odnosno zašto svaka afazija uglavnom ima komponente nekoliko tipova, kao i slučajevi Brocine afazije, kada nije oštećeno Brocino središte.

Očit je nedostatak ovoga modela bavljenje gotovo isključivo sintaksom.

Damasio i Damasio (1992) predstavljaju obradu jezika u mozgu kroz tri sklopa struktura u međudjelovanju. Taj je opis sličan Lurijinu modelu triju funkcionalnih jedinica, ali se oslanja i na model neuralnih mreža.

Prvi sklop čini velika skupina živčanih sustava u obje hemisfere koja predstavlja nejezična međudjelovanja između tijela i okoliša, putem različitih osjetnih i motoričkih sustava, drugim riječima sve što čovjek čini, percipira ili osjeća. Mozak kategorizira te nejezične reprezentacije (po kriterijima oblika, boje, slijeda, emocionalnog stanja ili sl.) ali također kreira novu razinu reprezentacije za rezultate te kategorizacije. Na taj način ljudi organiziraju

predmete, događaje i odnose. Sljedeći slojevi kategorija i simboličkih reprezentacija čine osnovu apstrakcije i metafore.

Drugi sklop čini manji broj živčanih sustava, uglavnom smještenih u lijevoj hemisferi, koji predstavljaju foneme, njihove kombinacije i sintaktička pravila za kombiniranje riječi. Stimulacijom iz samog mozga ti sustavi slažu riječi i generiraju rečenice koje će biti izgovorene ili napisane. Stimulacijom izvana, govorom ili pismom, oni izvedu početnu obradu slušnih ili vizualnih jezičnih signala.

Konačno, treći sklop struktura, također smješten uglavnom u lijevoj hemisferi, posreduje između prva dva. Taj sklop može poći od pojma i stimulirati proizvodnju riječi ili može dobiti riječi i potaknuti mozak da dozove odgovarajuće pojmove. Ti posrednički sustavi, osim odabira riječi koje odgovaraju izražavanju određenog pojma, također upravljaju generiranjem rečeničnih struktura koje izražavaju odnose među pojmovima.

Živčane strukture koje posreduju između pojmova i riječi raspoređene su duž okcipitotemporalne osi mozga. Čini se da se posredovanje za mnoge opće pojmove javlja na stražnjem dijelu te osi, a za najspecifičnije posve naprijed, u blizini vrha lijevog temporalnog režnja. To Damasio i Damasio (1992) zaključuju na temelju ponašanja pacijenata poslije fokalnih ozljeda na različitim dijelovima temporalnog režnja (vidjeti i Gazzaniga, 1994). Ovisno o mjestu ozljede selektivno su oštećene opće ili vlastite imenice. Ozljede nekih dijelova frontalnog režnja pak narušavaju pristup glagolima, ali i gramatičku strukturu rečenica koje ti pacijenti proizvode.

Općenito, Damasio i Damasio (1992) redefiniraju pojam "slika" u mozgu, odnosno redefiniraju pojam fizičkih reprezentacija različitih koncepcija i iskustava. Umjesto trajnog pohranjivanja slikovnih reprezentacija predmeta ili osoba, kako se tradicionalno mislilo, oni drže da mozak čuva trag živčane aktivnosti koja se ostvaruje u senzoričkim i motoričkim dijelovima kore tijekom interakcije s nekim predmetom. Ti su tragovi obrasci sinaptičkih veza koji mogu ponovno uspostaviti odvojene skupove aktivnosti koji definiraju predmet ili događaj, a svaki trag može stimulirati i srodne tragove. To ujedno znači da, osim što čuva predodžbe vanjskog svijeta, mozak bilježi kako tijelo reagira na taj vanjski svijet. Ta je interakcija sadržana u gotovo simultanim mikropercepcijama i mikroakcijama u odvojenim funkcionalnim regijama. Te zasebne aktivnosti ujedinjene su u živčanim sklopovima u brojnim područjima "konvergencije" u mozgu, što bi odgovaralo tradicionalnom pojmu asocijativnih područja ili pojmu kortikalnih polja Frackowiaka i Turnera (1995) ili pojmu Hebbijanskih staničnih sklopova, za što se zauzima Pulvermuller (1992). Mozak također kategorizira informacije tako da se srodni događaji i pojmovi mogu zajedno reaktivirati. Ta se mogućnost temelji na fiziološkom načelu da se neuroni koji su zajedno aktivni grupiraju (eng. "*fire together - wire together*"). Aktivnost u takvoj mreži može služiti i izražavanju i razumijevanju. Upravo zahvaljujući kategoriziranju percepcija i akcija istodobno na temelju mnogo različitih dimenzija, moguće su simboličke reprezentacije, primjerice metafora (Damasio i Damasio, 1992).

