



Univerzitet u Beogradu
Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju

ISTRAŽIVANJA U SPECIJALNOJ EDUKACIJI I REHABILITACIJI

BEOGRAD 2009.

UNIVERZITET U BEOGRADU -
FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
UNIVERSITY OF BELGRADE -
FACULTY OF SPECIAL EDUCATION AND REHABILITATION

*Istraživanja u specijalnoj
edukaciji i rehabilitaciji*

*Research in Special Education and
Rehabilitation*

Priredio / Edited by
Prof. dr Dobrivoje Radovanović

Beograd / Belgrade
2009

EDICIJA: RADOVI I MONOGRAFIJE

Izdavač:
Univerzitet u Beogradu -
Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju

Istraživanja u specijalnoj edukaciji i rehabilitaciji

- Za izdavača:** Prof. dr Dobrivoje Radovanović, dekan
- Urednik edicije:** Prof. dr Zorica Matejić-Đuričić
- Uređivački odbor:**
- Prof. dr Dobrivoje Radovanović
 - Prof. dr Dragan Rapačić
 - Prof. dr Nenad Glumbić
 - Prof. dr Sanja Đoković
 - Doc. dr Vesna Vučinić
 - Prof. dr Mile Vuković
 - Prof. dr Svetlana Slavnić
- Recenzenti:**
- Maria Elisabetta Ricci,
Univerzitet "La Sapienza", Rim, Italija
 - Dr sci. Vlasta Zupanc Isoski,
Univerzitetni klinički centar Ljubljana,
KO za vaskularnu nevrologiju in intenzivno terapiju,
Služba za nevrorehabilitaciju - logopedija Ljubljana,
Slovenia

Štampa:
„Planeta print“, Beograd

Tiraž:
200

Objavlivanje ove knjige je pomoglo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj.

Nastavno-naučno veće Univerziteta u Beogradu - Fakulteta za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju donelo je Odluku 3/9 od 8.3.2008. godine o pokretanju Edicije: Radovi i monografije.

Nastavno-naučno veće Fakulteta za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju Univerziteta u Beogradu, na redovnoj sednici održanoj 14.4.2009. godine, Odlukom br. 3/53 od 23.4.2009. godine, usvojilo je recenzije rukopisa Tematskog zbornika "Istraživanja u specijalnoj edukaciji i rehabilitaciji"

ISBN 978-86-80113-84-5

**EDITION:
ARTICLES AND MONOGPRAPHS**

Publisher:
University of Belgrade -
Faculty of Special Education and Rehabilitation

Research in Special Education and Rehabilitation

- For Publisher:** dr. Dobrivoje Radovanović, dean
- Edition Editor:** dr. Zorica Matejić-Đuričić
- Editorial Board:**
- dr. Dobrivoje Radovanović
 - dr. Dragan Rapaić
 - dr. Nenad Glumbić
 - dr. Sanja Đoković
 - dr. Vesna Vučinić
 - dr. Mile Vuković
 - dr. Svetlana Slavnić
- Reviewers:**
- Maria Elisabetta Ricci,
University "La Sapienza", Roma, Italy
 - Dr sci. Vlasta Zupanc Isoski,
University clinical center Ljubljana, Slovenia

Printing:
„Planeta Print“, Belgrade

Circulation:
200

Publication of this Book supported by Ministry of Science and Technology Development.

*Scientific Council of the Belgrade University - Faculty of Special Education and
Rehabilitation made a decision 3/9 from March, 8th 2008 of issuing
Edition: Articles and Monographs.*

*Scientific Council, Faculty of Special Education and Rehabilitation
University of Belgrade, at the regular meeting held on April, 14.th 2009 the Decision
N^o 3/53 of April, 23th 2009, adopted a Thematic review manuscripts collection of
“Research in Special Education and Rehabilitation “*

ISBN 978-86-80113-84-5

VIZUELIZACIJA KORTIKALNIH GOVORNIH PODRUČJA PRIMJENOM TEHNIKA FUNKCIONALNOG NEUROIMIDŽINGA

¹ Siniša Ristić, ¹ Milan Kulić, ¹ Slavica Ristić, ² Nadica Jovanović

¹ Medicinski fakultet Foča, Univerzitet u Istočnom Sarajevu

² Univerzitet u Beogradu - Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju

U radu su prikazani principi i savremene mogućnosti tehnika vizuelizacije moždanih funkcija – funkcionalnog neuroimidžinga, prvenstveno PET (pozitron emisiona tomografija) i fMRI (funkcionalni magnetski imidžing - BOLD) mozga, u identifikovanju kortikalnih područja uključenih u govorne funkcije.

Tehnike funkcionalnog neuroimidžinga omogućavaju vizuelizaciju moždanih područja dok ispitanik obavlja određeni zadatak, pa spadaju u tzv. aktivacione studije. Neuronska aktivnost u regijama mozga uključenih u izvršenje određenog zadatka će se promijeniti, a time se mjenja i potrošnja energije kao i protok krvi u toj regiji, što obilježava aktiviranje ili deaktiviranje neurona u tom području.

