

4. NEUROZNANOST, NASTAVA, UČENJE I RAZVOJ GOVORA

Vladimira Velički i Tomislav Topolovčan

Sažetak

U radu autori teorijsko-komparativnom analizom prikazuju i objašnjavaju značenje pojedinih spoznaja neuroznanosti za razvoj govora te općenito organizaciju učenja i nastave učenika primarnog i sekundarnog obrazovanja. Prvotno objašnjavaju funkcioniranje mozga i načine na koje mozak uči te prikazuju implikacije tih spoznaja za organizaciju učenja i nastave. Potom analiziraju utjecaj pokreta na razvoj govora, nastojeći odgovoriti na pitanje može li se povući paralela u nastanku govora kod čovjeka kao vrste i čovjeka kao jedinke, može li ruka koja je potakla razvoj govora kod drevnog čovjeka biti i sada faktor koji će djetetu otvoriti čudesna vrata govora?

Na temelju ove studije autori zaključuju da je djeci potrebno organizirati učenje i nastavu koja je u skladu s njihovim razvojnim fazama i načinom funkcioniranja mozga. Pritom se misli na afirmiranje didaktičkih elemenata i određenih reformskih pedagogija u vidu učenja istraživanjem, rješavanjem problema, suradničkog učenja, projektnog učenja, učenja igrom i djelovanju usmjerenog učenja.

Ključne riječi: govor, jezik, nastava, neuroznanost, neurodidaktika, učenje.

1. Uvodna razmatranja

U posljednjih tridesetak godina spoznaje u području (kognitivne) neuroznanosti pružaju nova optimalna objašnjenja ljudskog razvoja, ponašanja, učenja, zdravlja i dr. (Baars i Gage, 2013; Coch, Fischer i Dawson, 2007; D'Esposito, 2003; Dudel, Menzel i Schimdt, 2001; Easton i Emery, 2005; Eichenbaum, 2002; Gazzaniga, 2009; Karnath i Thier, 2012; Kolb i Whishaw, 2009; Judaš i Kostović, 1997; Morgan, 2003; Nelson i Luciana, 2008; Reynolds i Fletcher-Janzen, 2009; Rösler, 2011, Uttal, 2011). Shod-

no tome prepoznat je značaj spoznaja neuroznanosti¹ i u odgoju i obrazovanju (npr: Battro, Fischer i Lena, 2008; Caine i Caine, 1994, Diamond i Hopson, 2006; Fogarty, 1999; Herrmann, 2009; Jensen, 2005; de Jong i sur., 2009; Lawson, 2003; Sprenger, 1999). Na rastući korpus spoznaja neuroznanosti o procesima učenja i njihovim implikacijama na organizaciju učenja i nastave reagirala je i međunarodna obrazovna stručna javnost. Stoga je i OECD izdao dvije monografije, prvu pod naslovom *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science* (OECD, 2002), a drugu s naslovom *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*, u uredništvu Barbare Ischinger (2007). Uvažavanje spoznaja istraživanja mozga u nastavi nazvano je „poučavanje/učenje s mozgom na umu“ ili „učenje temeljeno na mozgu“ (engl. *brain-based learning*, *brain-compatible learning*) (npr. Call i Featherstone, 2003; Connell, 2009; Jensen, 2005; McGeegan, 2001; Radin, 2009) ili „neurodidaktika“ (njem. *Neurodidaktik*) (Herrmann, 2009).

Spoznaje neuroznanosti prepoznate su u didaktici jer nude nova objašnjenja, ali i potvrđuju neke otprije poznate spoznaje u odgojno-obrazovnom procesu². Ono što su pojedini didaktičari zagovarali još prije stotinjak godina (a društvo je u globalu bilo skeptično prema tome), danas potvrđuje neuroznanost. Pritom se prvenstveno misli na didaktičke koncepcije pravača, pokreta i projekata reformske pedagogije (Oelkers, 2010; Skiera, 2009). Uviđa se povezanost prirodnog učenja, kako ga objašnjava neuroznanost, i didaktičkih ideja koje su zagovarali Rudolf Steiner, Maria Montessori, Celestin Freinet, John Dewey, Peter Petersen i dr. (npr. Fogarty, 1999; Phillips

¹ Neuroznanost je sklop više znanstvenih disciplina koje istražuju mozak, tako se govori o neuroanatomiji, neurokemiji, neuropatologiji, neuroendokrinologiji (Pinel, 2002, str. 4). Naročito značajne za spoznaju procesa učenja su neurobiologija (eng. *neurobiology*) (npr. Förstl, 2009; Guadagnoli, 2008) i biološka psihologija (eng. *biopsychology*) (npr. Pinel, 2002; Wickens, 2005).

² Valja napomenuti da nije neuobičajeno tumačenje da je kognitivna psihologija medijacijski čimbenik između spoznaja neuroznanosti i njihovih implikacija u odgoju i obrazovanju. Naime, nerijetko su fundamentalne spoznaje neuroznanosti veoma apstraktne i parcijalne da bi ih se moglo direktno primijeniti u didaktici. Odnosno, takve su spoznaje usmjerene i razumljive stručnjacima u neuroznanosti, ali ne i didaktičarima (što je i opravdano budući se radi o različitim područjima znanosti). U tom pogledu tek interpretacijom neuroznanstvenih spoznaja o učenju kognitivnih psihologa, one postaju eventualno korisne didaktičarima te primjenjive u odgoju i obrazovanju (više kod: Bruer, 1997, 2016).

Reichherzer, 2011). Fogartyeva (1999) kaže da suvremena znanost samo potvrđuje ono što su Dewey, Montessori, Steiner, Piaget, Vygotsky i dr. znali već sredinom ili početkom prošlog stoljeća. Stoga ih ona naziva „arhitektima ljudskog intelekta“ (eng. *architects of the intellect*). Nastava usmjerena na učenika dobiva na novim vrijednostima zahvaljujući spoznajama neuroznosti. Takva nastava obuhvaća učenje istraživanjem i rješavanjem problema, situacijsko i iskustveno učenje, projektno učenje, suradničko učenje, učenje usmjereno na djelovanje i učenje igrom koji su kao mehanizmi učenja prirođeni ljudskom mozgu (Ischinger, 2007; Lawson, 2003).

Uz navedeni doprinos neuroznosti novim spoznajama dječjeg (ljudskog) razvoja, učenja, holističkog funkcioniranja čovjeka, zdravlja i dr., značenje spoznaja neuroznosti prepoznato je u područjima učenja jezika/usvajanja govora. Između ostalog, istraživanja učenja jezika (usvajanja govora i čitanja) prihvaćaju spoznaje da ljudski mozak razvija sposobnost govora i učenje jezika. Drugim riječima, spoznaje i istraživačka metodologija neuroznosti objašnjavaju učenje jezika (Banich i Compton, 2011; Battro, Fischer i Lena, 2008; Hoover i sur., 2011; Johnson i de Haan, 2011; Kosslyn i Koenig, 1995; Leonard, 2005; Liebermann, 2002;). Sposobnost učenja jezika smatra se, u medicinskom i psihološkom pogledu, jednom od najsloženijih vještina koja je svojstvena isključivo čovjeku (Gajović, 2012, str. 268-269). Govor, odnosno jezik, temelj je ljudske komunikacije i značajan je za cjelokupan razvoj djeteta. Svako dijete ima svoj individualan razvoj te je dijete uvijek potrebno promatrati cjelovito, uzimajući u obzir i ostale čimbenike, poput socijalnog okruženja, predispozicija i sl. Razvoj pokreta, usvajanje govora i učenje razmišljanja bitni su koraci razvoja u prve tri godine života djeteta. Pritom je mjesto jezika u posredovanju između vanjskog pokreta i čina razmišljanja. U govoru današnje djece (posebno je to uočljivo kod djece pri polasku u školu i neposredno poslije) ponekad nedostaju cijele skupine konsonanata, ponekad dijete ne zna govoriti dovoljno glasno tako da ga se ne možete čuti s druge strane prostorije. Djeca mogu vikati, mogu glasno izgovarati neke skupine vokala, konsonanata, ali ne mogu artikulirano govoriti. Podatci Hrvatskog logopedskog društva iz 2008. godine pokazuju da je tada u Hrvatskoj 20 – 25 % djece predškolske dobi imalo jezično-govorne teškoće (Europski dan logopedije, 6.3.2008.), a pretpostavlja se da je danas taj podatak još i veći. Upravo je stoga važno temeljito proučiti suvremene teorije i neuroznanstvena istraživanja vezana uz razvoj, odnosno učenje/usvajanje jezika/govora.

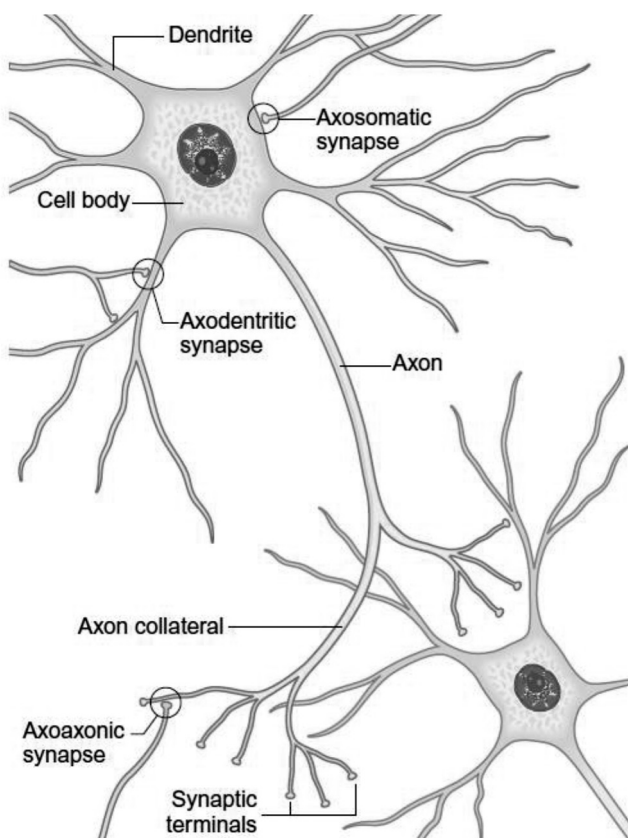
2. Neuroznanost: nove spoznaje kako mozak uči

Spoznajama kako mozak funkcionira značajno je pripomoglo otkriće i konstrukcija PET (pozitronska emisijska tomografija) i MRI (metoda magnetske rezonance) skenera (Baars i Gagne, 2013; Diamond i Hopson, 2006; Dudel, Menzel i Schmidt, 2001; Jensen, 2005; McGeegan, 2001; Sternberg, 2005). Do otkrića PET i MRI skenera istraživanja mozga bila su provođena na preminulim ljudima ili životinjama, što je u određenoj mjeri davalo iskrivljene podatke te netočne ili ishitrene za ključke.

Ljudski mozak funkcionira na temelju neuronske mreže. Neuronska je mreža sastavljena od moždanih stanica i veza koje ih povezuju. Moždane stanice su neuroni i glija stanice, a veze se nazivaju sinapse, odnosno sinaptičke veze. Broj neurona u mozgu prelazi preko 100 milijardi, a broj glija stanica preko 1000 milijardi (Jensen, 2005) te 100 bilijuna veza među neuronima (Pinel, 2002, str. 2). Pomoću neurona se procesuiraju informacije i podražaji u mozgu, odnosno oni su zaslužni za razvoj, tj. proces učenja. Funkcija glija stanica je opskrbljivanje mozga hranom (Jensen, 2003). Glavna funkcija neurona je međusobno provođenje informacija, tj. živčanih impulsa sinaptičkim vezama (sinapsama). Drugim riječima, govori se o međusobnoj komunikaciji neurona. Funkcionalnost mozga je određena brojem sinaptičkih veza između neurona, koji su produkt pojedinčeva iskustva u okolini, odnosno učenja.