I različiti putovi proučavanja jezičnih funkcija i modeli organizacije jezičnih funkcija više ili manje podupiru mišljenje da je jezik modularan u smislu da je autonoman u odnosu na druge više kortikalne funkcije s jedne strane, te da se sastoji od podmodula (sintaksa, leksikon) koji su opet funkcionalno autonomni, s druge strane. Ta se autonomija, međutim, ne smije tumačiti kao postojanje odvojenih neuroloških struktura za pojedine podmodule, nego samo kao razmjerno samostalno funkcioniranje (Blumstein, 1988).

JEZIK I NEDOMINANTNA HEMISFERA

Već se krajem devetnaestog stoljeća vjerovalo da desna hemisfera može proizvesti automatski govor, uzvike, klišeje koji se sastoje od jedne riječi ili fraze i dobro poznate fraze, ali da je još aktivnije uključena u leksičko dekodiranje i razumijevanje govora. Inače je uglavnom nijema (Bradshaw i Nettleton, 1983).

Ranije se podrazumijevalo da, budući da desna hemisfera ne može govoriti, ne može niti razumjeti. Pokazalo se, međutim, da desna hemisfera ima iznenađujuće visok stupanj sposobnosti razumijevanja jezika (Kohn, 1980; Zaidel, 1985; Pinel, 1990) - više na razini semantike i konotativnog značenja, a manje na sintaktičkoj ili fonološkoj razini, s vrlo ograničenom ekspresivnom kompetencijom. Može razumjeti uobičajene izgovorene i napisane riječi i jednostavna gramatička i sintaktička načela. Kolb i Whishaw (1996) zaključuju da desna hemisfera ima dobru sposobnost prepoznavanja, ali ne može inicirati govor, jer nema pristup govornim mehanizmima lijeve hemisfere.

Desna hemisfera može razumjeti glagole, izvesti izgovorene naredbe ili povezati odgovarajuću imenicu s glagolom, sve dok se ne traži verbalni odgovor. Puno je lošija u razumijevanju napisanog materijala nego onog predstavljenog slušnim putem. Izolirana desna hemisfera može posložiti slova i riječi te izvesti jednostavnije pisanje (uglavnom velika i mala tiskana slova), te može prepoznati mnoge napisane riječi, ne samo konkretne imenice kako se prije mislilo. Čini se da nema pravila za prevođenje grafema u foneme, pa vjerojatno čita riječi ideografski, kao vizualne strukture - geštalte (već spomenuta razlika između pisama *kana* i *kanji*). Može prepoznati i izabrati predmete na osnovi apstraktnih opisa ili definicija njihove uporabe danih slušno. Ponaša se kao nominalni afatik - poznaje svojstva i uporabu predmeta, ali ne i njegovo ime.

Čini se da posjeduje prilično opsežan leksikon, ali je on vjerojatno konotativan, asocijativan i apstraktan za razliku od preciznog, denotativnog i fonološkog leksikona lijeve hemisfere. Funkcija desne hemisfere u jezičnim situacijama vjerojatno je potpora lijevoj hemisferi, pri čemu identificira ulaznu informaciju s pomoću vidnih i slušnih geštalta i upravlja izvanjezičnim kontekstom (Bradshaw i Nettleton, 1983).