Opisan je klasični model neurobiološke osnove govorne funkcije poznat kao Broca-Wernicke-Lichtheim model. Takođe su opisani i noviji, znatno detaljniji neurobiološki modeli govornih funkcija koji uključuju i njihove kognitivne komponente i to model Price, model Friederici, Hickok i Poeppel model, Model Indefrey i Levelt i savremeni 6-to komponentni model.

Prikazani su i rezultati novijih istraživanja vizuelizacije kortikalnih područja vezanih za govorne funkcije.

Takođe su prikazani su i rezultati istraživanja hemisferne specijalizacije - dominacije govornih funkcija, budući da su procesi uključeni u govornu komunikaciju rijetko prisutni u obje moždane hemisfere, a leksičko i gramatičko znanje takođe pokazuje hemisfernu specijalizaciju.

Ključne riječi: funkcionalni neuroimidžing, kortikalna govorna područja, hemisferna specijalizacija.

VERBALNA KOMUNIKACIJA

Komunikacija je odnos među jedinkama, i zato je uvek i interakcija. Podela komunikacije na verbalnu i neverbalnu, osnovna je u svim dosadašnjim teorijskim razmatranjima.

Verbalna komunikacija je jedinstvena sposobnost karakteristična samo za ljudsku vrstu. Zasnovana je na različitim vrstama znakova, prvenstveno na simboli- ma, iz tog razloga se naziva i simboličkom komunikacijom. Simboli se povezuju u složene simboličke sisteme po određenim pravilima, gradeći gotovo neograničen broj značenja. Dopunjena neverbalnom komunikacijom koja se ostvaruje signali- ma, verbalna komunikacija postaje jedinstvena sposobnost svojstvena čoveku, koji je od svih živih bića jedini sposoban da ostvaruje multimodalnu komunikaciju.

Verbalna komunikacija se ostvaruje pomoću sredstava komunikacije, a to su: govor, jezik, glas, sluh, čitanje i pisanje. Verbalnu komunikaciju nazivamo još i govornom komunikacijom. Važno je istaći da govor kao sposobnost, i govorenje kao govor koji zvuči (artikulacija) nisu jedno te isto. Govor se definiše kao jezik u akciji, kao realizacija verbalnog simboličkog sistema. U praksi verbalne komunikacije, govor i jezik ne mogu se odvojiti ali ni poistovećivati.

Simbolički sistem komunikacije, kao što je sistem verbalne komunikacije, zasniiva se, pre svega, na biološkim osnovama, datog nasleđem.

Iako stjecanje jezika uključuje učenje, istraživanja su pokazala da je velik dio toga procesa urođen.

Hronološki se najpre razvija razumevanje govora (dete prvo razume verbalne naloge ispunjava ih i pre nego što progovori), a zatim govorna produkcija (samoinicijativna komunikacija govorom koji zvuči).

TEHNIKE FUNKCIONALNOG NEUROIMIDŽINGA

Direktna, ali invazivna tehnika proučavanja aktivnost mozga predstavlja direktno snimanje jedne ćelije, pomoću elektroda koje se umetnu direktno u mozak. Ova tehnika daje detaljne informacije o trenutnoj aktivnosti i lokalizaciji aktivnih neurona, ima visoku vremensku i prostornu rezoluciju, ali samo vrlo mala područja mozga se pri tome mogu evidentirati u jednom aktu.

EEG i MEG su tehnike koje registruju indirektno električno ili magnetsko polje nastalo sinhronizovanim aktivnostima mnogih neurona preko elektroda koje se postavljaju na površinu kože lobanje. Oni imaju visoku vremenske rezolucije (oko 10-100 ms), ali vrlo male prostorne rezolucije (nekoliko mm).

Konvencionalna radiologija, kompjuterska tomografija (CT) i vizuelizacija magnetnom rezonancom (MRI) pružaju isključivo morfološke informacije o endokranijalnim strukturama.

Posljednjih 20-tak godina razvijene su tehnike koje mogu neinvazivnim putem prikazati moždane struktura tokom obavljanja različitih aktivnosti, na taj način se mogu dobiti „slike mozga u akciji”. Ove tehnike se nazivaju funkcionalna vizuelizacija mozga. Neuropsihologija, invazivna manipulacija moždanim funkcijama i funkcionalni imidžing pružaju različite poglede koji omogućuju da razumijemo šta određeno područje mozga radi.

Osnovu vizuelizacije moždanih struktura u akciji predstavljaju tehnike koje registruju signal dobiven na osnovu promjena intenziteta regionalnog protoka krvi i/ili metaboličke aktivnosti moždanog tkiva na osnovu potrošnje glukoze kao njegovog glavnog energetskog supstrata i tu spadaju SPECT (single photon emission computed tomography), PET (pozitron emisiona tomografija) i funkcionalni magnetno rezonantni imidžing mozga (fMRI).