Dugo je postojalo mišljenje da je broj neurona u mozgu genetski određen, dok novija istraživanja ukazuju da je moguće stvarati nove neurone (Deng, Aimone i Gage, 2010; Diamond i Hopson, 2006; Gajović, 2012). Broj sinaptičkih veza je nebrojeno moguć. Neuroni koji nemaju funkciju, koji se ne koriste, izumiru. Shodno tome, mozak svakodnevno gubi od 10 000 do 100 000 neurona (Diamond i Hopson, 2006). S druge strane, iskustvo određuje broj sinaptičkih veza (veće iskustvo – veći broj veza). Što je broj sinapsi veći, to je mozak funkcionalniji (Jensen, 2005), odnosno može primati i slati (procesuirati) veći broj informacija (podražaja iz okoline). Svake dvije godine uklanjaju se neuroni i sinapse koji se ne koriste. Uklanjanje nekorisćenih neurona i sinapsi naziva se „podrezivanje i čišćenje“ (Diamond i Hopson, 2006). Nove se sinaptičke veze stvaraju na temelju novih podražaja i iskustava, odnosno učenja. Takvo mijenjanje broja neurona i sinaptičkih veza ukazuje da mozak može mijenjati svoju strukturu. Mogućnost mijenjanja strukture mozga naziva se „plastičnost mozga“ (Bermúdez-Rattoni,

2007; Diamond i Hopson, 2006; Huttenlocher, 2002). Može se kazati da je učenje određeno plastičnošću mozga. Dugo se mislilo da strukturu mozga nije moguće mijenjati, sve do sredine 1960-ih godina, kad su Bennett i sur. (1964) došli do zapanjujućeg otkrića da je moguće mijenjati strukturu mozga. Naime, do takve spoznaje došli su u svojim istraživanjima na štakorima koji su boravili u obogaćenoj okolini. Štakori, koji su boravili u kavezima s piljevinom, kolutima, kotačima, ljestvama, kockama za prevrtanje i sl., imali su razvijeniji mozak u odnosu na kontrolnu skupinu koja je boravila u kavezima koji nisu bili uređeni kao ovi u eksperimentalnoj skupini. Kasnija su istraživanja ukazala da štakori u obogaćenoj okolini imaju međusobno udaljenije neurone kao produkt razgranatijih dendrita (većeg broja razgranatih sinaptičkih veza) (Diamond i Hopson, 2006). Ovi su rezultati pokazali da učenje kao produkt interakcije s obogaćenom okolinom povoljno utječe na razvoj mozga (plastičnost mozga)!



Slika 1. Građa neurona (izvor: Baars i Gage, 2013, str. 67)

Učenje se odvija u moždanim stanicama (neuronima) te pomoću dendrita i aksona (Slika 1). Neuron se sastoji od svog staničnog tijela (soma), jednog aksona, dendrita i završnih čvorića, koji se nazivaju *spinovi* (Diamond i Hopson, 2006; Jensen, 2005; Pinel, 2002; Sternberg, 2005). Funkcija aksona je slanje informacija (živčanih impulsa), odnosno provođenje kemijskih spojeva pomoću kojih se prebacuju impulsi s njega na dendrit. Akson može biti dugačak manje od milimetra, ali može doseći dužinu i do nekoliko centimetara. Impulsi prelaze s aksona na dendrit. Drugim riječima, što je akson duži, može odaslati više impulsa. Aksoni su obavijeni moždanom masnom tvari (bijelom moždanom tvari), tj. *mijelinom*.

Na kraju aksona su završni čvorići koji ispuštaju kemijske spojeve (neurotransmitere). Postoje četiri vrste neurotransmitera (kemijskih spojeva): aminokiseline, monoamini, topivi plinovi i acetilkolin (Pinel, 2002, str. 99). Neurotransmiteri prenose impuls s aksona na dendrit. Drugim riječima, za prelazak živčanog impulsa, koji je nabijen električnošću, važna je kemijska reakcija na kraju aksona. Također, ako je akson bolje obavijen mijelinom, on gubi manje električnog naboja prilikom prijenosa impulsa, odnosno učinkovitije prenosi impuls. Dendriti su razgranate „grančice“ pomoću kojih neuron prima informacije (živčane električne impulse) s aksona nekog drugog neurona (Jensen, 2005; Pinel, 2002; Sternberg, 2005). Što je dendrit veći i razgranatiji, može se vezati na više aksona i tako primiti više impulsa, koje nakon toga šalje kroz svoje stanično tijelo te putem aksona do dendrita drugog neurona. Stoga se može reći da ono što se u mozgu događa jest prelaženje živčanih električnih impulsa među neuronima.

Dendriti s aksonima nisu spojeni, već su njihovi krajevi međusobno približeni. Spomenuta razmaknutost između dendrita i aksona (tzv. „pukotina“) naziva se sinapsa (Pinel, 2002; Sternberg, 2005). Pokretač prelaska impulsa s aksona na dendrit, a samim time i učenja, kemijska je reakcija natrija i kalija (Jensen, 2003). Prilikom provođenja živčanih električnih impulsa događa se proces pretvaranja tih električnih impulsa u kemijsku reakciju i natrag, te kemijske reakciju u električni impuls. To se događa u sinapsi. Veći broj uspješnih prijenosa impulsa (kemijskih reakcija) s aksona na dendrit utječe na veći rast samih dendrita (uz unos hranjivih tvari u organizam). Što su aksoni bolje obavijeni mijelinom, mogu odaslati veći broj informacija (impulsa).

Struktura mozga se mijenja (plastičnost mozga) pod utjecajem podražaja iz okoline, a učvršćuje primanjem svakog novog podražaja (Jensen, 2003, 2005). Impulse u mozgu, koji prelaze s aksona na dendrite pomoću sinapsi, stvaraju u najširem pogledu podražaji u okolini čovjeka. Podražaji mogu biti unutarnji i vanjski. Unutarnji podražaji su promišljanje ideje, glad, bol i sl., a vanjski su hladnoća, toplina, razna iskustva, obavljanje poslova i sl. Na temelju procesuiranja i razvrstavanja spomenutih podražaja stvara se memorijski potencijal (Jensen, 2003, str. 17). Kada mozak radi nešto atraktivno i novo te njemu nepoznato i zanimljivo, tada se stvara višak pozitivne električne energije koja se prevodi u živčane impulse. Živčani impulsi dalje putuju kroz neurone u mozgu. Neuron, koji primi impuls, dalje ga provodi kroz akson. Kada impuls dođe do kraja aksona, pobuđuje ispuštanje kemijskog spoja (neurotransmitera) u pukotinu (sinapsu) između aksona i dendrita. Ispuštena kemijska reakcija u sinapsi pobuđuje u dendritu nastajanje živčanog impulsa koji se dalje provodi kroz stanično tijelo (somu) preko aksona do drugog dendrita. Cijeli se taj proces opet ponavlja u sinapsi aksona i drugih dendrita. Hoće li dendrit prihvatiti ispuštenu kemijsku reakciju neurotransmitera ovisi o samoj prijemljivosti cijelog dendrita (Jensen, 2005; Diamond i Hopson, 2006). Prijemljivost dendrita je ukupni zbroj svih uspješno prenesenih impulsa. Što je više impulsa dendrit primio, veća je vjerojatnost da će uspješno prihvatiti svaki novi impuls. Drugim riječima, da bi dendrit uspješno prihvatio nove impulse, on mora biti stimuliran živčanim impulsima koji proizlaze iz podražaja okoline. Što je više okolina obogaćena, ona stvara više podražaja (Bennett i sur., 1964). Tako, što više impulsa dendrit provodi, više će i lakše moći primiti svaki novi impuls. Provođenje impulsa stimulira rast i razvoj dendrita. Time dendrit postaje sposoban primiti i provesti više impulsa. Odnosno, dendrit neće odbiti impuls iz aksona, već će ga prihvatiti i provesti. Dovoljan broj provedenih impulsa učvršćuje sinaptičku vezu. Kada je učvršćena sinaptička veza, potreban je i slabiji električni naboj da impuls bude preveden kroz sinapsu (ispuštanje kemijske reakcije) s aksona na dendrit. Električni naboj ili intenzitet impulsa značajan je za to hoće li ga dendrit prihvatiti, a jači naboj stvaraju jači (značajniji) podražaji iz okoline.

Ako cijeli navedeni proces analiziramo unatrag, tada možemo kazati da neuronima prolaze električni živčani impulsi. Živčani impulsi proizlaze iz veće pozitivne električne energije. Veća pozitivna električna energija

proizlazi iz podražaja koji su atraktivni i nepoznati za mozak. Takvi podražaji dolaze iz okoline čovjeka, odnosno obogaćene okoline kojom se čovjek mora baviti. Učenje se dogodilo kada je dovoljan broj značajnih (nabijenih) impulsa proveden kroz sinaptičku vezu te je ona učvršćena. Stoga je potreban i manji naboj da se provede svaki novi impuls, odnosno, mozak reagira i na manje podražaje iz okoline - može se prisjećati i povezivati informacije.

Uz povećanje korpusa spoznaja kako mozak funkcionira i uči, došlo se do relativiziranja ili pobijanja onoga što se naziva „neuromitovima“ (Ischinger, 2007). Recentne spoznaje ukazuju da su neka uvriježena mišljenja o mozgu u najmanju ruku tek djelomično točna. Tako se pokazalo da prve tri godine kod djeteta jesu važne, ali ne i „nenadoknadle“. Nadalje, drugačije se promatra pitanje kritičnih razvojnih razdoblja kada treba nešto naučiti, tj. relativizira se njihovo značenje, pa se ukazuje da nije primjereno više govoriti o „kritičnim“, već „osjetljivim“ razdobljima. Pokazalo se netočnim da čovjek koristi samo 10 % kapaciteta svog mozga (cijeli mozak funkcionira i radi cijelo vrijeme). Isto se pokazalo netočnim da muškarci i žene imaju različite mozgove. Pobijena je pretpostavka da djeca mogu učiti samo jedan jezik. Jedan od poznatih mitova je onaj o „lijevoj“ i „desnoj“ strani (polutci) mozga. Naime, točno je da su pojedini centri smješteni u određenom dijelu mozga, odnosno u lijevoj ili desnoj polutci mozga. Stoga, može se govoriti o dominantnosti lijeve ili desne hemisfere mozga s obzirom na razmještaj centara za obradu pojedinih vrsta podražaja. Točno je da lijeva i desna hemisfera imaju različite funkcije i da mogu funkcionirati nezavisno jedna o drugoj (imati različite misli, sjećanja i čuvstva), a naročito su lateralizirane jezične sposobnosti u lijevoj hemisferi (Pinel, 2002, str. 442). Međutim, netočno je da jedna ili druga polutka mozga dominira ponašanjem pojedinca, odnosno da postoje ljudi koji razmišljaju samo desnim ili samo lijevom dijelom mozga (Jensen, 2005, str. 12). Upravo suprotno, mozak holistički, istovremeno i na više razina obrađuje i procesira informacije. I lijeva i desna hemisfera istovremeno reagiraju i procesiraju iste podražaje. Tako se pokazalo da je kod vrhunskih glazbenika i umjetnika (a centri za glazbu i stvaralaštvo su smješteni u desnoj hemisferi mozga) aktivnija lijeva hemisfera mozga (Jensen, 2005). Pinel (2002, str. 455) u prilog pobijanju ovog mita eksplicitno piše:

*Istraživanja lateralizacije funkcija sadrže statističke usporedbe velikog broja mjera za desnu i za lijevu hemisferu. Za većinu tih mjera nisu utvrđene statističke značajne razlike: **lateralizacija funkcija prije je izuzetak nego pravilo**. U slučajevima kada postoje statistički značajne razlike, to nisu apsolutne razlike, već obično male razlike u korist jedne ili druge hemisfere. No, popularni psihologijski mediji usprkos tome neizostavno prikazuju hemisferne razlike kao potpune. Posljedica toga jest rašireno vjerovanje da lijeva hemisfera ima isključivo kontrolu nad jezikom, a desna nad čuvstvima i kreativnošću. Ono što najviše zabrinjava u tim pogrešnim tumačenjima, jest da ona ponekad nadahnuju suvremene obrazovne programe.*

Iz ovoga je vidljivo da su, osim što su neka uvriježena laička mišljenja o mozgu netočna, istraživanja mozga izrazito razvojno dinamično područje.