Njezin je primarni prinos normalnom jezičnom procesiranju, dakle, na planu jezične pragmatike (Blumstein, 1988). Pacijenti s teškim ozljedama desne hemisfere često imaju teškoće u integriranju činjenica prezentiranih u

pojedinačnim propozicijama u veći koherentni sklop. Primjerice, dok se prijećaju pojedinosti iz priče, ne mogu donijeti zaključak o tome što će se vjerojatno dogoditi niti mogu povući pouku iz priče.

Prednost lijevog uha (desne hemisfere) nađena je za identifikaciju intonacijskih linija koje odgovaraju izričnim, imperativnim, kondicionalnim i upitnim rečenicama u engleskom jeziku, čak i kada su te konture nadograđene na kratke besmislene slogove (Bradshaw i Nettleton, 1983). Zatorre (prema Kolb i Whishaw, 1996) vjeruje da temporalni režanj desne hemisfere ima posebnu ulogu u registriranju tona (bez obzira na to radi li se o govoru ili glazbi). U slučaju govora to bi značilo da je ton kao element prozodije smješten u desnoj hemisferi.

U vidnom modalitetu nađena je prednost lijevog vidnog polja, dakle desne hemisfere, za parove slova fizički sličnih, te za obradu slova neobična ili kičasta pisma. Desna hemisfera može također preuzeti obradu jednostavnijeg verbalnog materijala, ako je dominantna hemisfera zauzeta nekim drugim primarnim zadatkom. Ely i sur. (1989) našli su da desna hemisfera pridonosi semantičkom procesiranju podražaja koji mogu izazvati multisenzoričke i/ili emocionalne doživljaje, a da u većoj ili manjoj mjeri (ovisno o konkretnom zadatku) sudjeluje u svakom semantičkom procesiranju. Riječi koje se mogu lako predočiti procesiraju se u desnoj hemisferi za razliku od teško predočivih (primjerice *stolac* za razliku od *sudbina*). Isto vrijedi i za imenice nasuprot gramatičkim riječima (Coslett i Monsul, 1994).

Mondor i Bryden (1992) ustvrdili su da se dominantnost desne hemisfere može izazvati usmjeravanjem pozornosti na lijevo uho, ali da je to moguće samo kod manje zahtjevnih zadataka - čim je zadatak slušne identifikacije teži unatoč uputama desno uho (lijeva hemisfera) postaje dominantno.

Latentne jezične sposobnosti desne hemisfere najvjerojatnije će se najjasnije iskazati u slučajevima ozljeda lijeve hemisfere u ranoj mladosti, posebice u žena i dešnjaka, a u nefonološkim i ncartikulacijskim materijalima i situacijama. Poslije masivnih ozljeda lijeve hemisfere prilikom kojih stradaju jezično/govorna područja, desna će hemisfera potpuno preuzeti jezičnu funkciju tek ako u lijevoj hemisferi nije ostalo dovoljno zdravog tkiva uz jezično/govorna područja na koja bi se funkcija mogla prebaciti. To posebice vrijedi za ozljede poslije pete godine (Bradshaw i Nettleton, 1983). Ozljede desne hemisfere uglavnom ne uzrokuju očite afazične smetnje. Međutim, osjetljivija su istraživanja pokazala da ipak ima laganih oštećenja jezične sposobnosti - posebice kada se radi o apstraktnim pojmovima ili apstraktnim riječima koje nedostaju u testovima nadopunjavanja rečenica. Nađeni su i problemi u učenju nove jezične grade, artikulaciji, razumijevanju metafore, odgovorima na složene izričaje neobične sintakse, pronalaženju riječi i verbalnoj kreativnosti, te u pisanju dobro poznatih automatskih fraza. Govor osoba s oštećenjima desne hemisfere često je monoton, što upućuje na prozodijske abnormalnosti koje uključuju osnovni ton, a u puno manjoj mjeri narušena je vremenska kontrola govornog toka, trajanja riječi i stanke i sl. Tečnost govora može biti narušena poslije ozljeda orbitalno-frontalnog

područja (Kolb i Whishaw, 1996).

