

Тијана Ашић  
Марија Симовић

## ОДНОС ЈЕЗИКА И МОЗГА: РЕФЛЕКСИЈЕ О ПИТАЊУ МОДУЛАРНОСТИ И НЕУРОПЛАСТИЧНОСТИ У НЕУРОЛИНГВИСТИЦИ\*

Неуролингвистика обједињује наша знања из анатомије и физиологије централног нервног система, а њен циљ је проучавање можданих структура и процеса од којих проистиче способност говора, читања и разумевања исказа. У неуролингвистици је већ неко време актуелан претежно немодуларан приступ језичкој способности и говорној делатности, а и у фундаментално-научном смислу неуролингвистике, предност има, такође, немодуларни приступ, који за разлику од модуларног не поштује строгу дистинкцију између продукције и рецепције. Полазне хипотезе неуролингвистике, развијене су паралелно са идентификацијом специфичних лингвистичких центара у мозгу и трасирале су пут холистичком приступу у разумевању и интерпретацији језичке поруке.

*Кључне речи:* неуролингвистика, језик, мозак, модуларност, неуропластичност.

Neurolinguistics encompasses our knowledge of the anatomy and physiology of the Central neural system. Its aim is to explore the brain structures and processes responsible for the capacity of speaking, reading and understanding utterances. In neurolinguistics nowadays the non-modular approach to linguistic and speech competence prevails. This approach is also accepted in language science since it does not respect the difference between production and reception. The initial hypotheses, developed together with the identification of the linguistic centres in the brain have traced the road to the holistic approach of understanding and interpretation of the linguistic message.

*Key words:* neurolinguistics, language, brain, modularity, neuroplasticity.

**1. КРАТАК ПРЕГЛЕД О НАСТАНКУ ГОВОРНОГ ЈЕЗИКА.** Владajuће гледиште о времену настанка говорног језика раних разумних људи говори да се оно поклапа са појавом симболичког и апстрактног начина мишљења, што се види по уклесаним знацима и цртежима по пећинским зидовима уз помоћ окера, аорганског пигмента жућкасте боје, на бази оксида гвожђа. Оно што је било пресудно за појаву способности говора, своди се, по данашњем схватању, на ген FOXP2 који је увек у два примерка смештен на дугом краку 7. хромозома. Сви кичмењаци имају ген FOXP2, али у популацији људи он се разликује од животињског, па и од шимпанзиног, и то само по две аминокиселине, што би говорило да је та минимална еволуциона преправка кључни разлог због кога људи говоре, за разлику од шимпанзи, иако су у извесној мери у стању да савладају знакове људског језика. Међутим, треба имати у виду да је мозак шимпанзе три пута лакши од мозга човека (в. Ашић 2014).

\* Аутори захваљују проф. др Момчилу Ђорђевићу, неурохирургу, за драгоцене савете и коментаре.

За FOXP2 није се знало све до пре двадесет година, када је у Енглеској почело трагање за разлогом тешког поремећаја изговарања и разумевања у половини једне велике енглеске породице, чак три генерације уназад. Кад је ген идентификован показало се да му је поремећена структура. Скоро десет година касније, маја 2009. године, палеоантрополог и генетичар Сванте Пабо и биолози на Институту Макс Планк у Лајпцигу генетски су модификовали миша тако што су му уместо сопственог FOXP2 ставили људску верзију истог гена.

Скичање тог миша од тада се разликовало од скичања свих осталих у лабораторијским кавезима<sup>1</sup>. Тим истраживача вођен доктором Денијелом Гешвиндом са Универзитета у Лос Анђелесу (САД) направио је исте године сличан експеримент тако што је шимпанзину верзију гена FOXP2 убацио у ДНК<sup>2</sup> у неке неуроне човека и обрнуто. Видео је да FOXP2 има командни утицај на функције 116 околних гена у неурону<sup>3</sup>.

Гешвинд је на следећи начин објаснио функционсање овог гена: „као што диригент снижава интензитет музике једног дела оркестра, а појачава га до крешченда у другом делу”, тако и FOXP2 држи под својом диригентском палицом мноштво гена чији је утицај битан за fine покрете мишића грла, језика, усне дупље и усана; сви они учествују у изговарању речи (VERNES et al. 2011).

Током феталног развоја плода човека, FOXP2 делује подстицајно на кору обе половине мозга, иако су центри за изговарање и разумевање речи, најчешће на његовој левој половини. Говорни језик људи је смислена композиције речи из којих настају реченице, што ономе ко говори омогућава изражавање мисли. Композиционална природа језика даје људима бескрајни капацитет стварања нових реченица, јер онај ко говори може комбиновати и рекомбиновати низ речи у различитим улогама. Тако је са 25 различитих речи, за сваку од улога у реченици, могуће направити 15 000 различитих реченица. О паралелној лингвистичкој и биолошкој еволуцији и о примени статистичког модела за тај проблем, може се видети у публикованим радовима насталим у еволуционој лабораторији Марка Пегела на Универзитету Рединг у Енглеској (PAGEL 2017: 15: 64.) Ипак, важно је истаћи да су језичка продукција и интерпретација далеко сложенији процес од изговарања гласова, односно речи, те се лингвистичка способност сигурно није јавила само као последица мутације тог гена, већ и у складу са општим развојем интелекта и емпатичности. С тим у вези, јасно је да на развој језичке способности утичу и многи други гени. Ради се о генима FOXP2, CNTNAP2, FOXP1, GNPTAB, GNPTG, NAGPA укљученим у језички, социјални и когнитивни развој.