3. Neurodidaktika

Među prvim, koji su se počeli baviti učenjem i oblikovanjem okoline učenja prilagođene načinu kako mozak uči, je Leslie Hart i njezina knjiga *Human Brain and Human Learning* iz 1983. godine (prema McGeegan, 2001). Ona (prema ibid.) je među prvim počela koristiti pojam *učenje primjereno mozgu*. Shodno tome, Hartova definira takvo učenje kao učenje i poučavanje koje se podudara s prirodom na koju mozak funkcionira (ibid., str. 7-8). Geoffrey i Renate Nummela Caine u svojoj knjizi *Making Connections: Teaching and Human Brain* (1994) učenje i poučavanje primjereno mozgu opisuju kao prihvaćanje pravila mozga o smislenom učenju te organizaciji okoline učenja (poučavanja) u skladu s tim pravilima. Svakako valja ukazati da su početkom 1980-ih prihvaćanju spoznaja neuroznanosti i prirodi ljudskog učenja značajno pridonijele teorije višestrukih inteligencija, a ponajprije Howard Gardner sa svojom knjigom *Frames of Mind* (2011), prvobitno izdane 1983. godine. Ono što je značajno, a na što ukazuju spoznaje neuroznanosti o učenju, jest da učenje mora biti smisleno, povezano sa stvarnim situacijama (kontekstualno), usmjereno na učenje rješavanjem problema, istraživanjem, suradničko učenje i učenje igrom. Takvo je učenje u središtu nastave usmjerene na učenika. Spoznaje kognitivne neuroznanosti ukazuju da je nemoguće odvojiti emocije od kognicije, tj. da su emocije od presudne važnosti za procese učenja

(Caine i Caine, 1994; Radin, 2009; Salovey i Sluyter, 1999). Shodno tome, danas se govori i o *emocionalnoj pedagogiji* (npr. Chabot i Chabot, 2009). U tom pogledu ukazuje se da informacije, koje su „obojane“ emocijama, stvaraju veće značenje, što uzrokuje veći živčani naboj koji je ključan za prelazak živčanog impulsa s aksona na dendrit (Jensen, 2005). Odnosno, prema teoriji proširenja i izgradnje (eng. *broaden-and-built theory*), pozitivne emocije izgrađuju i proširuju repertoare mišljenja i ponašanja (Fredrickson, 2004).

U kontekstu svega navedenoga, učenik uči stvarajući i konstruirajući vlastite spoznaje (znanja) na temelju interakcije s okolinom (fizičkom i društvenom) te davanjem vlastitih značenja, razumijevanja i interpretiranja okoline. Takvo učenje, koje je temeljeno na aktivnoj interakciji pojedinca s (novom) obogaćenom okolinom, u temelju je *konstruktivizma*, tj. *konstruktivističkog učenja* (npr. von Glasersfeld, 2003; Fosnot i Perry, 2006; Pritchard i Woollard, 2010). Robin Fogarty (1999) poistovjećuje učenje primjereno mozgu s konstruktivističkim učenjem.

S obzirom na spoznaje kognitivne neuroznanosti i općenito istraživanja mozga u pogledu učenja i razvoja, Caine i Caine (1994) su sumirali obilježja učenja/poučavanja primjerenog mozgu. Oni navode dvanaest principa učenja kompatibilnog mozgu³:

- 1) mozak je kompleksan i adaptivan,
- 2) mozak je društven,
- 3) traženje smisla (značenja) je urođeno,
- 4) traženje smisla (značenja) se pojavljuje prema obrascu,
- 5) emocije su ključne za stvaranje obrazaca,
- 6) mozak istovremeno percipira dijelove i cjelinu,
- 7) učenje uključuje fokusiranu pažnju i perifernu percepciju,
- 8) učenje uključuje svjesne i nesvjesne procese,
- 9) memorira se na više načina,
- 10) učenje je razvoj,
- 11) cjelovito učenje potpomognuto je izazovom, a spriječeno stresom te
- 12) svaki mozak je jedinstveno organiziran.

³ Iste principe prikazuje i Arnold (2009, str. 189-192) u knjizi *Neurodidaktik* (2009).

Prema prikazanim principima, opravdano je ukazati da spoznaje neuroznanosti o učenju potvrđuju didaktičke spoznaje o aktivnim strategijama učenja. Drugim riječima, može se govoriti o konstruktivističkom učenju, odnosno nastavi usmjerenoj na učenika. U tom pogledu prepoznato je da za učenje koje je u skladu s načinima kako mozak uči, ključna učenikova (psihička i fizička) aktivnost i dobro prilagođena (poticajna) obogaćena okolina.

U didaktici je poznato da je Maria Montessori, prvenstveno kao liječnica, zagovarala aktivno učenje i obogaćenu okolinu (Montessori, 1912, 2003; Seitz i Hallwachs, 2011). S druge strane, značenje obogaćene okoline potvrđeno je spoznajama neuroznanstvenika (Bennett i sur., 1964). Obogaćena okolina podrazumijeva dvije sastavnice: *izazov* i *neposrednu povratnu informaciju*. Zadatci i sadržaji učenja moraju biti učeniku zanimljivi, izazovni, tj. dovoljno izazovni da učenici mogu/žele uložiti napor u rješavanje zadataka. Ali, s druge strane, ne smiju biti preteški kako učenici ne bi odustali od zadatka. Svako rješavanje zadatka mora pružati povratnu informaciju učeniku o uspješnom obavljanju zadatka jer je neizvjesnost stresna, pa smanjuje intrinzičnu motivaciju za učenjem (Diamond i Hopson, 2006). Ovo je potvrđeno i teorijama samoaktualizacije i zanesenosti (Rajić, 2012). Također, potvrđeno je značenje pažnje koja je potaknuta kontrastima i novitetima. Jensen (2005) te Caine i Caine (1994) tvrde da je ljudska vrsta evoluirala i preživjela jer je pojedinac tražio novitete, pokušao se odmaknuti od konvencionalnog i jer je bio divergentan. Phillips Reichherzer (2011) sažima spoznaje neuroznanosti koje potvrđuju značenje pedagogije M. Montessori. Ona objašnjava značenje Montessori metode u matematici, baratanju riječima i količini, usvajanju jezika, razdobljima posebne osjetljivosti, individualizaciji, značenju uzora i dr. (ibid., str. 98-99).

Nadalje, i pedagogija Rudolfa Steinera (Carlgren, 1991; Seitz i Hallwachs, 2011) anticipirala je recentne spoznaje neuroznanosti. U brošuri Osnovne waldorfske škole u Rijeci (<http://documents.tips/documents/kako-mozak-uci.html>) sažeto su opisana obilježja didaktičkih elemenata u waldorfskim školama, a koje su danas potvrđene neuroznanostima. Tako je potvrđeno značenje smislenih radnji, tjelesne inteligencije te tjelesnih pokreta i euritmijske, ručnog rada, crtanja formi, umjetničkog odgoja, nastave u epohama, opuštenosti i prijateljske atmosfere u nastavi, nastave u prirodi i dr.

Također, spoznaje neuroznanosti potvrđuju značenje projektnog učenja i nastave. Ono što su zagovarali Rousseau, Pestalozzi, a značajno pridonijeli i razvili Dewey i Kilpatrick, danas potvrđuje neuroznanost. Tako je projektno učenje temeljeno na intrinzičnoj motivaciji i izazovnim zadacima. Neuroznanost ukazuje da mozak istovremeno procesuirá informacije na više razina, a projektno učenje polazi od proučavanja neke problematike s više aspekata. Nadalje, u projektnoj nastavi do izražaja dolazi suradničko učenje, a istraživanja mozga su potvrdila da se mozak razvija i uči društvenom interakcijom. U projektnom učenju činjenično i proceduralno znanje preduvjet su razvoja mišljenja višeg reda i metakognitivnog znanja, a neuroznanost potvrđuje značenje takvog znanja za razvoj čovjeka. Stres u projektnom učenju sveden je na minimum te dominiraju pozitivne emocije koje potiču uspješno učenje. Projektno učenje je intrinzično motivirano, tako da je smanjen utjecaj klasičnog i instrumentalnog uvjetovanja (ocjenama). Također, projektna nastava je individualizirana te konstruktivistička.

Uz navedene didaktičke koncepcije, recentne spoznaje neuroznanosti potvrđuju i didaktičke koncepcije i elemente Petera Petresena, Celestina Freineta, Georga Kerschensteinera, Martina Wagenscheina i dr. Naime, prema navedenim spoznajama neuroznanosti, učenje istraživanjem, slobodni rad, suradničko učenje u heterogenim grupama i učenje rješavanjem problema su u skladu s načinima kako mozak funkcionira i uči (i razvija se).

Iz ovoga je vidljivo da spoznaje neuroznanosti naglašavaju aktivno učenje i značenje kvalitetno uređene okoline učenja. Time su potvrđeni didaktički koncepti i elementi pravaca i pokreta reformske pedagogije te općenito ono što se naziva nastava usmjerena na učenika (konstruktivističko učenje). Opravdano je konstatirati da je ono što danas ukazuje neuroznanost o učenju u didaktici poznato prije više od stotinu godina u obliku didaktičkih elemenata pokreta i pravaca reformske pedagogije.

4. Neuroznanstvena objašnjenja razvoja govora

Govor je jedan od preduvjeta za učenje. Na temelju razmatranja razvoja govora te čimbenika koji na njega utječu, možemo također uspostaviti temelje i za kvalitetno suvremeno poučavanje drugih sadržaja i organizaciju suvremene nastave u skladu s razvojnim karakteristikama i načinima učenja/usvajanja, kako govora i jezika, tako i ostalih sadržaja. Razvoj govora i

mišljenja razmatrali su brojni znanstvenici, o čijim će teorijama biti riječi u nastavku rada.

Pitanja koja se pri razmatanju ove teme nameću jesu sljedeća: Što je to govor, kako govor nastaje, što utječe na njega? Kako su povezani pokret (motorika) općenito kao i pokret ruke-gesta i govor? Možemo li smislenim pokretom ruke (npr. gestovnom igrom) utjecati na razvoj govora i govor sam, ako *da*, čime to objašnjavamo?

Djeca najčešće uživaju krećući se i igrajući se. Kako taj pokret, koji je tako važan za djecu, utječe na razvoj govora? Koji su to specifični pokreti koji potiču govor? Možemo li povući paralelu u nastanku govora kod čovjeka kao vrste i čovjeka kao jedinke, može li ruka koja je potakla razvoj govora kod drevnog čovjeka biti i sada faktor koji će djetetu otvoriti čudesna vrata govora? Osim toga, postavlja se pitanje koliku ulogu ima pokret, odnosno gesta na cjelokupno učenje i nakon usvajanja govora?

U nastavku rada nastojat ćemo na njih odgovoriti.

4.1. Geste

Prema definiciji lingvistâ Davida Armstonga, Wiliama Stokoa i Shermana Wilcoxa, geste uključuju vokalno-artikulirane pokrete i pokrete udova (ekstremiteta), a definiraju se kao vrsta jednakovrijednih koordiniranih pokreta kojima se postiže neki cilj (Wilson, 1998).

Prema taksonomiji gesta, koju su predložili Armstrong i Stokoe, geste se dijele na četiri razine:

- 1) „primitivne: uobičajeno iskazivanje agresije (npr. kod životinja),
- 2) univerzalne: transparentne iskonske geste (npr. unaprijed ispružen kažiprst i okomito podignut palac = znak za pištolj),
- 3) geste koje vrijede unutar neke specifične kulture,
- 4) geste korištene pri govoru i jeziku gluhih i gluhanijemih, a razumiju ih i gluhanijemi i govorno/slušno zdravi ljudi.“ (Wilson, 1998, str. 185)

Promatrajući ovako razvrstane geste, možemo reći da prema lingvističkom minimalnom uvjetu za postojanje jezika, a to je slobodan odabir znakova i njihovo specifično kombiniranje, samo 4. razina gesta zadovoljava minimalni uvjet da bi se geste mogle nazvati jezikom. Jezik gluhih osoba je kôd, a to znači da je u njemu odnos znakova i njihovog značenja

uglavnom netransparentan; znakovi imaju određenu nejasnoću. Geste su za razliku od toga u pravilu transparentne, normalno izvedive i lako shvatljive. U jeziku gluhih isti pokret može značiti više potpuno različitih stvari, dok je gesta uvijek ista za istu stvar ili situaciju. Ipak, neosporno je da bismo geste mogli nazvati jednim od organa čovjekovog jezika.

Čovjek je gestu počeo koristiti u pradávná vremena, spontano, kada se kao vrsta počeo odvajati od majmunskih srodnika. Geste su daljnjim razvojem prerasle u govor. Povijesno gledano, interakcija gesta i govora je neosporna, a i danas se u znatnoj mjeri pri govorenju koristimo gestama da bismo dali poseban naglasak riječima i izrazili emotivnu pozadinu onoga što govorimo. Iz ovoga možemo zaključiti da se naš jezik sastoji od riječi i gesta.

4.2. Jezik i govor

Američki antropolog Terrence Deacon smatra da je govor „prirodni organ čovjekovog jezika“ (Wilson, 1998, str. 57). Prema mišljenju Noama Chomskog sljedeće tri tvrdnje su neoborivo istinite kad je u pitanju čovjekov govor:

- 1) „on je nasljedna osobina na razini vrste,
- 2) on nije neka funkcija opće inteligencije,
- 3) on nema analogiju u komunikaciji drugih životinja“ (Wilson, 1998, str. 56).

