

RUKOST

Milena Cvetković¹, Perica Vasiljević², Stevo Najman³

¹OŠ „Sreten Mladenović Mika” Niš, ²Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Nišu,

³Medicinski fakultet, Univerzitet u Nišu

Sažetak. Rukost se definiše kao sposobnost korišćenja određene ruke za izvođenje finih, preciznih radnji, ne samo kao dominacija leve/desne ruke u odnosu na pisanje. Na to ukazuje činjenica da se dominacija određene ruke javlja još u preistorijsko vreme. Rukost se, sa evolucionog stanovišta, posmatra i kao osobina koja je u korelaciji sa razvojem sposobnosti govora, a time i kao osobina koja je u vezi sa cerebralnom lateralizacijom. Međutim, često se sa rukošću povezuju i razni kognitivni poremećaji. Uticaj nasleđa i uticaj sredine podjednako su značajni za razvoj rukosti, mada upravo njihov zajednički uticaj onemogućava da se nedvosmisleno odredi mehanizam razvoja određenog tipa rukosti.

Ključne reči: rukost, evolucija rukosti, genetika rukosti.

Uvod

U pojedinim kulturama, u kojima se piše zdesna u levo (npr. arapsko društvo), očekivalo bi se da je levorukost i poželjna osobina. Sa evolucione perspektive, ako bilo koji tip rukosti daje neku prednost, onda bi očekivani odnos bio 50:50 (Gutwiski i sar, 2011). S druge strane, ako bilo koji od dva tipa rukosti ima veću prednost, onda bi se očekivalo da se drugi tip polako gubi, čak i da nestane. Ipak, levorukost se javlja rano u ljudskoj filogeniji, na šta ukazuju i ispitivanja roda *Homo*, ali uvek sa manjom zastupljenošću u odnosu na desnorukost. Time se rukost može dovesti u vezu sa razvojem manuelnih sposobnosti, razvojem mozga i cerebralne lateralizacije, ali i sa prenošenjem ove osobine kroz generacije. Međutim, još uvek ne postoje jasna slaganja u literaturi da li je levorukost u većoj meri definisana nasleđem i ako jeste, koji su geni ili grupe gena odgovorni za ovaj fenomen.

Evolucija rukosti

Rukost nije samo sposobnost čoveka da koristi određenu ruku za pisanje, već sposobnost izvođenja finih, motornih radnji, pri čemu je jedna ruka uvek dominantnija u odnosu na drugu. Na to ukazuje činjenica da su i ljudski preci, predstavnici roda *Homo*, imali dominaciju jedne ruke pri obavljanju određenih radnji.

Razlog istraživanja gornjih ekstremiteta fosilnih ostataka predstavnika roda *Homo* jeste karakteristična morfologija ljudske ruke u poređenju sa ostalim primatima i jedinstvena priroda njenog funkcionisanja (Cashmore i sar., 2008). Bilo je potrebno odrediti odnos anatomije ruke i sposobnosti iste u izradi i upotebi oruđa i oružja, dok je manje pažnje u početku posvećeno tome šta građa ruku govori o rukosti. Predlagano je više načina za određivanje preistorijske rukosti i lateralizacije. Kod današnjih ljudi, rukost se meri direktnom opservacijom manipulisanja, pisanja ili drugih aktivnosti (Peters, 1995; Annett, 2009). Takve opservacije ne mogu da se primene

na fosilne ostatke. Sve do sada sprovedene studije o upotrebi ruku ljudskih predaka vezuju se za arheološke nalaze, kao što su kosti, oruđe, oružje i ostali artefakti.