Студије на мишевима (ENARD 2011) показале су да мутације на гену FOXP2 могу утицати на вокализацију и моторичке вештине везане за кому-

<sup>1</sup> Мишеви и људи далеки су рођаци чији је заједнички предак живео пре 70 милиона година.

<sup>2</sup> Секвенцијална анализа ДНК (често и „читање” ДНК) термин је који представља све биохемијске методе којима се одређује распоред нуклеобаза (А-аденин, Ц-цитозин, Г-гуанин, Т-тимин) у кратким секвенцама ДНК.

<sup>3</sup> Неурони човека потицали су из лабораторије у којој су одржавани под оптималним условима, сличним онима у мозгу живе и здраве особе.

никацију, додатно подржавајући његову улогу у развоју говора и језика. Мутације гена SRPX2 код мишева доводе до разлика између скичања микшева са мутираним и немутираним генима.

**2. РАЗУМЕВАЊЕ ГОВОРА.** У неуролингвистици, актуелан је холистички и претежно немодуларни<sup>4</sup> приступ језичкој способности и говорној делатности; у фундаментално-научном смислу, а и за теоретичаре, адекватнији је од класичног строго модуларног приступа пре свега заснованог на опозицији *џпродукција – џерцејција* (FRIEDERICI 2011; ULLMAN 2016). То су битне предности над ранијим хипотезама и ставовима о строго подељеној неуролошкој условљености језичке комуникације. У историји неуролингвистике могу се идентификовати две главне ере, које се међусобно разликују по методологијама и функционалним моделима: а) афазиолошка ера, која је започела у 19. веку и потом је прерасла у класичан модел центра и путева у левој мозданој хемисфери, и б) ера неуроимицинга (приказивање мозга и осталих делова нервне система сликом), који се постепено и стално развија од друге трећине прошлог века, све до данашњег времена. У новој ери неуролингвистике дошло је до побољшања класичног модела репрезентације језичке способности у мозгу.

**3. ЛОКАЛИЗАЦИЈА ЈЕЗИЧКИХ ФУНКЦИЈА.** Питање којим се у модерно доба лингвисти интензивно баве гласи: да ли у мозгу постоји посебан центар за језик? Данас се сматра да је далеко већи део мозга укључен у генерисање и разумевање говора него било које друге активности. Полазне хипотезе неуролингвистике засноване су на постојању специфичних језичких центара у мозгу. Још у 19. веку неуролози су запазили да услед оштећења мозга долази до проблема у говору и разумевању језика, такозваних афазиа. Такође, одавно се зна да је код већине људи тј. у 80% светске популације (ово се односи на готово све десноруке али и већину леворуких<sup>5</sup>), лева моздана половина важнија је од десне, јер се у њој налазе центри за језик и зоне одговорне за мишљење и интелигенцију (ЂОРЂЕВИЋ 1996: 17).

Од првих корака неуролингвистике централна тема је локализација церебралних структура које су одговорне за различите језичке процесе. Откривање начина на који су језичка способност и мозак повезани суштински зависи од методолошких ресурса којима се располаже. Некада се мозак посматрао по завршеним обдукцијама<sup>6</sup>, на пример, афазичних особа, док су одавно на располагању инсталације потпомогнуте компјутерима, које омогућавају преглед мозга *in vivo*.

<sup>4</sup> Модуларност се у овом смислу посматра као постојање засебних урођених доменски специфичних структура (SAMUELS 2000: 16) у људском мозгу задужених искључиво за усвајање језика, за разлику од оних који контролишу „остале централне аспекте људске когниције” (NEWPORT 2011: 279).

<sup>5</sup> Одавно је познато да је лева хемисфера доминантна за језичке функције код 96% десноруких и код 70% леворуких: од преосталих левостраних, код половине је доминантна десна хемисфера, а код половине су обе хемисфере подједнако активне.

<sup>6</sup> Метод *postmortem* посматрања мозга односи се на испитивање мозга преминулих пацијената, тако што се откривају зоне чије је оштећење проузроковало језичке проблеме.

Друга, за лингвисте веома значајна област повезана је с питањем који су то аспекти језика мапирани у мозгу. Ово подразумева да се узимају у обзир како двострука артикулација језика, тако и дистинкције између облика и значења његових јединица, и најзад, принцип композиционалности (в. Ašić 2014: 92, у припреми), као основно полазиште савремене семантике. Док су ране студије показивале тенденцију фокусирања на дистинкције у модалитету, посебно у погледу опозиције „произвођење – разумевање”, савремена истраживања посветила су се разоткривању мистерије можданих структура одговорних за фонетику, семантику и прагматику, укључујући и финије дистинкције попут разлике именица – глагол или опозиција живо – неживо.