Embriolog Ernest Haeckel je rekao: „Zar na području jezika ontogeneza ne rekapitulira filogenezu“ (Wilson, 1998, str. 169). Premda je Haeckel kao biolog mislio na biološku strukturu koja proizvodi jezik, mogli bismo reći da je i ontogeneza funkcije govora vrlo slična te da ona rekapitulira filogenezu. Neosporno je da je jezik (i govor), kako ga danas definiraju lingvisti (i znanstvenici srodnih grana), svojstven samo čovjeku.

Sa stanovišta evolucije ne može se još uvijek odgovoriti na pitanje kako je nastao jezik. Iako postoje razne pretpostavke, ne postoji čak ni rudimentarna teorija o tome kako „ispravan“ mozak u zdravoj osobi funkcionira u odnosu na „proizvodnju“ jezika.

4.3. Razvoj jezika

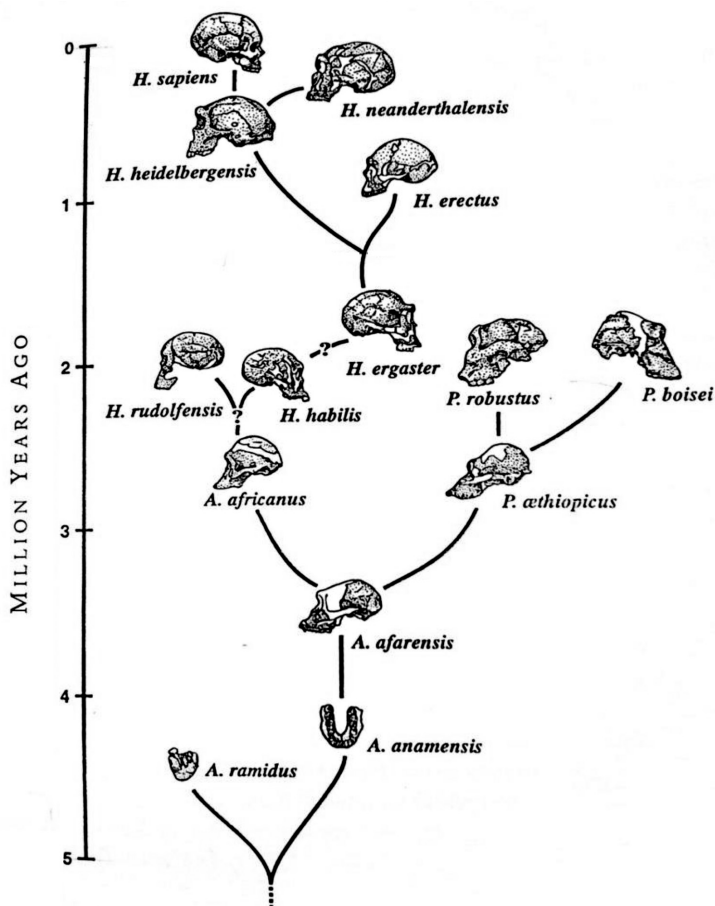
Prema dubokom uvjerenju znanstvenika (ponajprije antropologa), neku primitivnu vrstu jezika posjedovao je već i *Homo erectus*. Odatle i

uvjerenje da je neuralna infrastruktura za jezik morala postojati već prije otprilike 100.000 godina, a to znači da je već tada mozak naših predaka ispunjavao minimalno dva osnovna uvjeta za postojanje jezika: 1. slobodni odabir znakova i 2. sustav specifičnog kombiniranja.

Najraniji pretci naše vrste bili su australopiteci koji su se uspravili (od kretanja na rukama i nogama) i počeli hodati samo nogama (od njih je najpoznatija Lucy koja je živjela prije otprilike 3,2 milijuna godina u Hadaru). Imali su ruku različitu od majmunske i mozak veličine čimpanzinog mozga. U vrijeme kada je otkrivena Lucy, već je postojalo nekoliko pretpostavki da je mozak suvremenog čovjeka vjerojatno evoluirao kao posljedica sve većeg korištenja alata kod njezinih potomaka. Tu konkretnu tezu iznio je i antropolog Sherwood Washburn u časopisu *Scientific America*: „Sada ipak izgleda da su ta čovjeko-majmunska stvorenja bila u stanju trčati, ali ne i hodati na dvije noge, a s mozgom ne većim od onog današnjih majmuna bila su već naučila izrađivati i koristiti oruđe. Iz toga slijedi da građa suvremenog čovjeka mora bit rezultat promjena nastalih prirodnom selekcijom do kojih je došlo uslijed načina života uz korištenje oruđa/alata. S kratkoročnog stanovišta, čovjekolika građa omogućava i čovjekoliko ponašanje. Sa stanovišta evolucije, ponašanje i građa čine uzajamni kompleks, tj. promjena jednog djeluje i na promjenu drugog i obrnuto. Čovjek je postao čovjekom kad je populacija majmuna prije oko milijun godina započela dvonožni način života uz upotrebu oruđa“ (Wilson, 1998, str. 16).

Washburnova teza o razvoju čovjeka sadrži sljedeće tvrdnje:

- 1) Mozak i mišićno-koštani sustav se kao organi razvijaju kao i ostatak organizma, tako da tijekom vremena mijenjanju strukturu i funkciju (ponašanje svakog člana bilo koje vrste u danom vremenu odražava radne karakteristike različitih dijelova tijela).
- 2) Dvije kritične modifikacije skeletno-mišićnog sustava doprinijele su pojavi hominida (linija australopiteka i homo), a to su: prihvatanje dvonožnog načina kretanja i promjena gornjih udova u pogledu korištenja alata.
- 3) Pokretačka snaga u evoluciji mozga hominida (Washburn evoluciju mozga poistovjećuje s povećanjem zapremine mozga) sastojala se u „pritisku okoline“ stvorenog vanjskom promjenom okoliša.



Slika 2. Prikaz rodoslovnog stabla čovjekove porodice (Wilson, 1998, str. 17)

Washburn naročito ističe da je mozak suvremenog čovjeka nastao nakon što su hominidi postali „rukatići“ u korištenju alata, smatrajući da je mozak bio posljednji u lancu koji je evoluirao (Wilson, 1998).

Sve donedavno istraživanja ljudskog mozga vezana uz ljudsko ponašanje, jezik, korištenje alata i inteligenciju povezivala su ih s veličinom mozga pa su u tom smislu četiri referentna datuma važna za antropologe. Prvi datum je pojava A. anamensisa u razdoblju između 3,9 i 4,2 milijuna godina pr. Kr. Drugi datum je datum Homo porodice – Homo habilis koji se pojavio prije oko 2 milijuna godina pr. Kr. Zatim se prije nešto manje od milijun godina pojavio H. erectus. Četvrti datum je onaj pojave H. sapiensa – oko 100.000 godina pr. Kr. (Slika 2).

U tom vremenskom razdoblju ljudski je mozak rastao od 400 do 500 cm³ (australopiteci), zatim 600 do 700 cm³ (*Homo habilis*) pa 900 do 1000 cm³ (*Homo erectus*) i konačno do naše zapremine od približno 1.350 cm³.

Kad su u pitanju istraživanja vezana uz promjene na ruci, koje se mogu povezati, kako s evolucijom mozga, tako i ponašanjem čovjeka, ona su još uvijek nedostatna i trebala bi biti usmjerena na samu ruku i njezine promjene.

U svjetlu čovjekove evolucije razvoja kao dvonožnog bića, bića koje počinje koristiti alate, loviti, širiti svoj životni teritorij, mijenjati ga, zatim njegove tjelesnosti i funkcionalnosti (naročito u smislu gornjih ekstremiteta i ruke), izrade alata i ruke koja se prilagođava alatu, alata koji se prilagođava ruci, za razvoj jezika interesantan je upravo taj čovjek koji je izrađivač alata. Nedavno je antropolog Peter C. Reynolds iznio teoriju prema kojoj nije nužno da je izrađivač alata od kamena morao biti usamljeni pregalac u svojoj djelatnosti, iako se obično smatra takvim. (Wilson, 1998) Reynolds sugerira da su složenije alate (poput sjekire, noževa i slično) obično izrađivale male grupe ljudi radeći zajedno, a svaki član je obavljao dio zadatka. Moguća važnost ove alternative nadilazi čisti pragmatizam podjele posla. Svaki takav kolektivni napor zahtijevao je i sredstva komunikacije koja su vjerojatno poprimala oblik ručnog signaliziranja i govora tijela ili vokalizaciju, ili oboje. Drugim riječima, zajednička izrada alata mogla je pružiti presudni preduvjet za evoluciju jezika. Ničući jezik, zasnovan na porastu suradničke izrade alata, vjerojatno je bodrio evoluciju, i to ne samo evoluciju izrade sofisticiranijih alata, već i kompleksnije društvene kulture i rafiniranijeg jezika. Ta dva ponašanja međuzavisna i međusobno osnažujuća mogla su također biti u stanju potaknuti predočavanje u mozgu. Do kojeg god stupnja jezik i korištenje alata postali specifične nasljedne osobine, do tog stupnja su one morale izmijeniti i perspektivu preživljavanja za sve pojedince s ovim određenim naslijeđem. Za nas važno pitanje predstavljaju neurološke posljedice ponašanja vezane uz povezivanje ruke i mozga tijekom vremena – evolucije te kakva bi mogla biti veza između upotrebe alata, jezika i razmišljanja u rasponu jednog ljudskog života.

Osvrćući se sada na Washburnovu tvrdnju da gledajući „s kratkoročnog stanovišta, čovjekolika građa omogućava i čovjekoliko ponašanje“ (Wilson, 1998, 16), treba razmotriti sljedeće: upotreba ruku u izradi i ko-

rištenju alata bila je međusobno povezana s pojavom jezika, a one su bile međusobno povezane s novim područjima djelovanja ljudskog mozga i metalnim potencijalima ljudske spoznaje (percepcija, pamćenje, rasuđivanje, itd.). Stoga, moramo naći analogne veze, odnosno pojačavajući učinak između svrsishodnog korištenja ruke, jezika i kognicije u pojedinačnim povijestima danas živih ljudi.

U svjetlu prethodne rečenice, mogli bismo promišljati da je, s kratkoročnog stanovišta, upravo gestovna igra, uporaba gesti u učenju novih sadržaja uz govorenje, svrsishodno korištenje ruke i jezika.

Citirajući L. N. Tolstoja (Wilson, 1998, str. 35): „Nije teško shvatiti riječ, već koncept koji stoji iza te riječi, a koji dijete ne razumije. Odnos riječi i misli te stvaranje novog kompleksa je delikatan i misteriozan koncept.“, nastaviti ćemo u zaranjanje misterija jezika iz aspekta neraskidive veze s mislima i inteligencijom. Najčešće tvrdimo da je mozak odgovoran za ono što nazivamo „inteligencijom“, s tim da pod inteligencijom podrazumijevamo sposobnost otkrivanja, odmjeravanje i međusobno povezivanja činjenica s ciljem rješavanja problema. Međutim, ljudi nisu naprosto životinje s inteligencijom u skladu s ovom definicijom jer su oni u životinjskom svijetu jedinstveni po svojim razrađenim i dvjema, u stvari, obveznim strategijama za rješavanje problema.

Ljudi projektiraju i razrađuju neopisivo veliki raznoliki i specijalizirani inventar alata kojim se koristimo. Neki od tih alata sasvim su jednostavni pa ustvari rade na istom principu kao i oni alati koje koriste razne životinje. Ali ipak, u posljednjih desetak tisuća godina izrada alata uzela je izrazito drugačiji smjer od onog koji slijede najrazvijeniji živući primati. Ljudi su tehnologiju učinili središnjim osloncem svoje strategije preživljavanja.

Drugi „trik“, koji koristimo pri rješavanju problema, jest jezik. Postoji više vrsta jezika, od kojih je svaki zasnovan na formalnom sustavu kodova i/ili simbola putem kojeg predočavamo stanje svijeta.

Razmatrajući alate i jezik, kao jedinstvene strategije čovjekovog preživljavanja, ne možemo poreći sličnost između raznih oblika životinjske komunikacije i ljudske komunikacije. Kao i govorni jezik čovjeka, životinjski zov je učinkovit i široko upotrebljavan način signaliziranja među članovima iste vrste. Životinje (uključujući i insekte) koriste jezik tijela da bi izrazile emocije i namjere o osnovnim pitanjima preživljavanja: hrani,

parenju i teritoriju. Životinje komuniciraju i putem predmeta i znakova upravo onako kako to rade i ljudi te, općenito uzevši, različitim oblicima negovornog životinjskog jezika koji je najjasnije predstavljen univerzalnim jezikom izraza lica. Ipak, ovdje prestaje sličnost. Jezik ljudi nije samo razrađen i unaprijeđen jezik životinja, on uključuje i korištenje kodova simbola za predočavanje predmeta i događaja u stvarnom svijetu, a njihovo se značenje utvrđuje dogovorom među ljudima.