Tehnike funkcionalnog imidžinga se odlikuju visokom prostornom rezolucijom, reda 1-3 mm; ali malom vremenskom rezolucijom od svega oko 1 sek, pa ova ograničena vremenska rezolucija nije dovoljna da omogući registrovanje brzih promjena moždane aktivnosti, odnosno promjena koje veoma kratko traju što zahtjeva poštovanje etičkih principa njegove primjene i neizlaganje ispitanika većem broju pretraga.

Kako se povećava aktivnost određenog dijela mozga, povećava se i protok krvi kroz njega, a takođe se povećava i potrošnja kiseonika odnosno količina dezoksihemoglobin u toj krvi uz povećanje i potrošnje glukoze.

Brojna dosadašnja istraživanja imala su za cilj da definišu povezanost između intenziteta aktivnosti moždanih neurona i intenziteta signala koji su njihova indirektna mjera (regionalna moždana cirkulacija-intenzitet metaboličke aktivnosti moždanog tkiva). Rezultati tih istraživanja su pokazala da ne postoji linearna proporcionalnost između intenziteta moždane aktivnosti i njenih korelata prikazanih tehnikama funkcionalnog imidžinga.

TEHNIKE MULTIMODALNOG FUNKCIONALNOG NEUROIMIDŽINGA

Signal iz jednog u drugo područje mozga putuje za oko 10 ms ili manje dok promjene protoka krvi i sadržaja oksihemoglobina u njoj imaju mnogo veću inerciju (sporije su), otprilike 100 milisekundi do nekoliko sekundi nakon aktivacije određenog regiona mozga. Na ovaj način fMRI i PET ne mogu vjerno prikazati funkcionalnu povezanost između pojedinih regiona mozga. Jedine metode koje danas stoje na raspolaganje za registrovanje tako brzih promjena moždane aktivnosti su EEG i MEG, ali ove metode imaju slabiju prostornu rezoluciju koja je određena brojem elektroda koje se postavljaju na skalp.

Slaba vremenska rezolucija fMRI reda nekoliko sekundi nije uzrokovana tehničkim ograničenjima već karakteristikama pojave koja se registruje. EEG tehnika koja se odlikuje dobrom vremenskom rezolucijom mjeri promjene električne aktivnosti nervnog tkiva dok fMRI registruje promjene protoka koje se odlikuju većom vremenskom inercijom. Ukoliko se opremom za MRI kvantifikuju fenomeni osim intenziteta lokalnog protoka krvi, može se dobiti visoka prostorna rezolucija. Istovremeno postizanje dobre prostorne i vremenske rezolucije vizuelizacije se može postići integracijom različitih modaliteta istraživanja moždanih funkcija, jednim koji imaju dobru prostornu rezoluciju sa drugima koji se odlikuju dobrom vremenskom rezolucijom. Najčešće korišteni hibridni multimodalni sistemi u funkcionalnoj vizuelizaciji mozga su: SPECT-CT, SPECT-PET, PET/CT, TMS-PET, TMS-EEG. Hibridni funkcionalni imidžing (strukturno-funkcionalni) istovremeno prikazuje gdje se nešto odvija i šta se u biohemijskom smislu tu odvija. PET i fMRI kombinacija omogućava vizuelizaciju moždanih struktura uključenih u ponašanje koje se istražuje; dok kombinacija EEG i MEG daje informacije o progresiji aktivnosti tih sistema u funkciji vremena.

NEUROBIOLOŠKA OSNOVA GOVORNIH FUNKCIJA

Usprkos intenzivnim istraživanjima relacija jezik-mozak, i impresivne akumulacije znanja tokom posljednjih nekoliko decenija ipak je došlo do malog napretka u upoznavanju modela funkcionalne anatomske organizacije govornih funkcija na bazi integracije rezultata neuropsiholoških, neuroimidžing i psihofizioloških istraživanja.

Dosadašnja istraživanja neurobiološke osnove govorne komunikacije vršena su hirurškim odstranjenjem kortikalnog tkiva, analizom oštećenja mozga izazvana nesrećom ili bolešću (deficit-lezija model), snimanjem mozga pacijenata

sa afazijom-disfazijom (CT, MRI), intraoperativnom kortikalnom stimulacijom sa lokalizacijom funkcija kortikalnih područja, funkcionalni neuroimaging (fMRI, PET) za vrijeme izvođenja govornih aktivnosti Ova istraživanja su pokazala da mozak procesira govor pomoću nekoliko međusobno povezanih grupa nervnih struktura.