Историја неуролингвистике започела је 18. априла 1861. године када је француски лекар – анатом и антрополог, Пјер Пол Брока пријавио Антрополошком друштву у Паризу своје откриће дела мозга у чеоном пределу у коме се налази центар способности говора. Пре 160 година било је то револуционарно откриће. Пацијент, чије је име било Леборњ, у литератури је познат као Тан, јер *тан* је био једини слог који је могао да изговори после повреде главе, док су му способности разумевања биле релативно очуване. Постухмна анализа Леборњовог мозга показала је оштећење мозга у задње две трећине доње вијуге левог чеоног режња, која је тик уз премоторно поље кортекса. Касније је утврђено да пацијенти после можданог удара или повреде у најнижем делу чеоног режња говоре споро и отежано, лоше артикулишу и с муком проналазе речи. Језик им је у великој мери аграматичан, а начин изражавања „телеграфски”. Брокина афазиа је по својој природи била моторичка, јер су пацијенти имали очувану способност разумевања говора. Брокино откриће центра за артикулацију поткрепила су значајна открића до којих је 1874. године дошао немачки неуролог Карл Вернике. Он је описао случај два пацијента чији је говор био релативно флуентан, премда је имао необичне семантичке одлике: уместо једне исправне речи субјект би употребио другу. Међутим, пацијенти би показивали значајан дефицит у разумевању говора. Постобдукциона анализа њихових мозгова навела је Верникеа на закључак и да је дефицит у разумевању изазван повредама у задњем делу горње од три слепоочне вијуге леве хемисфере, близу примарног слушног кортекса. Касније је ова зона названа Верникеовом, а проблем у разумевању језика постао је познат као Верникеова афазиа, која је по својој природи превасходно сензорна или рецептивна (Вамбини et al. 2012). Говор погођених Верникеовом афазиајом је течан, али бесмислен и некохерентан. Речи су често употребљене с погрешним значењем, а гласови у њима су испремештани. Пацијенти, такође, имају великих проблема са разумевањем говора, што је у очигледној вези са повезивањем концепата. Каснијим електричним стимулацијама мождане коре, дошло се и до других значајних запажања. Кад се оштети површина између центра смештеног у чеоном делу мозга и центра смештеног изнад и иза ува, особа која је доживела повреду није у стању да говори спонтано, али може без грешке понављати речи које је прво изговорио неко други. Осим тога, на прелазу између потиљачног дела мозга и центра за разумевање језика налази се једна зона која нам омогућава да наведемо која је боја посматраног предмета. Поред наведеног, оштећење мозга у том делу онемогућава читање текста написаног руком или

на неки други начин. То, међутим, није случај када су у питању језици са идеографским писмом, попут кинеског или јапанског. Око центра за разумевање језика у мозгу, налазе се површине кортекса у којима је депонован део дугорочног памћења, што је у вези са улогом меморије у разумевању усменог или писаног текста. За неуроллингвистику од значаја је расуђивање немачког лекара, Лудвига Лихтхајма, који је претпоставио да је за произвођење и разумевање говора такође неопходно постојање једног искључиво семантичког чвора. Назвао га је концептуалним центром и поставио хипотезу да се он налази као веза између Верникеове и Брокине зоне. Повреде у овом подручју одговорне су за аномичну или семантичку афазiju. Она се констатује у случају неразумевања речи и назива познатих предмета или појава. Епоним „Лихтхајмов знак” односи се на феномен сличан субкортикалној<sup>7</sup> афазiji пацијената који нису у стању да изговоре ниједну реч, али могу навести број слогова у њој, притискајући руку испитивача, по једанпут за сваки слог. Ово показује да пацијент схвата фонолошку структуру речи, али не може да је артикулише. Из наведеног следи да су фонетске анализе метајезичке природе, а не примарна језичка способност, те да је произвођење гласова резултат двеју различитих и независних операција, за које су одговорне две различите мождане структуре. Транскортикалне афазije могу бити моторне и сензорне, а карактерише их недостатак спонтаног говора. За разлику од Брокине афазije, овде пацијент понавља оно што је чуо.

Аномичне афазije онемогућавају проналажење одговарајућих речи за концепт; пацијент стално има утисак да му је реч на врх језика, али не може да је дозове. У аномичној афазiji нису оштећени центри за концепте (хипокампуси у слепоочним режњевима и оба чеона режња), што показују и експерименти чији учесници разумеју о каквом се појму ради и шта га одликује, али нису у стању да га именују. Лезије концептуалног центра имају другачије последице – пацијент исправно чује речи, али их доживљава као стране, не разуме њихово значење. Запажено је да се код неких пацијената јављају проблеми у вези са именовањем одређене класе речи, што говори да су различите зоне одговорне за одређене врсте речи, као и да неки теже користе мање честе речи, што указује на разлике у обради честих и ређих речи. Дислексија је поремећај способности читања и разумевања прочитаног. Неки људи у читању замењују неку реч њој семантички блиском, па ће, на пример, реч *демон* прочитати као *сојона*.