Nitko ne poriče osnovnu postavku da su ljudi bihevioristički definirani i to upravo svojim jedinstveno razrađenim i istančanim korištenjem alata i jezika. Jezik je u prvom redu dokaz razmjene informacija među ljudima, ali su ljudi stvorili formalne jezike kao mehanizam zajedničkog korištenja znanja. Time su posvjedočili postojanje zajedničke svijesti i kohezivne svrhe te svijesti u njihovim životima pa sve ovo skupa možemo nazvati kulturom. Iz ovoga slijedi da su jezik i kultura neodvojivi i kao takvi poticaj našem osobnom razvoju i kultiviranju. Stoga jezik možemo smatrati osobinom koja definira inteligenciju.

Naime, u današnje vrijeme ni jedna teorija u potpunosti ne objašnjava odnos korištenja alata, jezike i inteligencije, ali tri teorije, dolje navedene, mogu donekle opravdati gestovnu igru i pokret kao poticaje za govor i učenje, odnosno važnost korištenja alata (ruke) u razvoju jezika i inteligencije čovjeka.

4.4. Teorija rasta mozga te razvoja jezika i inteligencije prema Robinu Dunbaru

Robin Dunbar, profesor biologije na Sveučilištu u Liverpoolu, postavio je teoriju da su povećanje mozga, razvoj jezika i potreba za inteligentnim ponašanjem bile nužne popratne pojave kod povećanja složenosti društvenog života hominida. Drevni hominidi su proširivali svoj teritorij i suočavali se sa sve većim izazovima okoline te je njihov opstanak postao sve više ovisan o suradnji u grupi. Minimalna kvalifikacija za članstvo u grupi je ono što bismo mogli nazvati društvenim shvaćanjem. Što je grupa mnogoljudnija, to je veća potreba za visokom razinom društvene inteligencije, koja se čini da ovisi veličini mozga. Dunbar je u svojim istraživanjima pretpostavio da bi analiza trebala obuhvatiti samo neokorteks (po redoslijedu evolucijskog razvoja najnoviji dio ljudskog mozga), a ne cijeli mozak. Usporedba veličine neokorteksa s veličinom grupe pokazala

je skoro savršenu progresiju: što je veće pleme, veći je neokorteks. Širenje mozga s ciljem ispunjavanja zahtjeva koje postavlja veličina grupe u rastu ne može ići u nedogled, kao što ni vrijeme socijalizacije ne može ići u nedogled i tu se jezik pojavljuje kao alternativni način iskazivanja inteligencije i surogat koji omogućuje održavanje grupe. Ova hipoteza jedva da objašnjava odakle je ljudski jezik stvarno potekao. Dunbar se tek približava ovom problemu tvrdeći da je postojala neka vrsta jezika koji je bio socijalan davno prije nego što je bio tehnički.

4.5. Teorija kulturne i kognitivne evolucije Merlina Donalda

Merlin Donald, profesor psihologije na Sveučilištu Queens u Kingstonu, u svojoj teoriji pretpostavlja da je ljudski mozak zajedno s govorom došao do današnje razine kroz proces od tri stupnja. Dva od tih stupnjeva podudaraju se s razdobljima relativno nagle preobrazbe u fizičkoj konstituciji i ponašanju majmuna (bezrepa) i hominida. Svaki od ova tri stupnja je definiran specifičnim profilom motoričkog i socijalnog ponašanja. Bit ove hipoteze je da se „pamet“ modernog čovjeka razvijala od pameti primata kroz seriju nekolicine većih prilagodbi te da je svaka od njih vodila do nicanja novog sustava predočavanja. Svaki sljedeći sustav predočavanja ostao je nedirnut u našoj trenutnoj mentalnoj strukturi.

Ključna riječ ovdje je predočavanje, znači ljudi nisu naprosto razvili veći mozak, prošireno pamćenje – leksikon, odnosno specijalnu aparaturu za govor, već su razvili novi sustav predočavanja.

Podloga Donaldovog otkrića sastoji se u sljedećem. Stvarno improvizirano rješavanje problema, ono što možemo identificirati kao inteligenciju, počinje kod repatih majmuna, napreduje do bezrepih i dalje s australopitekima (dvonožnost i korištenje ruke/šake).

Donald je pretpostavio da su predhominidni majmuni i hominidi na tom stupnju razvoja ustvari imali „epizodnu kulturu“. „Njihovo je ponašanje, premda kompleksno, ipak nereflektivno, konkretno je i vezano za pojedinu situaciju. Čak i njihovo korištenje znakova i socijalno ponašanje predstavlja neposredni kratkoročni odaziv na okolinu. Oni svoje živote potpuno proživljavaju u sadašnjosti, a najviši elementi u njihovom sustavu misaonog predočavanja su na razini predočavanja događaja“ (Wilson, 1998, str. 47).

Glavno Donaldovo istraživanje tiče se razdoblja između pojave *Homo erectus* i *Homo sapiens*. *H. erectus* je proizveo niz sofisticirano izrađenih alata te se razmilio preko cijele površine euroazijskog kopna, prilagođavajući se pritom širokoj lepezi raznolikih klimatskih i drugih uvjeta života u društvu u kojem su suradnja i društvena koordinacija djelovanja bile važne za strategiju preživljavanja vrste. Pri koncu ere „usavršavanja“ strategije preživljavanja *H. erectus*, evolucija je stvorila preduvjet za novu vrstu: mali pomak u kapacitetu mozga *H. erectus* i stjecanje sposobnosti govora bile su formula za pojavu *H. sapiens*. Ono što je stvarno postigao *H. erectus*, osnova njegove kulture, bila je sposobnost mimike - sposobnost pravljenja svjesnih, samoinicijativnih, reprezentativnih pokreta koji su namjerni, ali ne i lingvistički. Sposobnost mimike dovodi do dijeljenja znanja i spoznaja, tako da nijedan član grupe ne mora ponovo izmišljati ta znanja. Primarni oblik mimičkog izražavanja bio je vizualno-motorni. Primjer izrade alata pokazuje nam kako su ova opća i specifična znanja mogla biti kombinirana da bi omogućila pojavu novih mimičkih sposobnosti. Izrada alata primarno je manualno-vizualna vještina, ali uključuje i traženje potrebnih materijala, oblikovanje odgovarajućih alata te raspodjelu odgovornosti. Inovativno korištenje alata mora da se zbilo bezbroj tisuća puta prije nego što je dobilo status ustaljenog zanata. Donald pretpostavlja da je tijekom tog razdoblja došlo do poboljšanja upravljanja mišićima lica, što je omogućilo izražavanje većeg broja emocija. Istovremeno pretpostavlja da anatomija i funkcija dišnog sustava, kao ni neurološki faktori, nisu još bili dostigli razinu koja bi bila dostatna za govor tako da govor u današnjem smislu nije postojao. Donald čak odbacuje mogućnost da je vizualni govor zasnovan na rukama (jezik znakova), čiji je suvremeni oblik ekvivalent za govor, u svom lingvističkom opsegu i snazi, tada bio u upotrebi.

Gotovo je sigurno da se jezik gesta koristio u komunikaciji, a Donald dozvoljava da je to vjerojatno bio neki oblik mimetičke komunikacije, a možda čak i „preteča“ naprednijeg simbiotskog izuma kao osnove govora (Wilson, 1998).

Iz toga slijedi da su govor i gesta ipak u međusobnoj povijesnoj interakciji. Nema sumnje da su se preklapali i međusobno osnaživali u jeziku čovjeka, ali postavlja se pitanje što je s gestom i mišlju. Razvojni psiholozi su mislili da bi rješenje možda mogli potražiti u pojavi navike djece da ukazuju prstom kao „gesti namjere“ (u dobi od oko 14 mjeseci kao važnu

prekretnicu u njihovom normalnom razvoju) te smatraju njezino završno korištenje (kod odraslih osoba) kao demarkacijsku liniju od kognitivnog potencijala čimpanze. Čimpanza, niti spontano koristi tu gestu, niti tu sposobnost postiže učenjem.

Dunbarova i Donaldova teorija razlikuju se u naglašavanju i pojedinstima, ali i jedan i drugi identificiraju pojavu jezika kao rezultat visoko-koodinirane interakcije između razvoja linije Homo i okoline te smatraju da je jezik povezan s inteligencijom i kulturom društva koje su postale dio dinamičkog postupka odabira.

4.6. Teorija Henryja Plotkina o inteligenciji kao „sekundarnoj heuristici“

Heuristika je opisno rečeno „ono što je dovelo do otkrića i izuma“ (Wilson, 1998, str. 52). Mogli bismo reći da Henry Plotkin, profesor psihologije s Universityja College London, svojom tezom samo nadopunjuje Donalda te smatra da izraz „znanje“ znači više nego riječi ili rečenice sadržane u glavi. Znanje je prema njegovom mišljenju bilo koje stanje u organizmu koje u sebi nosi neki odnos sa svijetom. Mi to „znanje“ stječemo, kao prvo, „genetskom spravom“, kako je Plotkin naziva, čije djelovanje u porodici gena kroz generacije proizvodi dugovječnost putem testiranja i regeneracije genetskih kodova, tj. „primarnom heuristikom“ – nasljeđivanjem. Ova „primarna heuristika“ posjeduje dva svojstva koja su vrijedna pažnje. Jedno je da poprima uobičajeni oblik uvođenja u budućnost onog što je djelovalo u prošlosti. Radi se o tome da se uspješne varijante vraćaju u gensku banku gdje će biti na raspolaganju za izbor budućim generacijama. Ovo je konzervativna strana heuristike. Drugo svojstvo je generiranje inovativnih varijanti procesom slučajnosti. To je inventivna komponenta heuristike i predstavlja način na koji priroda u sustav ubacuje nove komponente s ciljem da po mogućnosti dopuni nedostatke do kojih može doći ako ono što je funkcioniralo u prošlosti više ne funkcionira jer se svijet promijenio. Dakle, svaki živi organizam nosi gene koji u sebi, prilikom djelovanja primarne heuristike, sadrže plan za život. Taj plan može uspjeti ako je organizam suočen s poznatim preprekama. Tako nosimo strukturu, funkciju, specijalne prilagodbe, instinkte i dr.

Ova vrsta znanja postoji i u svakoj životinji. Kad se ovakvo „prirodno“ znanje dobiveno u primarnoj heuristici unaprijedilo u opsežno, mobilno i

dugoročno pamćenje društvenih primata, te su se životinje počele širiti u nepoznati okoliš u kojem su vrebale nepredviđene opasnosti. Ta je situacija tražila mentalnu osposobljenost za slobodu akcije kakva do tada nije postojala. Iako bi promjena fenotipa, a onda dugoročno i genotipa, bila odgovor na ove nepredviđene i nepoznate situacije, Plotkin smatra da se pravi odgovor nalazi u inteligenciji. I Plotkin tada inteligenciju definira kao „sekundarnu heuristiku“. Naime, Plotkin ovdje navodi što je osim nestabilnosti, migracija i političkih intriga imalo snagu da goni *H. erectusa* sve do *H. sapiensa*. Bio je to prošireni repertoar pokreta ruke umreženih u kognitivnu snagu mozga – inteligenciju.

Naravno da se sada postavlja pitanje veze znanja jezika i inteligencije. S obzirom da je jezik jedinstven za našu vrstu, to mora značiti da je on neki dio naše genetske građe koji je jedinstven za nas kao vrstu. Znači da smo genetski predodređeni da učimo, mislimo i komuniciramo jezikom. Shvaćanje jezika bitan je dio znanosti o ljudskom znanju pa je samim tim bitno i pitanje o podrijetlu govora.