1. velika grupa nervnih sistema u lijevoj i u desnoj cerebralnoj hemisferi predstavlja nejezične interakcije između tijela i okolisa, tj. sve ono šta osoba radi, percipira, misli ili osjeća dok se kreće u svijetu.
2. manji broj nervnih sistema, većim djelom lociranih u lijevoj hemisferi predstavljaju foneme, kombinacije fonema o sintaktička pravila za spajanje riječi.
3. strukture većim djelom locirane u lijevoj hemisferi, posreduje između prva dva nervna sistema. One mogu primiti koncept i stimulirati produkciju riječi i njihovih oblika ili mogu primiti riječi i potaknuti mozak da evocira odgovarajuće koncepte.

Pri tome velika grupa nervnih struktura odgovorna je za predstavljanje koncepta; dok manji set formira riječi i rečenice.

Brojna istraživanja neurobiološke osnove govorne komunikacije pokazala su da postoje velike individualnih razlika u organizaciji jezičnih sposobnosti, za koje se pretpostavlja da mogu biti formirane pod značajnim genetskim uticajem.

BROCA-WERNICKE-LICHTHEIM ILI KLASIČNI MODEL FUNKCIONALNE ORGANIZACIJE MOŽDANIH PODRUČJA POVEZANIH SA GOVOROM

Do nedavno, dominantni model neuronske osnove jezika bio je Broca-Wernicke-Lichtheim model, u kome u osnovi jezičkih funkcija stoji funkcija Broca područja, Wernicke područja i asocijativnih puteva koji ih povezuju, a ova su područja smještena u dominantnoj, najčešće lijevoj hemisferi.

Govor kao sposobnost ima dva aspekta: razumevanje govora (perceptivno/receptivni aspekt, unutrašnji govor) i govornu produkciju (ekspresivni aspekt, spoljašnji govor).

Razumjevanje govora predstavlja funkciju senzorno-asocijativnih moždanih područja: Wernicke zone koja obuhvata gornji i zadnji deo prve temporalne vijuge i girus angularis-a smještena između ovog područja i vidne kore je dok je govorna produkcija funkcija Broca zone koja obuhvata donji deo premotorne frontalne kore. Područja koja povezuju motorne i senzorno-asocijativne zone mozga uključene u govornu komunikaciju obuhvataju Fasciculus arcuatus. Kliničkoj praksi je ovaj model bio vodilja godinama.

Ovaj "klasični model" odnosa mozga i jezika je zasnovan na analizi korelacija jezičkih deficita i lezija mozga. Ovo je prvi veliki model biološke organizacije strukture uključenih u jezičke funkcije, rezultat nezavisnih i kumulativnih napora Broca, Wernicke, Lichtheim tokom 19. vijeka, a modifikovanih od strane Geschwind 1967 god. Brokino glavno otkriće, 1861 god bilo je da su određeni pacijenti sa teškoćama/nemogućnosti govora (npr. mogu reći samo jedan slog), na obdukciji imali veliku leziju u lijevom donjem frontalnom korteksu, pa je on zaključio da određeni dijelovi lijevog donjeg frontalnog girusa učestvuju u proizvodnji govora. Wernicke (1874 god) je primijetio da lezije u zadnjem dijelu temporalnog girusa koreliraju s nastankom tečnog ali besmislenog govora, kao i pro-

blemima sa razumjevanjem auditivnih informacija. Wernicke je na osnovu toga zaključio da zadnji gornji temporalni girus ima ulogu u percepciji govora.

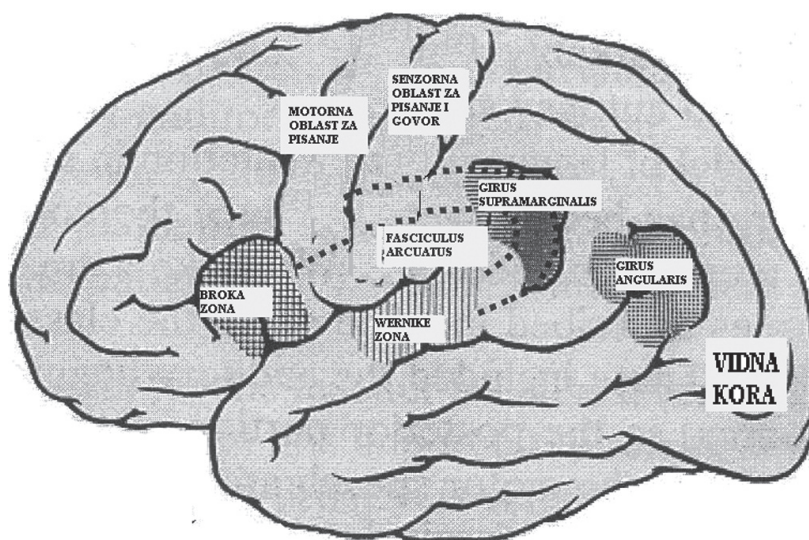
Lichtheim (1885) je ubacio u ovaj model asocijativne veze između Broka i Wernicke područja. Geschicht (1967) usvoja većina od pretpostavki ovog modela i sugerise da semantička obrada vjerovatno uključuje donji parijetalni korteks.