Добро је познато да су специфичне зоне у мозгу одговорне за аудитивну обраду језичких порука. Кад звук из ушију доспе у мозак, он бива обрађен у медијалном коленастом испупчењу који се налази у бази таламуса, одакле путује у Хешлов гирус, такође познат као трасверзални слепоочни гирус, који је, у суштини, горња површина целог слепоочног режња у коме је примарни аудиторни кортекс. У обради гласа учествују и чеони режњеви, и то више у асоцијацији звука и значења, а мање у дискриминацији гласова.

<sup>7</sup> Субкортикална афазija настаје после можданог удара у зони пређег дела петље која спаја Верникеово поље са Брокиним пољем, а да притом нема оштећења кортекса на доњем, трећем гирусу левог фронталног режња мозга.

4. САВРЕМЕНИ НЕУРОЛИНГВИСТИЧКИ ПРИСТУП. Упоредо са стандардном медицинском бригом о пацијентима који траже помоћ и лечење због проблема с језичким функцијама, увођење у рутинску употребу компјутеризоване аксијалне томографије – CAT 1973. године означило је нову еру у дијагностичкој радиологији централног нервног система и целог тела. Испоставило се да је до тих дана читаво богатство потенцијалних радиолошких информација било у потпуном мраку. После CAT, појавила се 1980. године магнетна резонанца MRI. Убрзо затим, пред крај претходног миленијума, уведена је fMRI, функционална магнетна резонанца (*f* и *I* у акрониму fMRI стоје уместо *функција* и речи *imaging*). Енглеска реч *imaging* је одомаћена у медицинској радиологији, а реч је о процесу у коме се сликом приказује нешто што се не види голим оком. Врши се инсталација PET машина за томографију позитронске емије<sup>8</sup> којом се прате мождане активности и других делова тела уз помоћ радиоизотопа<sup>9</sup>. Модерна дијагностика помогла је разумевању језика као активности која се истовремено догађа у различитим деловима мозга. Она региструје брзину и количину протекле крви кроз поједине делове мозга; при повећаној активности неурона у некој можданој зони повећава се количина крви и концентрација хемоглобина, који има изразиту боју, што се јасно види на екрану MRI. Појединачна слика одговара маси мозга од 1 до 2 кубна милиметра, јер машина снима милиметар по милиметар. Инсталација MRI не користи јонизујуће зрачење, стога нема штетне ефекте на биолошка ткива, што пружа могућност вишеструких прегледа (PRICE 2012).

Језичка способност се више не своди само на активност у Брокиној или Верникеовој зони, већ је синергија више центара који су везани не само за говор већ и за фину моторику, когницију и меморију, како краткорочну, тако и епизодичну и енциклопедијску. Оштећења у Брокиној зони доводе до дефицита у менталној граматичи, који се односи на синтаксичку и фонолошку структуру језика, док оштећења у Верникеовој доводе до прекида у спони између језика и мишљења. Наиме, логично је да у језичкој активности центри за произвођење и центри за разумевање морају бити у интеракцији што, у неуролошком смислу, омогућавају неуронски путеви. Произвођење исказа ослања се на оно што смо претходно чули и запамтили, док анализа информација које примамо почива на нашој способности предвиђања о говорној јединици која ће се појавити у следу: морфема, ако говоримо о речи, односно речи, ако говоримо о реченици. Савремена истраживања у неуролингвистици показала су, насупрот увреженој причи о центрима за језик, да заправо не постоји посебан, изоловани део мозга који би се могао идентификовати као „језички орган”. Чињеница да делови мозга укључени у продукцију и разумевање језика нису само смештени у различитим регијама мозга, већ су повезани са доменима који наизглед немају везе са енкодирањем и декодирањем комуникацијских јединица. То искључује могућност постојања дисконтинуираног модуларног језичког органа. Уочено је да поред зона око

<sup>8</sup> Позитронска емисиона томографија (PET) и функционална магнетна резонантна томографија (fMRI) мере промене протока крви повезане са различитим когнитивним процесима.

<sup>9</sup> Метод PET проглашен је 2000. године за најважније медицинско откриће.

оба Силвијусова жлеба<sup>10</sup> бројне кортикалне и субкортикалне мождане структуре учествују у произвођењу и разумевању језика<sup>11</sup>. Недавно је откривено да уз *fasciculus arcuatus* (велики сноп беле мождане масе, тј. аксона који повезује Брокину и Верникеову зону) постоји још један пут који их повезује, што потврђује хипотезу да је модуларни и церебрални приступ језичкој способности исувише једноставан. Оваква констатација, заснована на праћењу протока крви кроз мозак приликом говорења, слушања и читања, не чуди лингвисте: наиме, језик је исувише сложен систем, а генерисање и интерпретација језичке поруке захтева не само синтаксичке већ и семантичке операције, као и прагматичку делатност. Обе су уско повезане са интелектом, меморијом и са емотивним животом. Њима се прикључују и емоције које говорник и слушалац преносе, односно примају преко парајезичких елемената комуникације, као што су боја, висина и јачина гласа, ритам, темпо, мимика, покрети руку и тела итд. Било би стога непримерено тврдити да само два или три центра у мозгу могу управљати језиком, који није само средство комуникације већ је и основно средство мишљења (в. REBOUL<sup>12</sup> 2018).