Suvremena lingvistika stvarno je započela tek s radovima američkog lingvisti Noama Chomskog koji je dokazao bitnu razliku ljudskog jezika i drugih oblika komuniciranja životinja izlažući njegove jedinstvene operativne i razvojne karakteristike. U njegovoj je teoriji bilo revolucionarno njegovo inzistiranje da se jednoobrazno spektakularna jezična nadarenost djece ne može pripisati samo iskustvu. Djeca u svojim ranim godinama ne čuju ni približno dovoljno da bismo time mogli objasniti količinu njihovog znanja o jeziku u vrijeme kad počnu govoriti. To Chomskyjevo „siromaštvo“ podražaja središnji je argument njegovog razornog napada na B. F. Skinnera i biheviorističku psihologijsku školu, koja je do 1959. samouvjereno tvrdila da jezik postoji u društvu te da ga djeca isključivo stječu na osnovi roditeljskog te podučavanja drugih osoba. Chomsky je, s druge strane, ukazao na činjenicu da pojavljivanje jezika kod djece slijedi vrlo precizan redoslijed razvoja, bez obzira gdje ona živjela i koji je jezik prvi koji nauče. Također je naglasio da i sam jezik ima urođenu strukturu. Tvrdi da je jezik nasljedna osobina na razini vrste, posebna funkcija opće inteligencije te da nema realne analoge u životinjskoj komunikaciji, Chomsky je poljuljao osnovne pretpostavke koje su uvelike dijelili lingvisti, antropolozi i kognitivni znanstvenici tog doba te ponovno pokrenuo pitanje o stvarnom podrijetlu jezika (Wilson, 1998).

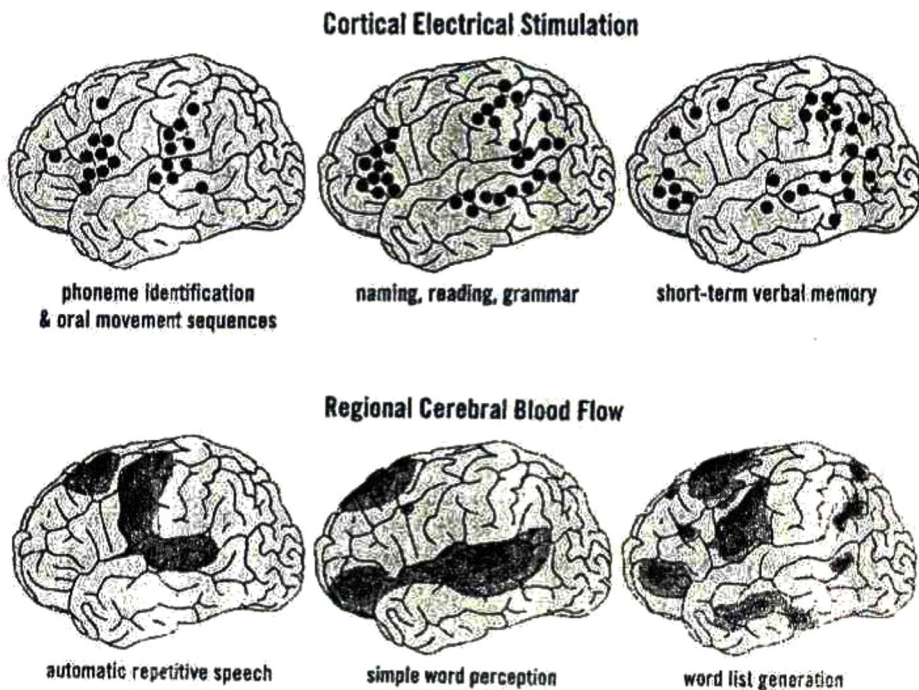
Plotkin je svoju raspravu o jeziku zaključio postavljanjem problema na sljedeći način: „ono što ja ne mogu shvatiti, a čini se da ne može shvatiti ni bilo tko drugi, jest koje je točno funkcionalno podrijetlo jezika“ (Wilson, 1998, str. 57). Iako jezik možemo shvatiti učinkom složenog koevolucijskog procesa, sâmo podrijetlo sintakse jezika ne možemo tumačiti pokretima mišića unutar čovjekovog vokalnog sustava. Kako ljudski mozak organizira pretvaranje riječi u rečenice na način na koji to čini?

F. R. Wilson u ovom pogledu ističe ulogu ruke u čovjekovim mislima i postupcima, naglašenu sve većom specijalizacijom gornjih udova primata i njezinom pojačanom koristi za preživljavanje. U nekom trenutku evolucije *H. erectus* je završio konačnu reviziju evolucijskog remodeliranja ruke otvarajući vrata enormno povećanom opsegu pokreta te tako omogućio proširenje aktivnosti ruke bez presedana. Kao kolateralni događaj, mozak je polagao temelje kognitivnom i komunikativnom kapacitetu. Ovakva nova ruka odražava modifikacije primarne heuristike i sa sobom donosi priliku za razvoj nove vrste kinestetičkih saznanja zasnovanih na još neistraženoj i nedefiniranoj upotrebi ruke. Ova promjena sama po sebi nije bila ništa više od mutacije, sve dok joj njezina korisna upotreba nije dala status prilagodbe. Možemo pretpostaviti da su se događaji, koji su slijedili ovu anatomsku promjenu, udružili s ciljem razvijanja druge inteligencije – Plotkinove sekundarne heuristike: „inteligencije ruke“ ili drugačije rečeno, „ručne inteligencije“.

Prema Wilsonovu mišljenju, ruka „rukatoč čovjeka“ bila je više nego naprosto istraživač i otkrivač predmeta u objektivnom svijetu, ona je postala razdvajač, udružitelj, brojač, rastavljač i sastavljač... Ruka „rukatoč“ mogla je biti i nježna, agresivna ili razigrana. I na koncu, ona je otkrila intimni dodir grljenje i tajnu silu liječenja. Ona je također mogla biti i poticatelj razvoja ljudskog govora (Wilson, 1998).

Sve je više dokaza da je *H. sapiens* u svojoj ruci dobio, ne samo mehaničku sposobnost profinjene manipulativnosti i sposobnost korištenja alata, već s vremenom i poticaj za preoblikovanje i premještanje moždanih strujnih krugova. Novi način predočavanja svijeta bio je u stvari dodatak drevnim neuralnim predodžbama, koja su zadovoljavala potrebe mozga za gravitacijskim i inercijskim upravljanjem kretanja. U mozgu i leđnoj moždini sisavaca gravitacijsko i inercijsko upravljanje kretanja bilo je upisano mnogo ranije te je udove majmuna obdarilo sigurnom akrobatskom

vještinom upravljanja rukama, ali je konačno i „nova fizika“ trebala ući u mozak - novi način primjećivanja i predočavanja ponašanja predmeta koji su se kretali vođeni rukom. To je sada upravo taj novi sustav predočavanja – sintaksa uzroka i posljedica, priča i eksperiment od kojih je svaki imao svoj početak, sredinu i kraj – ono što nalazimo na najdubljim razinama organizacije čovjekovog govora. (Wilson, 1998).



Slika 3. Prikaz područja mozga zaduženih za govor (Wilson, 1998)

Promotrimo li jezik iz aspekta mozga i neuralne aktivnosti, u prvi plan dolaze istraživanja dvojice neurologa koji su u razmaku od desetak godina došli do otkrića da integritet nekih određenih dijelova mozga ima izravan utjecaj na govorni jezik i motoriku ljudi. Prvi je bio francuski neurolog Paul Broca koji je utvrdio da oštećenje tzv. Brocovog područja u mozgu dovodi do motorne, odnosno nefluentne afazije (sposobnosti govora i pisanja su oštećene dok je shvaćanje normalno ili blizu normalnog). Slijedio ga je njemački neurolog Karl Wernick koji je utvrdio da oštećenje tzv. Wernickovog područja dovodi do senzorne ili fluentne afazije. Ona po-

drazumijeva da su izgovorene riječi i pisanje količinski normalni ili skoro normalni, ali da je semantički odabir defektan. Govor postaje nerazgovijetan. Istovremeno, osoba gubi sposobnost razumijevanja svog i tuđeg govora. Neurolozi smatraju da je jezik za veliku većinu ljudi značajno ovisan o živčanoj aktivnosti dviju odvojenih, ali blisko povezanih područja kore velikog mozga u lijevoj polutci mozga (slika 3).

Skoro univerzalna lokacija osnovnih jezičnih centara u jednoj polutci mozga – obično lijevoj –središnji je stup na koji se oslanja tvrdnja o lateralizaciji cerebralne dominacije kod ljudi. Prilikom očigledne drevnosti drugih oblika lateralnosti (asimetrija učinkovitosti lijeve i desne ruke) pretpostavlja se da je ovakva organizacija mozga bila i ostala prisutna tijekom vrlo dugog razdoblja te da je kao takva, u primitivnom obliku, morala postojati i podržavati migraciju *H. erectus* diljem svijeta. Zato se uglavnom i vjeruje da je neuralna infrastruktura za jezik morala postojati prije 100.000 godina, što znači da je mozak mogao biti, odnosno bio preoblikovan da bi mogao proizvoditi jezik.

I uz veliki opseg kliničkih opažanja vezanih uz afaziju (stečeni potpuni gubitak govora), mozak i dalje nema nikakve poveznice s lingvističkim teorijama te ne postoji objašnjenje zašto određene lezije u kori mozga dovode do određenih govornih poremećaja, odnosno koji su to i kako ti poremećaji, koji uzrokuju lezije, utječu na generiranje jezika u mozgu.

Ove nedoumice samo naglašavaju dubinu ljudskog neznanja u pogledu podrijetla jezika kod čovjeka. Ne znamo ni s evolucijskog stajališta kako je jezik nastao pa tako ne postoji ni rudimentarna teorija o tome kako zdrav mozak kod zdravih osoba funkcionira u odnosu na formalno funkcioniranje samog jezika.

Možda odgovor na pitanje leži u ontogenetskom razvoju čovjeka kao jedinke. Minimalni uvjet za postojanje jezika, koji je postojao, dakle, prije 100.000 godina je: arbitrarnost znakova (svojstvo jezičnog znaka po kojem jezično značenje u pravilu ne ovisi o jezičnom izričaju i obratno, ono proizlazi iz implicitnog dogovora među članovima društva koji se njime služe). Jezični znakovi su kôd, a odnos znakova i njihova značenja je uglavnom nejasan.

Američki lingvist Noam Chomsky je već zamijetio da lanac riječi ne može objasniti stvarno funkcioniranje jezika. Prema Chomskom, jezik uglavnom funkcionira kao stablo s granama čiji način grananja podržava „grozdove“,

odnosno podsklopove riječi. Riječi su prema tome logično povezane – ne na osnovi međusobne blizine ili redoslijeda (u lancu), već na osnovi pripadnosti pojedinim granama. Djeca su već u dobi od 4 (+/- 1) godine u stanju koristiti ovu razgranatu strukturu i oblikovati prilično složene rečenice.

Da bi proizveo jezik, mozak mora najprije obaviti dva „mozgovna“ zadatka. Najprije mora biti u stanju grupirati i etiketirati događaje koji su u mozgu slučajno povezani. Drugo, mozak mora biti u stanju uspoređivati te signale, pa ih zatim pretvoriti u kôd koji može čitati, regenerirati i vrtjeti bez gubljenja izvornog odnosa internih i eksternih događaja upisanih u kôd. To grupiranje, etiketiranje i uspoređivanje, koje teče, jest ono za što neurofiziolozi pretpostavljaju da se događa u mozgu te da mu to daje kompetenciju da opazi vanjske događaje i prevede ih u ekvivalentne „mozgovne“ elektrokemijske „znakove“. Mozak se dalje prema tim znakovima odnosi kao prema odvojivim jedinicama jezika koje će se zajedno ponašati kao sustav specifičnog kombiniranja. Ali nijedna od ovih fizioloških aktivnosti ne može se dovesti u vezu sa stvarnim jezikom, sve dok ne dobije pristup ulaznom i izlaznom kanalu u senzomotoričkim sustavima tijela kojima se opažaju vanjski događaji te stvaraju reakcije tijela.

Chomsky je ukazao na to da se najuvjerljiviji dokaz o postojanju genetske predodređenosti, odnosno instinktivno univerzalne jezične sposobnosti, kod čovjeka nalazi u čovjekovoj ontogenezi.

Mala će djeca usvojiti govor čim ga počnu slušati i to u vrlo ranom djetinjstvu. Za to im nije potrebna nikakva formalna poduka. Djeca ideju o govoru usvajaju vrlo brzo te u dobi od oko dvije godine počnu sklapati informativne, složene i gramatički ispravne rečenice. S obzirom na činjenicu da se govor razvija tako brzo, Chomsky tvrdi da djeca sigurno imaju urođenu sposobnost za jezik. Taj neurološki potencijal, koji čeka da opazi, zabilježi, analizira i producira jezik (bez obzira na uzorak jezika koji mu okolina pruža), otkrit će njegov kompletni slog, pravila i regule kad dijete jednom dođe u dodir s materinskim jezikom.