Desna hemisfera pridonosi emocionalnom aspektu govora - osim što govore monotono i neizražajno, ljudi s ozljedama desne hemisfere ne mogu razumijeti osjećaje koje sugovornici izražavaju tonom glasa i ne razumiju humor i ironiju u govoru (Kalat, 1995).

ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da je jezično i govorno znanje, odnosno funkcioniranje široko predstavljeno u moždanoj kori. Mnogobrojna istraživanja potvrđuju da je lijeva hemisfera doduše superiorna u obradi i pripremi jezičnog i govornog materijala, ali je očito da je za normalno jezično funkcioniranje potrebna usklađena aktivnost objiju hemisfera. Najviše je lateraliziran na lijevu stranu ekspresivan oblik jezika, zatim pisanje, a najmanje razumijevanje. Jedina jezična funkcija koja bi se mogla nazvati strogo lijevo-hemisferalnom jest sintaksa, što uključuje nekoliko elemenata: proizvodnju, vremensko planiranje i pravilan redosljed pokreta potrebnih za govorenje i razumijevanje gramatičkih pravila. Ostale funkcije u većoj ili manjoj mjeri pripadaju i desnoj hemisferi. Reprezentacija pojedinih segmenata jezičnog i govornog funkcioniranja u mozgu nije oštro razgraničena, pa neka jezična/govorna operacija aktivira nekoliko mjesta i/ili putova istodobno. Prema dosadašnjim spoznajama jezično i govorno funkcioniranje može se opisati kao vrsta neuralne mreže s pretežito paralelnim procesiranjem na nekoliko razina.

REFERENCIJE

- Ahonniska, J., Cantell, M., Tolvanen, A. and Lyytinen, H.** (1993). Speech Perception and Brain Laterality: The Effect of Ear Advantage on Auditory Event-Related Potentials. *Brain and Language* 45, 127-146.
- Basili, A.G., Diggs, Ch. C. and Rao, P.R.** (1980). Auditory Processing of Brain-Damaged Adults Under Competitive Listening Conditions. *Brain and Language* 9, 362-371.
- Bates, E.** (1994). Modularity, domain specificity and the development of language. *Discussions in Neuroscience X*, No. 1-2, 136-149.
- Blumstein, S.** (1988). Neurolinguistics: an overview of language-brain relations in aphasia. U: *Linguistics: The Cambridge Survey. III Language: Psychological and Biological Aspects* (Ed. F. J. Newmeyer). Cambridge University Press, 210-236.
- Blumstein, S.** (1995). On the neurobiology of the sound structure of language: Evidence from aphasia. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (Ur. K. Elenius i P. Branderud), Vol. 2, 180-185.
- Blumstein, S., Goodglass, H. and Tartter, V.** (1975). The Reliability of Ear Advantage in Dichotic Listening. *Brain and Language* 2, 226-236.
- Boatman, D.F., Lesser, R.P., Hall, C.B. and Gordon, B.** (1994). Auditory Perception of Segmental Features: A Functional-Neuroanatomic Study. *Journal of Neurolinguistics* 8, No. 3, 225-234.