Senzorna komponenta govora razlikuje se kod usmenog i pisanog govora. Kod usmenog govora auditivna area analizira zvučne informacije dok Wernickeova area daje smisao zvučnim senzacijama. Čitanje (pisani govor) predstavlja proces koji uključuje: vizuelni ulaz (vidna kora) koji vrši prepoznavanje vizuospatialnih karakteristika grafema, centralni procesor, u kome se vrši pretraživanje/prepoznavanje slova i reči u "centralnom jezičkom skladištu" (girus angularis) i govorni izlaz u kome se vrši prevođenje prepoznatih slova i reči u foneme (Wernickeova zona).

Wernicke zona pripada opštem (heteromodalnom) asocijativnom korteksu i njene funkcije su da deponuje memoriju za zvukove, pretvara zvukove u riječi, obrazuje senzitivnu matricu za riječi, omogućava razumjevanje izgovorenog i napisanog itd.

Fiziološka osnova ekspresivnog govora podrazumjeva pokretanje funkcije motorne zone za govor (Broka), dominantne, u dešnjaka najčešće lijeve hemisphere gdje se stvara šablon inervacije govorne muskulature tj. njihove precizne motorne komande koje su potrebne za artikulisanje riječi i obrazuje motornu matricu za kinetske slike riječi, pri čemu se govor osmišljen u Wernicke području prevodi posredstvom fasciculus arcuatusa na nivo motornog akta. Ovako stvoren šablon inervacije mišića koji su uključeni u govor prenosi se iz Broka centra do motornog homunkulusa primarne motorne kore koja aktivise pojedinačne mišiće koji učestvuju u izgovoru riječi, do kojih informacije dolaze kortikobulbarnih vlaknima budući da su pomenuti mišići inervisani putem odgovarajućih motornih neurona prvenstveno moždanog stable, organizovanih u motorna jedra određenih kapitalnih nerava.

Slika 1 Klasična moždana područja uključena u govornu komunikaciju



NOVIJI MODELI FUNKCIONALNE ORGANIZACIJE MOŽDANIH PODRUČJA POVEZANIH SA GOVOROM

S obzirom na nove tehnike koje danas stoje na raspolaganju za istraživanje ljudskog mozga in vivo (fMRI, PET, MEG) i veću sofisticiranost već postojećih tehnika (EEG, deficit-lezija korelacija), danas je model te organizacije obogaćen sa brojnim detaljima ali ipak praktično svi savremeni modeli neurološke osnove govora su vezani za pretpostavku da su Broca i Wernike područja od ključnog značaja za jezičku funkciju.

Savremeni modeli organizacije moždanih kortikalnih područja vezanih za funkciju govora, klasičnom Broca-Wernicke-Lichtheim modelu, dodaju kognitivne komponente govornih funkcija mozga.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA MOŽDANIH PODRUČJA VEZANIH ZA GOVORNE FUNKCIJE PRIMJENOM FUNKCIONALNOG IMIDŽINGA

Istraživanja kod kojih je posmatran protok krvi za vrijeme različitih aktivnosti pokazala su:

- kod slušanja i gledanja riječi dolazi do odvojenog procesiranja vidnih i slušnih stimulusa
- kod ponavljanja riječi bilateralno se aktiviraju motorna i suplementarna područja kore
- kod povezivanja riječi aktivira se frontalni režanj (osobito lijevi)

Istraživanja kortikalne stimulacije i lokalizacija moždanih područja vezanih za govorne funkcije (Penfield i sar.) pokazala su da su područja u kojima stimulacija mozga izaziva blokiranje ili poremećaj jezičkih funkcija (potpuni zastoj u govoru, nejasan govor, mucanje, nesposobnost imenovanja predmeta i brojanja u nizu, pogrešna imenovanja predmeta) široko rasprostranjena u frontalnom, temporalnom i parijetalnom režnju.

U sličnim istraživanjima Ojemann i sar. su pronašli da:

- se područja korteksa u kojima el. stimulacija izaziva poremećaje u govoru rasprostiru se izvan granica onih područja koje pretpostavlja W-G model
- su sve specifične jezične sposobnosti predstavljene i u prednjim i u zadnjim područjima kore

Istraživanjima u kojima je korišten PET (Petersen i sar.) su pokazala da:

- prezentacija napisanih imenica izaziva dodatnu aktivnost u sekundarnom vidnom području obje hemisfere,
- slušna prezentacija izaziva dodatnu aktivnost u sekundarnim slušnim područjima obje hemisfere
- bez obzira na to jesu li imenice prikazane u vidnom ili slušnom obliku, njihovo glasno ponavljanje dodatno je aktivira somatosenzorno i motorno područje obje hemisfere te područje oko lateralne fisure lijeve hemisfere
- bez obzira na to jesu li imenice prikazane u vidnom ili slušnom obliku, zadatak verbalnog asociiranja (imenica-glagol) izaziva dodatnu aktivnost u prefrontalnom korteksu lijeve hemisfere, točno ispred Brokina područja i u medijalnom korteksu obe hemisfere točno iznad prednjeg dijela corpusa callosuma (girus cinguli).