Otkriće fosila OH 7 (*Homo habilis*) 1960. (Leakey i sar., 1964) predstavlja prvi primer seta kostiju ruke *Hominina* koji se povezuju sa upotrebom kamenog oruđa, po čemu je ova novootkrivena vrsta i dobila naziv. Iako na osnovu malog uzorka, Napier (1962) ukazuje na složeniju morfologiju ovih kostiju, sugerišući da se današnji način korišćenja ruku mogao javiti već kod ove vrste. Međutim, podaci o asimetriji ruku koji bi ukazali na dominaciju jedne od njih, osujećena je manjim uzorkom ili, kao kod pojedinih fosila, nedostatkom nekih kostiju gornjih udova. Jedan od relativno bolje očuvanih skeleta je KNM-WT 15000 (*Homo ergaster*), poznat i kao Nariokotome Boy, kod koga je bilo moguće posmatranje bilateralne asimetrije ruku i time određivanje rukosti. Merenje dužine kostiju ruku i određivanje mogućeg položaja mišića je dovelo Vokera i saradnike (Walker i sar., 1993) da zaključe da je Nariokotome Boy bio dešnjak. Ove zaključke treba uzeti sa rezervom s obzirom na to da su mnoge kosti, kako i sami navode, bile oštećene. Otkriće *Homo neanderthalensis* pružilo je više materijala za opservaciju i time više mogućnosti za proučavanje asimetrije. Utvrđeno je da je kod njih dominiralo dešnjaštvo (Steele, 2000; Steele & Uomini, 2005).

Analize skeletnih ostataka nisu jedine koje upućuju na moguću rukost hominina. De Kasto je sa grupom saradnika (Bermúdez de Castro i sar. 1988) identifikovao ogrebotine, koje imaju određenu lokaciju i orijentaciju, na sekutićima i očnjacima, prouzrokovane oruđem i načinom ishrane kod hominina iz srednjeg pleistocena. Te ogrebotine su upućivale na to da je određeni materijal (oruđe, hrana) držan uglavnom desnom rukom, odnosno da su hominine dominantno desnoruki. Dalje istraživanje zuba neandertalaca iz Krapine (Fox i Frayer, 1997) našlo je sličnu desnoruku šemu kod šest od sedam individua. Revizijom krapinskih neandertalaca (Fiore i sar., 2015) potvrđeni su raniji nalazi, ali je dodata još jedna levoruka individua u uzorku iz Krapine (odnos 7:2), čime je procenat desnorukih u uzorku neandertalaca iz Krapine 90%.

Pećinska umetnost pruža zanimljive podatke o upotrebi ruku ljudskih predaka. Otisci ruku su locirani u dva regiona južne Francuske, odnosno u dve pećine (*Cosquer Cave* i *Gargas Cave*) (Clottes, 1998). Slike šaka su jedan od najtrajnijih i najbrojnih od svih formi preistorijske umetnosti i ukazuju na preferiranje ruke u populaciji ljudskih predaka. Dominacija ruke se uslovno može utvrditi kroz dve vrste slika šake – otiska šake i matrice šake.



Slika 1. Gargas Cave, France.
Figure 1. Gargas Cave, France.

Otisak šake se dobija premazivanjem dlana bojom i oslanjanjem na kamen, pri čemu se dobija tzv. pozitiv otiska. Matrica šake se dobija tako što „umetnik” postavlja šaku na kamen, a potom premazuje boju *oko* ruke, praveći tzv. negativ. Smatra se da ovakve slike šaka mogu da ukažu na dominaciju ruke slikara, pri čemu otisci pokazuju dominantnu, a matrice nedominantnu ruku. Ipak, istraživači (Pager i sar., 1991) sugerišu da bi pozitivni mogli da potiču i od dominantne i od nedominantne ruke, što ih čini nepodobnim indikatorima rukosti, dok je vrlo verovatno da matrice mogu da potiču od nedominantne ruke. U svakom slučaju, i otisci i matrice ukazuju na dominaciju desnorukih u populaciji.