Razvoj jezika se ne odvija kao samostalni i izdvojeni proces. On se kod djece odvija usporedno s razvojem misli i vrlo specifičnih motoričkih funkcija. Motorička matrica je vjerojatno ta koja pokreće sve to. Sisanje palca i udaranje nogom javljaju se već u majčinom trbuhu. Kad se rodi, beba miče rukama i dodiruje svoju majku. Uskoro počinje hvatati rukama. Sve što drži, prinosi tijelu, a uskoro i ustima. U dobi od godine

dana djetetova ruka postaje manipulativna. Svijet predmeta i saznanje o predmetima naglo se proširuju, a i raznorazne akcije koje se mogu poduzeti s predmetima. Dijete putem pokušaja i pogrešaka uči o predmetima. Pravi konstrukcije koje su neminovno sastavljene od specifičnih događaja objedinjenih redoslijedom akcije. Mozak nije samo pasivni svjedok ekspanzije novog senzomotoričkog istraživanja, kao i njegovih dostignuća. On „gura“ taj proces, a čineći to definira vlastite postupke za upravljanje protokom informacija stvorenim ovim interakcijama. Možemo reći da se mozak „podešava“ ritmovima koje noge, ramena, ruke, šake, prsti i usne izmisle u svome odazivu svijetu. Dijete zvukovima (signalizirajućim govorom) kompulzivno i kaotično obilježava okolni svijet i to je istovremeno prvi alat njegove tek nastajuće moći razlikovanja i intelekta.

Prema mišljenju ruskog razvojnog psihologa Lava Vygotskog, djetetovo aktivno traženje novih riječi, kojem nema analogije u razvoju „govora“ kod životinja, ukazuje na novu fazu djetetovog razvoja. Djetetov govor prestaje biti signalizirajući i postaje funkcija davanja značenja. Nadalje, „dobro razvijena misao“ razvija se u vremenu u kojem verbalno ponašanje djeteta prolazi kroz svoju drugu metamorfozu riječi koje su u početku bile atributi predmetu, a sada sve više podliježu manipuliranju i kombiniranju, isto onako kao što dijete manipulira i kombinira stvarnim predmetima u svojim rukama. Prema Vygotskom tumačenje ovog procesa je sljedeće: kada mozak počne tretirati riječi kao da su one stvarni predmeti, on ih skuplja u male grupe – klastere. Govor je u ovoj fazi improviziranog karaktera, slučajni zbir svega što se nađe, a Vygotsky to naziva sinkretičnim govorom. U kompleksu, pojedini predmeti su objedinjeni u djetetovom mozgu ne samo po njegovom subjektivnom utisku, već i po vezama koje stvarno postoje među tim predmetima. Ono više ne brka veze među vlastitim utiscima s vezama među stvarima i tu se sinkretizam pomiče prema objektivnom razmišljanju. Naposljetku, odnosi koji su mogući među riječima ili odnosi koji otkrivaju riječi inicirat će napredak k apstraktnom (konceptualnom) razmišljanju (Wilson, 1998).

Možemo reći da ni povećanje broja asocijacija, ni pojačanje pažnje pa ni akumulacija likova i predodžbi, koliko god ti procesi bili napredni, ne mogu dovesti do formiranja koncepata. Središnji trenutak u oblikovanju koncepata i uzrok njihovog nastanka je specifično korištenje riječi kao funkcionalnih alata.

Vygotsky je zaključio da su govor (odnosno jezik) i misao različitog biološkog porijekla i da, premda su oboje prisutni kod životinja, njihova interakcija je jedinstvena i svojstvena samo čovjeku. Dakle, kod djeteta se korijeni i razvojni put intelekta razlikuju od korijena i razvojnog puta govora. U početku je misao neverbalna, a govor nemisao. Ali kod čovjeka je mentalni razvoj određen jezikom, tj. lingvističkim alatima razmišljanja i sociokulturnim iskustvom djeteta. Djetetovo intelektualno dozrijevanje zavisi od stupnja u kojem je savladalo socijalno sredstvo razmišljanja, tj. jezik (Wilson, 1998).

Dakle, možemo reći da su misao i intelekt prije nastanka jezika bili zbroj ukupne organizacijske težnje svih djetetovih pasivnih i aktivnih odnosa sa svijetom, čiji broj naglo raste putem dodira, mirisa, vida, sluha i kinestetike.

Za razumijevanje ontogeneze čovjeka (djeteta), ali i jezika, nije dovoljna samo primarna heuristika (nasljeđivanje), već je potrebna i sekundarna heuristika – cjelokupno djetetovo senzomotoričko iskustvo, novo neplanirano i neopipljivo iskustvo putem kojeg se mozak uči odazivati i stvarati vlastite razloge za ponašanje. Sekundarna heuristika objašnjava zašto dijete, koje je Hrvat, neće iznenaditi svoje roditelje progovorivši švedski.

4.7. Odnos ruke i jezika

U nastavku rada razmotrit ćemo vezu ruke (one koja izvodi gestu) s mislima i jezikom. Ruka je od samog početka uključena u djetetovo stvaranje vizualno-motoričkih, kinestetičkih i haptičkih predodžbi svijeta i predmeta u njemu. Međutim, ovdje ruku možemo promatrati i kao moguću zamjenu za vokalni kanal kojim izlazi jezik te kao sredstvo kojim se koristimo. Nadalje, zanima nas i kako ona kao takva utječe ili će utjecati na dječju – ljudsku misao, jezik, spoznaju i razvoj općenito.

Kako bismo bolje razumjeli opisivanje ruke kao izlaznog kanala jezika, osvrnut ćemo se na nekoliko istraživanja. Istražujući jezik znakova (gluhonijemih) i oslanjajući se na istraživanja psihologinje Ursule Bellugi i pjevanje gluhih osoba, američki psiholog Harlan Lane otkrio je da jezik znakova nije kôd na engleskom ili nekom drugom jeziku. Prema njegovom istraživanju, jezik znakova je jezik. Postoje pravila za stvaranje riječi i sastavljanje rečenica od tih riječi, ali ta se pravila tiču prostora i oblika. A to je sasvim različito od načina tvorenja jezika na klasičan način. Da-

kle, jezik se ne tiče samo govora i slušanja, što je oduvijek bila pretpostavka, već možemo reći da mozak ima sposobnost jezika, pa ako ga ne može izraziti kroz usta, može to učiniti rukama. Jezik, generiran u mozgu, indiferentan je na oblik i medij putem kojega prenosi poruke. Američki lingvist William Stokoe je 60-ih godina 20. stoljeća prvi utvrdio da jezik znakova ima gramatičku strukturu u vizualno-prostornom modulu koja je usporediva s onom govornog jezika te da se njime intelektualne ideje izražavaju jasno i lako. Na primjer, ideja breskve sastoji se on njezinog oblika, ukusa, arome, boje i čak oblika stabla na kojem je rasla. Sve te karakteristike daju nam znakovi koji će u konačnici dati jako dobar opis izdvojene ideje breskve.

Znak je legitimni jezik na lingvističko-komunikacijskoj osnovi. Ova tvrdnja je potkrijepljena neurološkim istraživanjima koja kažu da se oštećenja mozga među afazičnim negluhim osobama potpuno preklapaju s oštećenjima mozga gluhih osoba koje su pretrpjele gubitak u jeziku znakovna. Konačni dokaz da je znak „prirodan jezik“ dolazi iz radova američke neuroznanstvenice Laure Ann Petitto. Ona tvrdi da gluha djeca znakovne stječu na isti postupan način i po potpuno istom redu po kojem i djeca normalnog sluha stječu govor.

Neurološka potvrda da je mozak indiferentan prema nekom određenom ulaznom/izlaznom kanalu ima, kako teoretske, tako i praktične posljedice. Postoji neosporna prednost govornog jezika. Iako mu je prethodio gestovni oblik komunikacije, koji mu je dao urođenu sintaksu, čovjek više voli imati slobodne ruke za druge djelatnosti. Međutim, gestovna osnova strukture jezika mogla bi imati temeljni utjecaj na kognitivnu znanost (teorije o povezanosti moždane aktivnosti s misli i inteligentnim ponašanjem) jer bi stvarala snažnu povezanost između geste i njezinog ponavljanja s kognicijom, tj. objašnjavala bi kako gesta ili opetovani pokret ruke utječe na aktivnost mozga, inteligentno ponašanje, misao i jezik.

Ranije spomenuti lingvisti Armstrong, Stokoe i Wilcox su u svojoj novoj knjizi „Gesta i priroda jezika“ podnijeli sveobuhvatni dosje o gestualnom porijeklu jezika, a njihove najprovokativnije pretpostavke su sljedeće:

- 1) „pojam „gesta“ uključuje vokalno-artikulacijski pokret kao i pokret ruku, a definira se kao vrsta jednakovrijednih koordiniranih pokreta kojima se postiže neki cilj;

- 2) vizualni kanal je nadređen auditornom u pogledu procesuiranja odnosa predmeta kad su u pitanju slika tijela i fizička interakcija s vanjskim predmetima;
- 3) sintaksa i semantika se ne mogu razdvojiti, a začetak rečenice je već sadržan u jednostavnim vidljivim gestama“ (Wilson, 1998, str. 203).

Ovi autori zaključuju: „Ruka hominida je oblikovala alate za gađanje, probadanje, sjećanje, palila je i kontrolirala vatru, izrađivala odjeću i nastambe, pripitomljavala životinje i kultivirala biljke. Ali sa svojim rukama i razvijenim mozgom te značajno povećanim živčanim krugovima oko-mozak-ruka, hominidi su itekako mogli izmisliti jezik – ne samo proširujući funkciju nazivanja koju neke životinje imaju, već pronalazeći pravi jezik, sa sintaksom kao i rječnikom, tijekom gestovne aktivnosti“ (Wilson, 1998, str. 203).

Razrađujući ovu ideju, vratimo se ponavljanju geste, odnosno heterogenom skupu pokreta čovjeka, koji zahvaljujući motiviranom planiranju i ponavljanju, koristi nove biomehaničke (strukturne) modifikacije ljudske ruke (šake) s ciljem postizanja precizne i dugotrajne kontrole nad vanjskim predmetima. Uslijed te namjernosti i preciznosti (ili stereotipnosti), koja se javlja tijekom ponavljanja, ti pokreti postaju ikonični – postaju simbolom onoga što se obavlja. Izvježbani pokret je, dakle, znak za čin koji se njime izvršava, neovisno o komunikacijskoj namjeri čovjeka. (Primjer možemo vidjeti kod sportaša koji namjeru protivnika čita iz pokreta njegova tijela, iako ovaj nije imao namjeru komunicirati ni izvijestiti svoga protivnika o namjeri). Neurološka potvrda o izvježbanim pokretima leži u činjenici da pacijenti pogođeni afazijom često imaju i neki oblik apraksije, tj. nemogućnosti izvođenja nekog automatskog pokreta, iako uzrok nemogućnosti izvođenja nije paraliza nekog dijela tijela ili njegova oslabljenost, niti možda nerazumijevanje naredbe da se neki pokret napravi.

Dugačak je niz ovih izvježbanih pokreta (npr. kod sviranja) koji otvaraju pitanja novih oblika komunikacije (jezika) i načina na koji ti pokreti utječu na našu evoluciju, razvoj kognicije i mozga, a samim time i pitanja o pravou ulozi ruke u životu čovjeka.

Bez obzira na brojna, još uvijek otvorena pitanja, u uspostavljanju nove paradigme učenja, itekako treba uzeti u obzir funkciju ruke i pokreta/geste, te njihov utjecaj na poučavanje „s mozgom na umu“ (Jensen, 2005).