PRICE MODE

Price Model (2000 god) je zasnovan na rezultatima neuropsiholoških testova i neuroimidžinga, on predlaže model jezičke obrada prema kojem se akustična analiza riječi provedi u gornjem temporalnom korteksu, vizualna analiza riječi u donjem zadnjem temp i temporo-potiljačnom korteksu dok mreže semantičke reprezentacije uključuju angularni gyrus i prednji temp korteks. Planiranja artikulacije se prema ovom modelu provodi u prednjoj Insuli i prednjem dijelu Broca područja, dok se kao motorni izlaz računa motorni korteks. Akustične fonetske analize riječi se sprovede u zadnje gornjem temp korteksu. U ovom modelu Broca područje ima tradicionalnu ulogu: planiranja artikulacionih matrica govora koje se provode zajednu uz funkciju Insule i susjednih područja Broca područje.

MODEL FRIEDERICI

Model Friederici usmjerava fokus na nivo obrade riječi i daje dva glavna modela funkcionalne anatomije: temporalni lobus služi raznim aspektima sintaktičke, semantičke obrade i procese identifikacije, kao što su pronalaženje memorisanih oblika sintaktičkih i semantičkih stavki, dok frontalni lobus služi izgradnji i uspostavi sintaktičkih i semantičkih odnosa. Na osnovu studija funkcionalnog neuroimidžinga Broca područje. Tokom izvođenja različitim zadatka, obrade, uključujući glazbene sekvence, prihvatanje ritma kretanja, pokazano je da je Broca područje uključeno u obradu jezičkih i nejezičkih sekvenci, a ne samo sintaksi jezika kako se pretpostavlja tradicionalno. Kao i za Wernicke područje, s obzirom da parijetalni regioni kore nisu dio ovog modela, samo za gornji zadnji temp korteks se pretpostavlja da imaju tradicionalne uloge, a to je identifikacija subleksičkih-fonološki jedinice i / ili identifikacija oblika riječi

HICKOK I POEPEL MODEL

Hickok i Poeppel (2004) model pretpostavlja postojanje najmanje 4 područja moždana kore koja su uključena u generisanje govora:

1. lijevi zadnji donji frontalni girus /dorzalna premotorna kora koji učestvuje u artikulacionom kodiranju govora
2. bilateralni gornji temporalni girus uključen u akustično-fonetsko kodiranje govora
3. lijevi zadnji srednji temporalno girus uključen u određivanje značaja registrovanog zvuka
4. lijevi gornji parijetotemporalni korteks uključen u interferenciju registrovanih akustičnih informacija i motorike govora.

MODEL INDEFREY I LEVELT

Model Indefrey i Levelt je baziran na postojanju 5 komponenti generisanja govora tj. proizvodnje riječi: pronalaženje riječi, koje uključuje srednji temporalni girus, izbor riječi, takođe uključuje srednji temporalni girus, leksička fonološki izlazni kod, koji formira sekvence koje trebaju biti izgovorene koji uključuje zadnji srednji i gornji temporalni girus i odgovara dijelom funkciji klasičnog

Wernikeovog područja, fonološki silabifikacioni izlaz, funkcija je zadnjeg donjeg frontalnog (pre i postcentralnog) korteksa i ocjena izgovorenog sadržaja.

SAVREMENI 6-TO KOMPONENTNI MODEL

Savremena istraživanja moždane strukture uključene u govornu komunikaciju posmatraju kao zatvoreni biokibernetički sistem sa 6 podsistema:

1. *Receptorni komunikativni sistem* sa auditornim, vizuelnim i tektilno-kinesetskim podsistemom;

2. *Senzorni komunikativni sistem* sa auditornim, vizuelnim i tektilno-kinesetskim podsistemom;

3. *Transmitorni komunikativni sistem* sa auditornim, vizuelnim i tektilno-kinesetskim delom u afarentnom delu organizma i sa respiratornim, fonatornim, rezonatornim i artikularnim delom u eferentnom delu organizma;

4. *Integratorni komunikativni sistem* sa integratorom nižeg reda (INR) u afarentnom eferentnom delu organizma i integratora višeg reda (IVR);

5. *Efektorni komunikativni sistem* sa respiratornim, fonatornim, rezonatornim i artikulatornim mehanizmom;

6. *Sistem povratne sprege* (verbalni komunikativni feedback: auditivni, vizuelni, tektilno- kinestetski)

HEMISFERNA SPECIJALIZACIJA MOŽDANIH FUNKCIJA ZNAČAJNIH ZA GOVORNU KOMUNIKACIJU

Procesi uključeni u govornu komunikaciju rijetko su prisutni u obje moždane hemisfere.