- Bradshaw, J.L. and Nettleton, N.C.** (1983). *Human Cerebral Asymmetry*. Inglewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, Inc.
- Caplan, D.** (1988). The biological basis for language. U: *Linguistics: The Cambridge Survey III Language: Psychological and Biological Aspects* (Ed. F. J. Newmeyer). Cambridge University Press, 237-255.
- Cohen, H., and Segalowitz, N.** (1990). Cerebral hemispheric involvement in the acquisition of new phonetic categories. *Brain and Language* 38, 398-409.
- Cohen, H., Gelinas, C., Lassonde, M., and Geoggroy, G.** (1991). Auditory Lateralization for Speech in Language-Impaired Children. *Brain and Language* 41, 395-401.
- Coslett, H.B. and Monsul, N.** (1994). Reading with the right hemisphere: Evidence from transcranial magnetic stimulation. *Brain and Language* 46, 198-211.
- Damasio, A.R. and Damasio, H.** (1992). Brain and Language. *Scientific American*, 267 (3), Sept. 89-95.
- Deane, P.D.** (1992). *Grammar in Mind and Brain*. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Dimond, S.J.** (1980). *Neuropsychology: A textbook of systems and psychological functions of the human brain*. London: Butterworths.
- Dudaš, G.** (1989). Lateralizacija slušanja raznovrsnih govornih znakova. *Govor VI*, br. 1, 65-74.
- Ely, P.W., Graves, R.E. and Potter, S.M.** (1989). Dichotic listening indices of right hemisphere semantic processing. *Neuropsychologia* 27, (7), 1007-1015.
- Emmorey, K.d. and Fromkin, V. A.** (1988). The mental lexicon. U: *Linguistics: The Cambridge Survey III Language: Psychological and Biological Aspects* (Ed. F. J. Newmeyer). Cambridge University Press, 124-149.
- Flores d'Arcais, G.B.** (1988). Language perception. U: *Linguistics: The Cambridge Survey III Language: Psychological and Biological Aspects* (Ed. F. J. Newmeyer). Cambridge University Press, 97-123.
- Frackowiak, R.** (1994). Functional mapping of verbal memory and language. *Trends in Neurosciences* 17, (3), 109-115.
- Frackowiak, R. and Turner, R.** (1995). Functional brain mapping. *The Biochemist*. Oct/Nov., 25-29.
- Friederici, A.D., Pfeifer, E. and Hahne, A.** (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research* 1, 183-192.
- Fromkin, V. A.** (1995). Neurobiology of language and speech. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (Ur. K. Elenius i P. Branderud), Vol. 2, 156-163.
- Gazzaniga, M.S.** (1994). Language and the cerebral hemispheres. *Discussions in Neuroscience X*, No. 1-2, 106-109.
- Gordon, B., Hart, J., Boatman, J., Crone, N., Nathan, S., Uematsu, S., Holcomb, H., Krauss, G., Selnes, O.A., and Lesser, R.P.** (1994). Language and brain organization from the perspectives of cortical electrical
-

- recording, PET scanning, and acute lesions studies. *Discussions in Neuroscience X*, No. 1-2, 46-51.
- Hagoort, P. and Brown, C.M.** (1995). Electrophysiological insights into language and speech processing. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (Ur. K. Elcnius i P. Branderud), Vol. 2, 172-178.
- Hagoort, P. and Kutas, M.** (1995). Electrophysiological insights into language deficits. U: *Handbook of Neuropsychology*, Vol. 10. (Ur. F. Boller and J. Grafman), 105-134. Amsterdam: Elsevier.
- Hier, D.B., Yoon, W.B., Mohr, J.P., Price, T.R. and Wolf, Ph.** (1994). Gender and aphasia in the stroke data bank. *Brain and Language* 47, 155-167.
- Holcomb, Ph.J. and Anderson, J.E.** (u tisku). Cross-modal semantic priming: A time-course analysis using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*.
- Horga, D.** (1992). Lateralizacija jezika kojima govornik vlada. *Zbornik savjetovanja: Strani jezik u dodiru s materinskim jezikom* (Ur. M. Andrijašević i Y. Vrhovac), Zagreb, 167-178.
- Kalat, J.W.** (1995). *Biological psychology*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Kean, M-L.** (1995). Phonological structure and the analysis of phonemic paraphasias. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (Ur. K. Elenius i P. Branderud), Vol. 2, 186-192.
- Kimura, D.** (1961). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.
- Kimura, D.** (1973). Manual activity during speaking: I. Right-handers. *Neuropsychologia* 11, 45-50.
- Kimura, D.** (1975). Cerebral dominance for speech. U: *The Nervous system* (D.B. Tower, ur.), Vol. 3: *Human Communication and Its Disorders*, 365-371. New York: Raven Press.
- Kimura, D.** (1983). Sex Differences in Cerebral Organization for Speech and Praxic Functions. *Canadian Journal of Psychology* 37 (1), 19-35.
- Kohn, B.** (1980). Right-hemisphere speech representation and comprehension of syntax after left cerebral injury. *Brain and Language* 9, 350-361.
- Kolb, B. and Whishaw, I.** (1990). *Fundamentals of Human Neuropsychology*. San Francisco: Freeman.
- Lieberman, Ph.** (1991). *Uniquely Human*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Luria, A.R.** (1975). *Osnovnie problemi nejrolingvistiki*. (prijevod s ruskog, 1982, Beograd: Nolit).
- Mildner, V.** (1992). Ima li razlike u dominantnosti moždanih hemisfera u percepciji materinskog i stranog jezika? *Zbornik savjetovanja: Strani jezik u dodiru s materinskim jezikom* (Ur. M. Andrijašević i Y. Vrhovac), Zagreb, 179-187.
- Mildner, V.** (1993). Neurolingvistički pristup prepoznavanju okluziva. *Suvremena lingvistika* 19, 1-2 (35-36), 159-169.
- Molfese, D. L.** (1978). Neuroelectric Correlates of Categorical Speech Perception in Adults. *Brain and Language* 5, 25-35.
- Molfese, D. L.** (1980). The Phoneme and the Engram: Electrophysiological