Fosilizovani ostaci lobanja, takođe, daju mogućnost za određivanje preference ruke hominina, mada na indirektan način. Lobanje potencijalno pružaju podatke o veličini, strukturi i organizaciji mozga hominina, što indirektno može da pruži i podatke o govornim mogućnostima, a ove informacije mogu da posluže kao uvid u rukost, što je zasnovano na pretpostavci da rukost i jezik proizilaze iz istog mehanizma hemisferne lateralizacije (Crow, 1998). Podaci o lateralizaciji mozga, odnosno neuroanatomskoj vezi između motornog korteksa mozga koji utiče na rukost sa jedne i vokalnog aparata sa druge strane, doveli su do nekih istraživanja (Corballis, 2003) koja su predlagala koevolucionu vezu između dve za ljude jedinstvene osobine – proizvodnje i razumevanja jezika i rukosti. Time rukost postaje bitna za razumevanje evolucije jezika. Rukost se posmatra kao odgovor na lateralizaciju mozga i uporedo i na jezičku sposobnost (Fiore i sar., 2015). Iako ne postoji savršena korelacija između rukosti, lateralizacije mozga i jezičkih sposobnosti, činjenica da su neandertalci dominantnije desnoruki kao moderni ljudi, dovodi do zaključka da su imali lateralizaciju mozga, mada je teško dokazati da su bili jezički sposobni (Fiore i sar., 2015).

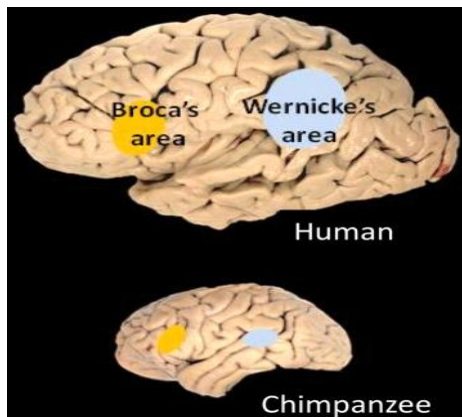
HEMISFERNA LATERALIZACIJA

Mozak, sagrađen od dve hemisfere, jedini je organ koji pokazuje funkcionalnu lateralizaciju. Iako se ranije smatralo da su moždane hemisfere potpuno nezavisne u obavljanju određenih funkcija, danas je prihvaćen koncept da u obavljanju različitih zadataka učestvuju obe hemisfere, pri čemu se jedna javlja kao dominantnija za određene funkcije ili različite aspekte iste funkcije (Kosslyn i sar, 1999, iz Hedrih i sar. 2006). Stojanov (Stoyanov, 2014) navodi rukost kao bihevioralnu manifestaciju cerebralne lateralizacije. Hemisferna kontralateralna motorna i senzorna dominacija je važna osobina cerebralne funkcije kod ljudi.

Od Brokinog otkrića u XIX veku da je leva hemisfera dominantna za govor kod desnorukih pacijenata sa kojima je radio (pacijenti su imali afaziju prouzrokovanu lezijom na levoj hemisferi), javljaju se spekulacije da je desna hemisfera dominantna za govor kod levorukih osoba. Ova tvrdnja je široko prihvaćena kao „Brokino pravilo” iako on sam nikada takvo pravilo nije postavio (Harris, 1993). Lurija (Luria, 1976) je među prvima istakao da ovakva asocijacija ne mora biti univerzalna zato što se afazija i kod levorukih obično dešava posle lezije na levoj hemisferi.

Jedan od mitova koji postoji je da je asimetrija jedinstvena ljudima (Chance i Crow, 2007). Danas se zna da je lateralizacija mozga široko rasprostranjena i kod beskičmenjaka i kod kičmenjaka, kao i da se ispoljava kroz mnoge genetske, epigenetske ili neuralne mehanizme (Conchla, 2012). Osim čoveka i drugi kičmenjaci (sisari, ptice, vodozemci) pokazuju sklonost za češću upotrebu desne ili leve strane tela (Bisazza i sar, 1996), mada drugi primati, npr. šimpanze, ne pokazuju tako izražen stepen rukosti na populacionom nivou (Lonsdorf and Hopkins, 2005; Meunier et al., 2013). Mnoge od ovih asimetrija su paralelne onima kod ljudi, pa se mogu posmatrati i kao evolucionim prekursori. Oko 2/3 šimpanzi je desnoruko, pogotovo u gestikulaciji (Meguerditchian i sar., 2010) i bacanju (Hopkins i sar, 2005), a

imaju i dve kortikalne zone u levoj hemisferi koje su homologne onima kod ljudi – *Brokina* (Cantalupo i Hopkins, 2001) i *Vernikeova* zona (Gannon i sar., 1998), koje su kod ljudi odgovorne za produkciju i razumevanje govora.