Значајан број бихејвиоралних и клиничких експеримената показао је да је у погледу дистинкција међу можданим зонама смисленији компонентијални приступ од класичног, који је заснован на опозицији између два модалитета: продукција – обрада. Изгледа да је мозак у стању да разликује језичке нивое и да у складу с њима различити делови врше обраду сигнала. Одавно се зна да у мозгу постоје мреже међусобно повезаних центара, које управљају појединачним нивоима језичке структуре, од артикулације до приписивања значења, што се одвија паралелно у продукцији и у примању порука (в. PRICE 2010).

Магнетна резонанца доказује оно што је у лингвистици одавно очигледно: произвођење и разумевање говора је веома сложен процес, који мора укључивати различите способности, од самог препознавања људског гласа и разликовања фонема, преко синтаксичке анализе до семантичке интерпретације или генерисања поруке. На то се надовезује прагматичка интерпретација, док се метафоре тумаче на посебан начин: њихова интерпретација укључује концептуалне операције у фронталним областима, али и емпатичне способности читања мисли (*mind reading*-а) у горњем темпоралном сулкусу (жлебу). Ту се укључују и центри за планирање и пажњу у префронталном кортексу (ВАМБИ et al. 2011). Језичка порука у мозгу производи се и тумачи секвенцијално, али уз паралелну обраду различитих нивоа језичке структуре.

Слично кортексу, мали мозак је укључен у произвођење говора и учествује у анализи фонетске информације. Број неурона у малом мозгу два пута

<sup>10</sup> Састоји се од регије око латералног сулкуса (тзв. Силијусовске фисуре тј. пукотинског простора између чеоног и слепоочног режња мозга) на левој хемисфери и укључује Брокину и Верникеову регију.

<sup>11</sup> Базалне ганглије (или базална језгра) су група субкортикалних језгара, различитог порекла, у мозгу кичмењака. Повезане су са различитим функцијама, укључујући контролу вољних моторичких покрета, процедурално учење, учење навика, условно учење, покрете очију, когницију и емоције.

<sup>12</sup> Ребул у својој књизи из 2018. показује да се сложени природни језик од *Homo sapiens*-а развио из протојезика управо због тога што је био основна потпора сложеном мишљењу које је последица човекове потребе да овлада природом и успостави мрежу међуљудских односа у својој заједници.

је мањи од броја неурона у великом мозгу, међутим њихова густина је знатно већа јер је тежина малог мозга од 150 до 170 грама, за разлику од тежине великог мозга која је 1300 до 1400 грама.

Пре свега, евалуација времена преношења информације из долазећег сигнала захтева укључивање малог мозга. Координација вокалног тракта је бар делимично зависна од њега. Откривено је такође да постоје специфични лобулуси (мали режњеви) одговорни за сензомоторну контролу. Мали мозак је такође укључен у когницију и афекте, што потврђују проблеми у његовом функционисању код неких неуропсихијатријских болести. Базалне ганглије у мозгу, то јест групе субкортикалних једара, које чине згуснути неурони, одговорне су за моторику, као и за планирање, понашање, емоције и у артикулацији гласова. Код поремећаја функције базалних ганглија, а један од поремећаја је Хатингтонова болест, јављају се невољни покрети, што утиче на произвођење гласова и на гутање.

**5. СПЕЦИЈАЛИЗАЦИЈА ОДРЕЂЕНИХ ЗОНА.** Холистички приступ је без сумње елегантан и логичан. Али, чињеница да је језик вишеслојан, да има више различитих функција, као и да човек комуницира на више језика и на различите начине иде у прилог супротном становишту. Има много доказа о високо специјализованим структурама у мозгу које су одговорне за различите типове језичких способности. Судаћи по томографским снимцима мозга билингвалне деце од најранијих дана,<sup>13</sup> центри за говор смештени су близу један другоме, док су код билингвалних људи који су научили страни језик у каснијим фазама живота ови центри јасно раздвојени. После повреде мозга, највише страда центар који управља „машином” за усвајање језика након критичког периода, тј. учења језика у раном детињству<sup>14</sup>. Неуробиолози су показали да у мозгу има емоционалних зона које по пријему или при испоруци увредљивог вербалног садржаја на магнетној резонанци светлуцају из његове десне половине. Ово је очигледан доказ да се приликом изговарања вулгарног језика активира центар који се по својој могућој локализацији налази удаљен од дела кортекса намењеног обичном језику. Стога, није нимало необично што афазични пацијенти, који нису у стању да изговоре било коју реч, често псују с лакоћом и то веома маштовито. Ово потврђује идеју да функција псовања није идентична функцији стандардних исказа. Наиме, она нема комуникативну или когнитивну функцију, већ превасходно служи ослобађању негативних емоција и стреса. О томе да постоје разлике између можданих регија које контролишу матерњи језик и стране језике,

<sup>13</sup> Данас се у лингвистици полази од картезијанског става који је учврстила теорија Ноама Чомског (в. Ашић 2014), по којој се свако људско биће рађа са механизмом за усвајање језика, што се у лингвистици означава акронимом LAD (*language acquisition device*). У раном детињству с лакоћом и неосетно савлађује се граматика матерњег и других језика, што је познато вековима. Овај stroj за усвајање језика омогућава продукцију и накнадну анализира теоретски неограничен број исказа, без обзира на то да ли се конкретни језички материјал појавио у инпуту. На овај начин генеративна теорија заступа нативистички приступ и наглашава модуларну природу наше језичке способности (LITCHFIELD – LAMBERT 2011).