- Evidence for the Acoustic Invariant in Stop Consonants. *Brain and Language* 9, 372-376.
- Mondor, T.A. and Bryden, M.P.** (1992). On the relation between auditory spatial attention and auditory perceptual asymmetries. *Perception and Psychophysics* 52 (4), 393-402.
- Ojemann, G.A.** (1994). Intraoperative investigations of the neurobiology of language. *Discussions in Neuroscience X*, No. 1-2, 51-57.
- Pansini, M.** (1988). Koncept gramatike prostora. *Govor V*, br. 2, 117-128.
- Pinel, J.P.J.** (1990). *Biopsychology*. Boston: Allyn and Bacon.
- Porter, R.J. and Berlin, Ch.I.** (1975). On Interpreting Developmental Changes in the Dichotic Right-Ear Advantage. *Brain and Language* 2, 186-200.
- Premack, D. and Premack, A.J.** (1994). How 'Theory of Mind' constrains language and communication. *Discussions in Neuroscience X*, No. 1-2, 93-105.
- Pulvermuller, F.** (1992). Constituents of a neurological theory of language. *Concepts in Neuroscience*, Vol. 3, No. 2, 157-200.
- Raichle, M.E.** (1994). Positron emission tomographic studies of verbal response selection. *Discussions in Neuroscience X*, No. 1-2, 130-136.
- Studdert-Kennedy, M. and Shankweiler, D.** (1970). Hemispheric specialization for speech perception. *Journal of the Acoustical Society of America* 48, 579-594.
- Škarić, I.** (1991). Jezik u pravopisu. *Jezik* 39, (2), 33-45.
- Vuletić, D.** (1993). Lingvističke značajke afazija. *Govor X*, Br. 1, 89-100.
- Whitaker, H. A.** (1995). Roots: 5 notes on the history of neurolinguistics. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (Ur. K. Elenius i P. Branderud), Vol. 2, 164-171.
- Zaidel, E.** (1985). Introduction. U: F.D. Benson & E. Zaidel (Eds.) *The dual brain: Hemispheric specialization in humans* (pp. 47-63). London: The Guilford Press.
-

Vesna Mildner
Faculty of Philosophy, Zagreb

**REPRESENTATION OF LANGUAGE AND
SPEECH PROCESSES IN THE BRAIN**

SUMMARY

The paper discusses neurobiological bases of language and speech functions. The data originate from clinical and healthy populations. Three models of language and speech representation in the brain are described and discussed with respect to their strong and weak points. Evidences of right hemisphere activity during language and speech functions are presented.

Key words: *neurolinguistics, laterality, dominant hemisphere, nondominant hemisphere, neurolinguistic models*