Govor, čitanje i pisanje su kontrolisani iz lijeve hemisfere, a manje se zna o ulozi desne hemisfere i subkortikalnim zonama u ovim funkcijama, ali istraživanja pokazuju da bi lijevi talamus mogao imati ulogu u govornim funkcijama. Leksičko i gramatičko znanje pokazuje hemisfernu specijalizaciju.

Govor i jezičke funkcije su predominantno funkcija leve hemisfere tj. lijeva hemisfera je dominantna za govor, ali i praksiju. Desna hemisfera ima ulogu u razumevanje prozodije (boje i tonaliteta verbalnog iskaza), ali ona nema sposobnost obrade gramatičkih relacija i značajna je za učenje novog jezika, usvajanje novih reči, a takođe i za prostornu organizaciju i Pažnju.

NOVIJI POGLEDI NA GLOBALNE FUNKCIJE REŽNJEVA MOŽDANE KORE U GOVORNOJ KOMUNIKACIJI

Novija istraživanja su pokazala da moždani režnjevi izgleda da mogu imati različite uloge u govoru. Funkcije koje zahtjevaju memorisanje, npr. učenje novog i preuzimanje već pohranjenih informacija izgleda da je dominantno funkcija temporalnog režnja. Analitičke funkcije, npr. pristup djelovima pohranjenih podataka predstavlja izgleda dominantno funkcije parijetalnog režnja. Funkcije koje zahtjevaju sintezu, npr. stvaranje različitih kombinacija iz pohranjenih podataka dominantno je izgleda funkcija frontalnog režnja.

LITERATURA

1. Abel, S., Dressel, K., Bitzer, R., Kümmerer, D., Mader, I., Weiller, C., Huber, W. (2009): The separation of processing stages in a lexical interference fMRI-paradigm. *Neuroimage*. 44(3):1113-24.
2. Bahlmann, J., Schubotz, R.I., Friederici, A.D. (2008): Hierarchical artificial grammar processing engages Broca's area. *Neuroimage*. 42(2):525-34
3. Brauer, J., Neumann, J., Friederici, A.D. (2008): Temporal dynamics of perisylvian activation during language processing in children and adults. *Neuroimage*. 41(4):1484-92
4. Brown, S., Ngan, E., Liotti, M. (2008): A larynx area in the human motor cortex. *Cereb Cortex*, 18(4):837-45.
5. Caplan, D., Waters, G., Kennedy, D., Alpert, N., Makris, N., Dede, G., Michaud, J., Reddy, A. (2007): A study of syntactic processing in aphasia II: neurological aspects. *Brain Lang*. 101(2):151-77.
6. Friederici, A.D., Kotz, S.A. (2003): The brain basis of syntactic processes: functional imaging and lesion studies. *Neuroimage*. 20 Suppl 1:S8-17.
7. Girbau, D. (2007): A neurocognitive approach to the study of private speech. *Span J Psychol*. 2007; 10(1):41-51.
8. Gracco, V.L., Tremblay, P., Pike, B. (2005): Imaging speech production using fMRI. *Neuroimage*. 26(1):294-301.
9. Grodzinsky, Y., Santi, A. (2008): The battle for Broca's region. *Trends Cogn Sci*. 12(12):474-80.
10. Haller, S., Klarhoefer, M., Schwarzbach, J., Radue, E.W., Indefrey, P. (2007): Spatial and temporal analysis of fMRI data on word and sentence reading. *Eur J Neurosci*. 26(7):2074-84
11. Heim, S., Friederici, A.D., Schiller, N.O., Rüschemeyer, S.A., Amunts, K. (2000): The determiner congruency effect in language production investigated with functional MRI. *Hum Brain Mapp*. 30(3):928-40.
12. Hickok, G., Okada, K., Serences, J.T. (2009): Area Spt in the human planum temporale supports sensory-motor integration for speech processing. *J Neurophysiol*. 101(5):2725-32.
13. Hocking, J., Price, C.J. (2009): Dissociating verbal and nonverbal audiovisual object processing. *Brain Lang*. 108(2):89-96.
14. Humphries, C., Love, T., Swinney, D., Hickok, G. (2005): Response of anterior temporal cortex to syntactic and prosodic manipulations during sentence processing. *Hum Brain Mapp*. 26(2):128-38.
15. Ihnen, S.K., Church, J.A., Petersen, S.E., Schlaggar, B.L. (2009): Lack of generalizability of sex differences in the fMRI BOLD activity associated with language processing in adults. *Neuroimage*. 45(3):1020-32.
16. Indefrey, P., Kleinschmidt, A., Merboldt, K.D., Krüger, G., Brown, C., Hagoort, P., Frahm, J. (1997): Equivalent responses to lexical and nonlexical visual stimuli in occipital cortex: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroimage*. 5(1):78-81.
17. Josse, G., Hervé, P.Y., Crivello, F., Mazoyer, B., Tzourio-Mazoyer, N. (2006): Hemispheric specialization for language: Brain volume matters. *Brain Res*. 2006;1068(1):184-93.
18. Josse, G., Seghier, M.L., Kherif, F., Price, C.J. (2008): Explaining function with anatomy: language lateralization and corpus callosum size. *J Neurosci*. 28(52):14132-9.