<sup>14</sup> Хипотеза критичког периода постулира да је дете само до одређеног узраста способно да лако и неосетно усвоји граматика језика с којим је у контакту. Након тога везе међу неуронима се успостављају много теже и граматика се, као што на пример показују „деца вукова” усваја много теже.



као и између књижевне и вулгарне елоквенције сведочи случај француског песника из 19. века, Шарла Бодлера. Мозак овог даровитог човека свакако није био обичан, јер је он у својој чувеној збирци песама „Цвеће зла” у великој мери користио синестезију, чиме је показао да се чулне импресије могу мешати и доживљавати на више начина. Бодлер је у 45. години претрпео лакши мождани удар због кога му је била оштећена лева мождана хемисфера, а нарочито онај део мождане коре из којег неурони дају електрохемијске импULSE и тако омогућавају вербалну експресију. Себастијан Ђегез и Жилијен О. Богуславски показују у својој студији да су једине речи које је Бодлер изговарао после можданог удара биле псовке и „*Cste nom*” скраћеница од „*Sacre nom de Dieu*” (*За име Боја*), што се у Француској сматра увредљивим. Али, Бодлер није никакав изузетак. Оштећење леве мождане хемисфере често изазива псовачке симптоме код скоро свих афазичних пацијената, што је неурологе навело на претпоставку о раздвојеним складиштењима речи обичног и експресивног језика. У суштини, неуропсихолози знају да једноставне и кратке језичке форме попут: *хвала, га, не, њаргон, хоћу, нећу*, затим, кратке песмице, псовке, клетве и опцене синтагме станују у десној половини мозга, док је језик који захтева граматичка правила смештен на супротној страни. Управо због тога, упркос повредама леве хемисфере мозга, пацијенти могу бити у стању да псују, али и да певају песмице, чија репродукција не захтева ослањање на лексику и граматичка правила; оне се памте као целине, тј. догађај плус емоције. У десној хемисфери мозга налазе се центри за прозодију и изражавање емоција у језику. Они су функционисали у протојезику и сходно томе еволутивно су старији од синтаксе и морфологије, те се може закључити, због појаве синтаксе и богате лексике, да лева страна мозга, преузима примат у контроли комуникације. У десној хемисфери врши се коначна, прагматичка интерпретација поруке и анализирају се елементи парајезичке комуникације, попут гестова, висине и боје гласа, а тумаче се и недословни искази попут метафора. За разлику од основног језика, који се обрађује у можданом кортексу, који је, еволуционо гледано, најмлађи део мозга, псовање и језик опцености умрежени су са емоцијама у лимбичком систему, најстаријем делу мозга, који је по анатомском изгледу и по функцији врло сличан код свих сисара (Ђорђевић 1996).

Код пацијената оболелих од Туретовог синдрома, који је наследан развојни поремећај, доминирају изненадни тикови, вика и псовке који нису у вези са центрима за језик, нити спадају у смислену комуникацију. Њега изазивају оштећења у структурама у дубини мозга, чија је улога смирење лимбичког система. У најмање 20% случајева пацијенти несвесно псују и изговарају опцене речи укључујући копролалије. Овакво понашање запажено је и код глувонемих, који присилно користе знакове рукама за изражавање вулгарних концепата.

**6. Критички период и пластичност мозга.** Контрола језичке комуникације повезана је са неуропластичношћу, релативно новим феноменом у неурологији, који се односи на способност реорганизације структуре и функције нервног система после оштећења насталих због можданог удара или трауматских повреда мозга. Примери неуропластичности су учење страних језика и свирања на неком од музичких инструмената. Мозак има велике

капацитете реорганизације путева комуникација, ствара нове везе и, у неким случајевима, чак и ствара нове неуроне.

Постоје две главне врсте неуропластичности: а) функционална пластичност: способност мозга у померању функције са оштећеног подручја мозга у друга неоштећена подручја и б) структурна пластичност: способност мозга да заправо промени своју физичку структуру као резултат учења.

Скорашње студије показују да приликом учења страног језика долази до реструктурирања сиве масе мозга тј. до нових веза међу неуронима, и чак до појачане активности у деловима мозга који претходно нису били задужени за језик (WARE et al. 2014), што је доказ за структурну пластичност. На пример, учење језика утиче на функционалну конективност, запремину сиве масе и дебљину кортекса (LEGAULT et al. 2019). Потреба да се након критичког периода поново усваја граматика и уче речи активира зоне које претходно нису имале лингвистичку функцију како би се што успешније обавио задатак. Мозак се, руковођен борбом за опстанак, прилагођава средини и условима у којима се налази.