5. Zaključak

Na temelju ove teorijsko-komparativne analize pojedinih obilježja kako mozak funkcionira i uči, zatim nekih obilježja nastave za današnje i buduće učenike te razvoja govora i utjecaja funkcije ruke, geste i pokreta na učenje, moguće je pružiti nekoliko zaključaka. Budući da je govor temelj ljudske komunikacije i značajan je za cjelokupan razvoj djeteta, a i jedan je od važnih preduvjeta za učenje, trebalo bi u stvaranju nove paradigme odgoja i obrazovanja početi od spoznaja neuroznanstvenih istraživanja o razvoju govora i nastanku jezika te njegove povezanosti s pokretom, preko istraživanja o procesima učenja i ljudskog razvoja. U tom pogledu, kao implikacija tih spoznaja na organizaciju nastave i aktivnosti učenja, govori se o poučavanju i učenju u skladu s mozgom ili neurodidaktici. Rezultati istraživanja u neuroznanosti ukazuju da je učenje prirodan mehanizam za funkcioniranje mozga, a i općenito holistički ljudskog bića. Stoga je u potpunosti opravdano zaključiti da je nemoguće ne učiti. Učenje počinje od samog rođenja. Istovremeno se uče/usvajaju mnoge vještine i znanja. Primjerice, usvajanje govora odvija se u poticajnoj okolini, spontanom učenjem koje uključuje multisenzorni pristup, dakle, sva osjetila, ravnotežu, propriocepciju i pokret. Vidljivo je da je učenje ključno za plastičnost i razvoj mozga, ali i obrnuto. Mozgu su potrebni atraktivni i novi podražaji, čime se potiče njegov razvoj. S didaktičkog aspekta stoga govorimo o obogaćenoj okolini učenja, od samog rođenja nadalje. Istraživanja neuroznanosti, kao i interpretacije rezultata tih istraživanja kognitivnih psihologa, ukazuju da čovjeku (a samim time i djetetu) nije primjereno učenje u frontalnoj, nastavniku usmjerenoj nastavi i razredno-predmetno-satnom sustavu. Primjerenije mu je ono koje uključuje emocijama obilježene aktivnosti, suradničke i atraktivne aktivnosti, istraživačke i praktične aktivnosti. Posljednjih se nekoliko desetljeća u tom pogledu naglašava važnost konstruktivističkog učenja i nastave koja naglašava učenikovo aktivno i iskustveno učenje, tj. konstruiranje individualnog znanja u interakciji s fizičkom i društvenom okolinom. Ove strategije učenja, koje proizlaze iz spoznaja neuroznanosti, u didaktici nisu nove. One su poznate još od prije više od stotinu godina u pravcima i pokretima reformske pedagogije. Zato je opravdano tvrditi da neuroznanstvene spoznaje i njihove implikacije u organizaciji nastave i učenja afirmiraju didaktičke elemente reformske pedagogije u svjetlu onoga što su zagovarali Rudolf Steiner, Maria Monte-

ssori, Peter Petersen, Celestin Freinet i drugi. U skladu s navedenim možemo reći da je čovjeku kao holističkom biću primjereno učenje istraživanjem, učenje rješavanjem problema, projektno učenje, suradničko učenje, djelovanju usmjereno učenje, učenje igrom i uz pokret. Očekuje se da će suvremena organizacija nastave i osmišljavanje škole za buduće generacije svakako uzeti u obzir navedene spoznaje.

Reference

- Aeppli, W. (1993). *The care and development of the human senses: Rudolf Steiner's work on the significance of the senses in education*. Sussex, England: Steiner Schools Fellowship Publications.
- Arnold, M. (2009). Brainbased learning and Teaching. In U. Herrmann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (s. 182-195). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Baars, B. J. & Gage, N. M. (Eds.). (2013). *Fundamentals of cognitive neuroscience: A beginner's guide*. Oxford: Academic Press.
- Banich, M. T. & Compton, R. J. (2011). *Cognitive neuroscience*. Belmont: Wadsworth.
- Battro, A. M., Fischer, K. W. & Lena, P. J. (Eds.). (2008). *The educated brain: Essays in neuroeducation*. New York: Cambridge University Press.
- Bennett, E. L., Diamond, M. C., Krech, D. & Rosenweig, M. R. (1964). Chemical and anatomical plasticity of the brain. *Science*, 146, 610-619.
- Bermúdez-Rattoni, F. (2007). *Neural Plasticity and Memory: From Genes to Brain Imaging*. London: CRC Press.
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4-16.
- Bruer, J. T. (2016). Where is educational neuroscience. *Educational Neuroscience*, 1, 1-12.
- Caine, R. N. & Caine, G. (1994). *Making connections: Teaching and the human brain*. Alexandria: ASCD.
- Carlgrén, F. (1991). *Odgoj ka slobodi – pedagogija Rudolfa Steinera*. Zagreb: Društvo za waldorfsku pedagogiju
- Call, N. & Featherstone, S. (2003). *The thinking child: Brain-based learning for the early foundation stage*. London: Continuum International Publishing Group.

- Chabot, D. i Chabot, M. (2009). *Emocionalna pedagogija: Osjećati kako bi se učilo - Kako uključiti emocionalnu inteligenciju u vaše poučavanje*. Zagreb: Educa.
- Coch, D., Fischer, K. W. & Dawson, G. (Eds.). (2007). *Human behavior, learning, and the development of the brain*. New York: Guilford press.
- Connell, J. D. (2009.). The global aspects of brain-based learning. *Educational horizons*, 88(1), 28-39.
- Diamond, M. i Hopson, J. (2006) . Čarobno drveće uma. Zagreb: Ostvarenje.
- Deng, W., Aimone, J. B. & Gage, F. H. (2010). New neurons and new memories: how does adult hippocampal neurogenesis affect learning and memory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 339-350.
- Dudel, J., Menzel, R. und Schmidt, R. F. (Hrsg.). (2001). *Neurowissenschaft: Vom Molekül zur Kognition*. Berlin: Springer.
- D'Esposito, M. (Ed.). (2003). *Neurological foundations of cognitive neuroscience*. Cambridge: MIT Press.
- Easton, A. & Emery, N. J. (Eds.). (2005). *The cognitive neuroscience of social behaviour*. New York: Psychology Press.
- Eichenbaum, H. (2002). *The cognitive neuroscience of memory: An introduction*. New York: Oxford University Press.
- Fogarty, R. (1999). Architects of the intellect. *Paper presented at the Annual Conference and Exhibit Show of the ASCD*. San Francisco, CA, March 6-9, 1999, 1-13.
- Förstl, H. (Hrsg.). (2009). *Theory of Mind: Neurobiologie und Psychologie sozialen Verhaltens*. Berlin: Springer.
- Fosnot, C. T. & Perry, R. S. (2005). Constructivism: A psychological theory of learning. In C. T. Fosnot (Ed.), *Constructivism: Theory, perspectives and practice* (pp. 8-33). New York, NY: Teacher College Press.
- Fredrickson, B. L. (2004). Broaden-and-build theory of positive emotions. *The Royal Society*, 359, 1367-1377.
- Gajović, S. (2012). Regeneracija mozga: od neuroznanstvene nade do bioetičkog problema. *JAHR - European Journal of Bioethics*, 3(5), 267-277.
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gazzaniga, M. (Ed.). (2009). *The cognitive neuroscience*. Cambridge: MIT Press.

- von Glasersfeld, E. (2003). *Radical constructivism. A way of knowing and learning*. London: Routledge Publication.
- Guadagnoli, M. (Ed.). (2008). *Human learning: Biology, brain, and neuroscience*. Amsterdam: North Holland.
- Herrmann, U. (Hrsg.). (2009). *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Hoover, J. R., Sterling, A. M., Storkel, H. L. (2001). Speech and Language Development. In A. S. Davies (Ed.), *Handbook of Pediatric Neuropsychology* (pp. 112-150). New York: Springer Publishing Company.
- Huttenlocher, P. R. (2002). *Neural Plasticity: The effects of environment on the development of the cerebral cortex*. Cambridge: Harvard University Press.
- Ischinger, B. (Ed.). (2007). *Understanding the brain: The birth of a learning science*. Paris: OECD.
- Jensen, E. (2003). *Super nastava: nastavne strategije za kvalitetnu školu i uspješno učenje*. Zagreb: Educa.
- Jensen, E. (2005). *Poučavanje s mozgom na umu*. Zagreb: Educa.
- Johnson, M. H. & de Haan, M. (2011). *Developmental cognitive neuroscience: An introduction*. West Sussex: Wiley.Blackwell.
- de Jong, T. et al. (2009). *Explorations in learning and the brain: On the potential of cognitive neuroscience for educational science*. New York: Springer.
- Judaš, M. i Kostović, I. (1997). *Temelji neuroznanosti*. Zagreb: MD.
- Karnath, H.-O. und Thier, P. (Hrsg.). (2012). *Kognitive Neurowissenschaften*. Berlin: Springer.
- Kolb, B. & Whishaw, I. Q. (2009). *Fundamentals of human neuropsychology*. New York: W. H. Freeman.
- Kosslyn, S. M. & Koenig, O. (1995). *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. New York: The Free Press.
- Lawson, A. E. (2003). *The neurological basis of learning, development and discovery: implications for science and mathematics instruction*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Leonard, C. M. (2005). Neural substrate of speech and language development. In M. de Haan & M. H. Johnson (Eds.), *The cognitive neuroscience of development* (pp. 127-156). New York: Psychology Press.

- Liebermann, P. (2002). *Human language and our reptilian brain: The subcortical bases of speech, syntax, and thought*. London: Harvard University Press.
- McGeegan, J. (2001). Brain-compatible learning. *Green teacher*, 64, 7-12.
- Montessori, M. (1912). *Montessori method: Scientific pedagogy as applied to child education in „the children's house“ with additions and revisions by the author*. New York: Frederick A. Stokes Company.
- Montessori, M. (2003). *Dijete – tajna djetinjstva*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Morgan, H. (2003). *Real learning: A bridge to cognitive neuroscience*. Maryland: Scarecrow Education.
- Nelson, C. A. & Luciana, M. (Eds.). (2008). *Handbook of developmental cognitive neuroscience*. Cambridge: MIT Press.
- OECD (2002). *Understanding the brain: Towards a new learning science*. Paris.
- Oelkers, J. (2010). *Reformpädagogik: Entstehungsgeschichten einer internationalen Bewegung*. Leipzig: Klett und Balmer Verlag Zug.
- Phillips Reichherzer, S. (2011). Montessori i najnovije spoznaje neuroznanosti. U H. Ivon, L. Krolo i B. Mendeš (Ur.), *Pedagogija Marije Montessori – poticaj za razvoj pedagoškog pluralizma* (str. 97-102). Split: Dječji vrtić Montessori dječja kuća i Udruga Montessori pedagogije.
- Pinel, P. J. (2002). *Biološka psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Prichard, A. & Woollard, J. (2010). *Psychology for the classroom: Constructivism and social learning*. London: Routledge.
- Radin, J. R. (2009). Brain-compatible teaching and learning: implications for teacher education. *Educational horizons*, 88(1), 40-50.
- Rajić, V. (2012). Samoaktualizacija, optimalna iskustva i reformske pedagogije. *Napredak*, 153(2), 235-247.
- Reynolds, C. R. & Fletcher-Janzen, E. (Eds.). (2009). *Handbook of clinical child neuropsychology*. New York: Springer.
- Rösler, F. (2011). *Psychophysiologie der Kognition: Eine Einführung in die Kognitive Neurowissenschaft*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Salovey, P. i Sluyter, D. J. (1999). *Emocionalni razvoj i emocionalna inteligencija - pedagoške implikacije*. Zagreb: Educa.

- Seitz, M. und Hallwachs, U. (2011). *Montessori oder Waldorf? Ein Orientierungsbuch für Eltern und Pädagogen*. München: Kösel.
- Skiera, E. (2009). *Reformpädagogik in Geschichte und Gegenwart: Eine kritische Einführung*. München: Oldenburg.
- Sprenger, M. (1999). *Learning and memory: The brain in action*. Alexandria: ASCD.
- Strenberg, R. (2005). *Kognitivna psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Uttal, W. R. (2011). *Mind and brain: A critical appraisal of cognitive neuroscience*. London: MIT Press.
- Wickens, A. (2005). *Foundations of biopsychology*. London: Pearson.
- Wilson, F. R. (1998). *The hand: How its use shapes the brain, language, and human culture*. New York: Pantheon.

4 NEUROSCIENCE, TEACHING, LEARNING AND SPEECH DEVELOPMENT

Vladimira Velički and Tomislav Topolovčan

Abstract

In this paper, the authors use theoretical and comparative analysis to present and explain the significance of specific findings in neuroscience for speech development, and, generally, for the organisation of teaching and learning for primary and secondary students. The authors explain how the brain functions, demonstrate different ways the brain can learn, and show the implications of these findings for the organisation of teaching and learning. The authors go on to analyse the effect of movement on speech development, and try to answer the following questions: can we draw a parallel between the emergence of speech in the human species and in an individual human being? Can the hand that encouraged the development of speech in ancient humans still be responsible for opening the miraculous door to speech for a child?

From the analysis presented in this paper, the authors conclude that children need teaching and schooling organised in accordance with their developmental stages and their mode of brain function. This includes the affirmation of didactic elements and specific reform pedagogy methods, such as learning through exploration, problem solving, cooperative learning, project-based learning, learning through play, and action learning.

Keywords: speech, language, teaching, neuroscience, learning, neurodidactic