19. Jörgens, S., Kleiser, R., Indefrey, P., Seitz, R.J. (2007): Handedness and functional MRI-activation patterns in sentence processing. *Neuroreport*. 18(13):1339-43.
20. Miyamoto, J.J., Honda, M., Saito, D.N., Okada, T., Ono, T., Ohyama, K., Sadato, N. (2006): The representation of the human oral area in the somatosensory cortex: a functional MRI study. *Cereb Cortex*. 16(5):669-75.
21. Okada, K., Hickok, G. (2006): Left posterior auditory-related cortices participate both in speech perception and speech production: Neural overlap revealed by fMRI. *Brain Lang*. 98(1):112-7.
22. Okada, K., Hickok, G. (2006): Identification of lexical-phonological networks in the superior temporal sulcus using functional magnetic resonance imaging. *Neuroreport*. 17(12):1293-6.
23. Okada, K., Smith, K.R., Humphries, C., Hickok, G. (2003): Word length modulates neural activity in auditory cortex during covert object naming. *Neuroreport*. 14(18):2323-6.
24. Pa, J., Hickok, G. (2008): A parietal-temporal sensory-motor integration area for the human vocal tract: evidence from an fMRI study of skilled musicians. *Neuropsychologia*. 46(1):362-8.
25. Pa, J., Wilson, S.M., Pickell, H., Bellugi, U., Hickok, G. (2008): Neural organization of linguistic short-term memory is sensory modality-dependent: evidence from signed and spoken language. *J Cogn Neurosci*. 20(12):2198-210.
26. Price, C.J., Crinion, J., Friston, K.J. (2006): Design and analysis of fMRI studies with neurologically impaired patients. *J Magn Reson Imaging*. 23(6):816-26.
27. Price, C.J., Crinion, J. (2005): The latest on functional imaging studies of aphasic stroke. *Curr Opin Neurol*. 18(4):429-34.
28. Rogalsky, C., Hickok, G. (2009): Selective attention to semantic and syntactic features modulates sentence processing networks in anterior temporal cortex. *Cereb Cortex*. 19(4):786-96.
29. Santi, A., Grodzinsky, Y. (2007): Working memory and syntax interact in Broca's area. *Neuroimage*. 37(1):8-17.
30. Scott, S.K. (2004): The neural representation of concrete nouns: what's right and what's left? *Trends Cogn Sci*. 8(4):151-3.
31. Teichmann, M., Dupoux, E., Kouider, S., Bachoud-Lévi, A.C. (2006): The role of the striatum in processing language rules: evidence from word perception in Huntington's disease. *J Cogn Neurosci*. 18(9):1555-69.
32. Wallentin, M., Roepstorff, A., Glover, R., Burgess, N. (2006): Parallel memory systems for talking about location and age in precuneus, caudate and Broca's region. *Neuroimage*. 1;32(4):1850-64

VISUALIZATION OF CORTICAL SPEECH AREAS BY IMPLEMENTING OF FUNCTIONAL NEUROIMAGING TECHNIQUES

¹ Siniša Ristić, ¹ Milan Kulić, ¹ Slavica Ristić, ² Nadica Jovanović

¹ Faculty of Medicine Foča, University of East Sarajevo

² University of Belgrade - Faculty of Special Education and Rehabilitation

Summary

This paper aims at presenting the principles and possibilities of modern technology in visualization of brain function - functional neuroimaging, especially

PET (positron emission tomography) and fMRI (functional magnetic imaging) brain, in identifying cortical areas involved in speech function.

Functional neuroimaging techniques take visualization of brain areas while subject performs a certain task, then fall into activating brain studies. Neural activity in brain regions involved in the execution of certain tasks will change and thus changes and energy consumption as well as the flow of blood in the region, which marks the activation or deactivation of neurons in this area.

We described the classic model of neurobiological basis of voice functions known as Broca-Wernicke-Lichtheim model. Also we described, new, much more detailed models of neurobiological basis of speech functions, including their cognitive components: model Price, model Friederici, Hickok and Poeppel model, Model Inhofe and Levelt and modern 6-component model.

We shown some recent results of recent research of visualization of cortical areas related to speech function.

Also we shown results of research in specialization or hemispheric-domination of speech functions, since the processes involved in oral communication is rarely present in both brain hemispheric, and lexical and grammatical knowledge also shows hemispheric specialization to.

Key words: functional neuroimaging, cortical speech areas, hemispheric specialization.