Претходна проучавања слепих од рођења приказивала су активност у левом визуелном кортексту током читања Брајевог писма. Слепи читалац реагује на додир исто као да је у питању језичка информација. Визуелни кортекс најпре почиње да реагује на језички знак, а потом, под одређеним околностима, у онтогенези и на додир, јер је код слабовидих језички релевантан. Ово показује да, под одређеним условима, може доћи до редистрибуције, односно природне прерасподеле задатака током развоја мозга. То значи да део мозга може преузети и друге улоге, а да се претходно није довољно развио за њих.

7. Однос између језика и мишљења – Закључак. „Чини се да је Универзална граматика ментална, да је по својој природи одлика ума, а не мозга као физичке супстанце”, пише у свом чланку Бамбини (2011: 5). Зато пацијенти који болују од афазии најчешће не показују дефицит у интелектуалним функцијама. Код таквих пацијената интелектуалне функције су се развиле у периоду кад лезије нису постојале, те се стога не може говорити о њиховој потпуној независности од језика.

Бамбини (2011) закључује да су у мозгу процеси језичког стваралаштва и мишљења нераскидиво повезани: језик омогућава мишљење (у највећој мери) али и мишљење је услов за језик. У филогенези језик је настао истовремено са другим когнитивним способностима и означио напредак у мишљењу и комуницирању.

Теоретичарка лингвистике Ан Ребул писала је 2018. године да је потреба за комплексним мишљењем условила еволуцију протојезика у модерни језик, који поседује сложу морфологију и синтаксичке структуре. Стога би бесмислено било претпоставити да језичка активност може постојати без активације готово свих когнитивних структура, које су у великој мери зависне и од меморије, чији се центри налазе претежно у хипокампусу, али и у другим структурама мозга.

Као што мишљење условљава и обликује језик, тако и језик утиче на њега. О томе већ деценијама сведоче радови у прилог Сапир-Ворфовој хипотези о језичком детерминизму и релативизму (в. Ашић 2014). Говорници малог броја језика који имају апсолутни референцијални оквир (LEVINSON 2003;

Ašić 2008) не користе предлоге испред-иза, лево-десно, већ апсолутне референцијалне тачке, попут страна света и географских ентитета и боље се сналазе у простору. Уз то, поимање простора у тим језицима, утиче и на њихову репрезентацију времена, тј. да ли говорници виде будућност као нешто испред или иза себе; за говорнике ајамара језика будућност је иза њих, док је за говорнике савремених индоевропских језика испред (BORODITSKY 2011).

Испитивање неуролошке основе језика, с једне стране, даје нам податке о природи овог феномена, по коме се човек издваја од свих осталих хоминида, а с друге стране, пружа и увид у функционисање мозга, чији различити делови функционишу, било самостално, било у спрези са осталим деловима. Чињеница да се истовремено врши синтаксичка и семантичка анализа значења поруке у левој хемисфери, а њена коначна, прагматичка интерпретација у десној хемисфери, потврђује становиште да је мозак веома асиметричан и да његове половине делују синергично иако имају посве различите функције.

Будућа истраживања бавиће се суштинским психолингвистичким питањима: у којој мери се мождана активност разликује током необавезног разговора, од научне расправе, или како у неуролошком погледу тачно изгледа вербално, а како спацијално или математичко-логичко мишљење. Увид у неуролошку основу језичке комуникације пружиће, такође, јасније одговоре зашто и како је настао језик, јер спуштени ларинкс никако није био довољан услов за његову појаву, то јест, какве су се еволутивне промене десиле у централном нервном систему да би се са једноставног протојезика (в. Ašić 2014 и Ašić, у припреми) прешло на двоструко артикулисани синтаксички и семантички комплексан језик.

#### ЦИТИРАНА ЛИТЕРАТУРА

- Ašić, Tijana. *Nauka o jeziku*. Beograd: Zavod za udžbenike, 2014.
- Ašić, Tijana. *Opšta lingvistika*, u pripremi.
- BAMBINI, Valentina, Claudio GENTILI, Emiliano RICCIARDI, Pier Marco BERTINETTO, Pietro PIETRINI. Decomposing Metaphor Processing at the Cognitive and Neural Level through Functional Magnetic Resonance Imaging. *Brain Research Bulletin* 86/3–4 (2011): 203–216.
- BAMBINI, Valentina, Jan-Ola ÖSTMAN, Jef VERSCHUEREN. *Handbook of Pragmatics*. Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins Publishing Company, 2012.
- BORODITSKY, Lera. How Language Shapes Thought. *Scientific American* 304/2 (2011): 62–65. <<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0211-62>>.
- BUXTON, Richard Bruce. *An Introduction to Functional Magnetic Resonance Imaging. Principles and Techniques*. University of California, San Diego, USA: Cambridge University Press, 2010.
- DIEGUEZ, Sebastian, Julien BOGOUSLAVSKY. Baudelaire's Aphasia: From Poetry to Cursing. *Frontiers of Neurology and Neuroscience* 22 (2007): 21–149.
- DORĐEVIĆ, Momčilo. *Intralanjumska hipertenzija*. Beograd: Nova prosveta – Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1996.
- ENARD, Wolfgang. FOXP2 and the Role of Cortico-basal Ganglia Circuits in Speech and Language Evolution. *Current Opinion in Neurobiology* 21(3) (2011): 415–424. <<https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.04.008>>.
- FRIEDERICI, Angela. The Brain Basis of Language Processing: From Structure to Function. *Physiological Reviews* 91/4 (2011) 1357–1392. <<https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011>>.
- LEGAULT, Jennifer, Li PING, Kaitlyn LITCOFSKY. Neuroplasticity as a Function of Second Language Learning: Anatomical Changes in the Human Brain. *Cortex* 58 (2014): 301–324.
- LEVINSON, Steven. *Space and Language in Cognition*. Cambridge University Press, 2003.

- LITCHFIELD, Kyle A., Matthew C. LAMBERT. Nativist Theory. Goldstein, S., Naglieri, J.A. (eds). *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. New York: Springer US, 2011.
- NEWPORT, Elissa Lee. The Modularity Issue in Language Acquisition: A Rapprochement? Comments on Gallistel and Chomsky. *Language Learning and Development* 7/4 (2011): 279–286.
- PAGEL, Mark. What is Human Language, when did it Envelope and Why Should We Care? *BMC Biology* 15, 64 (2017). <<https://doi.org/10.1186/s12915-017-0405-3>>.
- PRICE, Cathy. The Anatomy of Language: A Review of 100 fMRI Studies Published in 2009. *Annals of The New York Academy of Sciences* 1191 (2010): 62–88.
- PRICE, Cathy. A Review and Synthesis of the First 20 Years of PET and fMRI Studies of Heard Speech, Spoken Language and Reading. *NeuroImage* 62/2 (2012): 816–847. <<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.062>>.
- REBOUL, Anne. *Cognition and Communication in the Evolution of Language (Oxford Studies in Bi-linguistics)*. Oxford: Oxford University Press, 2018.
- SAMUELS, Richard. Massively Modular Minds: Evolutionary Psychology and Cognitive Architecture. Peter Carruthers, Andrew Chamberlain (eds.). *Evolution and the Human Mind: Modularity, Language and Meta-Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 13–46.
- ULLMAN, Michael. The Declarative/Procedural Model. *Neurobiology of Language*, 2016, 953–968. <<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-407794-2.00076-6>>.
- VERNES Sonja C., Peter L. OLIVER., Elizabeth SPITERI, Helen E. LOCKSTONE, Rathi PULIYADI, Jennifer M. Joses Ho TAYLOR, Cedric MOMBÉREAU, Ariel BREWER, Ernesto LOWY, Jérôme NICOD, Matthias GROSZER, Dilair BABA, Natasha SAHGAL, Jean Baptiste CAZIER, Jiannis RAGOSSIS, Kay E. DAVIES, Daniel H. GESCHWIND, Simon E. FISHER. *Foxp2 Regulates Gene Networks Implicated in Neurite Outgrowth in the Developing Brain*. PLoS Genet, 2011. <doi: 10.1371/journal.pgen.1002145>.
- WARE, Caitlin, Sophie DAUTRICOURT, Julie GONNEAUD, Gael CHÉTELAT. Does Second Language Learning Promote Neuroplasticity in Aging? A Systematic Review of Cognitive and Neuroimaging Studies. *Frontiers in Aging Neuroscience* 13, 2021. <doi: 10.1016/j.bandl.2019.104661>.

Tijana Ašić  
Marija Simović

## THE RELATIONSHIP BETWEEN LANGUAGE AND THE BRAIN: REFLECTIONS ON THE ISSUES OF MODULARITY AND NEUROPLASTICITY IN NEUROLINGUISTICS

### Summary

This study examines the relationship between language and the brain, as well as modularity and neuroplasticity in neurolinguistics. The study of the neurological aspect of language provides information about the nature of this phenomenon. It reveals what sets humans apart from other living things and provides insight into the functioning of the brain and its various components, either independently or in conjunction with one another. The fact that a syntactic and semantic analysis of the meaning of a message is performed simultaneously in the left hemisphere, followed by a pragmatic interpretation in the right hemisphere, supports the theory that the brain is highly asymmetric and that its halves act synergistically despite having completely different functions. Future studies will focus on fundamental psycholinguistic concerns, such as how much brain activity during casual conversation differs from scientific discourse, how it appears verbally in neurological terms, or how it appears spatially or mathematically.

Универзитет у Крагујевцу  
Филолошко-уметнички факултет  
Одсек за филологију  
Катедра за француски језик  
Улица Лицеја Кнежевине Србије 1А 34 000 Крагујевац  
[tijana.asic@gmail.com](mailto:tijana.asic@gmail.com)

(Примљено: 29. марта 2024;  
прихваћено: 20. маја 2024)

Универзитет Унион „Никола Тесла” у Београду  
Факултет примењених наука  
Душана Поповића 22а  
18000 Ниш  
[marijasim87@gmail.com](mailto:marijasim87@gmail.com)