Slika 2. Preuzeto iz *Left Brain, Right Brain: Facts and Fantasies* (Corballis, 2014).

Figure 2. Retrieved from *Left Brain, Right Brain: Facts and Fantasies* (Corballis, 2014).

Ovo je uzeto kao dokaz da se jezik nije javio *de novo* kod ljudi, već u toku evolutivnog procesa kroz liniju primata (Corballis, 2012). Incidenca dominacije leve hemisfere za govor je jako visoka, sa 96% kod desnorukih i 70% kod levorukih (Milner, 1975). Neki autori navode da je dominacija leve hemisfere za govor i 99% (Rossi, 1967; Pratt, 1972). Corballis (Corballis, 2003) sugerše da evolucija ljudskog govora obuhvata asocijaciju između govora i gestikulacije, pa tako lateralizacija mozga za govor može da bude odgovorna za asimetriju upotrebe ruku. Takođe, kako navode Vingerhofs (Vingerhofs i sar., 2012) i Ksu (Xu i sar., 2009), asimetrija mozga za govor verovatno je u većoj korelaciji sa asimetrijom mozga za manuelne veštine, kao što je upotreba alata, što ponovo podržava ideju da je jezik sam po sebi proistekao od manualnih sposobnosti, možda inicijalno kroz pantomimu.

Opšte mišljenje je da cerebralna lateralizacija dovodi do nezavisnog obavljanja kognitivnih funkcija (Dean i Reynolds, 1997). Dok leva hemisfera procesira informacije linearno, sekvencionalno, desna koristi holistički, vizuelni model kognitivnih operacija. Dakle, leva hemisfera je „programirana” da obrađuje informacije koje su u vezi sa govornom funkcijom, dok je desna sklona obradi prostornih odnosa predstavljenih vizuelno (Donaldson i Johanson, 2006). Ovakva povezanost cerebralne lateralizacije i kognitivnih sposobnosti navela je mnoge autore da poredi kognitivne sposobnosti levorukih i desnorukih osoba. Sve više rezultata dobijenih snimanjem funkcionisanja mozga podržava da je atipična ili slaba cerebralna lateralizacija u asocijaciji sa neurorazvojnim bolestima, kao što je disleksija ili neki od poremećaja govora (Bishop, 2013). Takođe, mnoga istraživanja su povezala pojavu levorukosti sa raznim poremećajima, kao što su alkoholizam, alergije, autoimune bolesti, autizam, a ovo su tek bolesti sa početnim slovom *a* (Brandler i Paracchini, 2014), a spisak se proteže do povezanosti šizofrenije i rukosti (Sommer i sar., 2001).

Istraživanje iz 2000. (Knecht i sar.) pokazuje da levorukost nije niti preduslov niti neophodna posledica dominacije desne hemisfere za govor, ali da ipak povećava tu verovatnoću. Osim toga, kako pokazuje isto istraživanje, levorukost oba roditelja može da poveća verovatnoću dominacije desne hemisfere za jezik.

GENETSKE OSNOVE RUKOSTI

Rukost i cerebralna lateralizacija mogu se detektovati još u fetusu. Ultrazvukom je zapaženo da u desetoj nedelji razvoja većina fetusa pomera desnu ruku češće nego levu (Hepper i sar., 1998), a od petnaeste nedelje desni palac je češće u ustima fetusa nego levi (Hepper i sar., 1991), što može biti prediktor kasnije rukosti (Hepper i sar., 2005). Da li se ove osobine, koje se javljaju još kod fetusa i koje se mogu smatrati prekursorima rukosti, nasleđuju ili postoji i uticaj sredine, pitanje je na koje su odgovor pokušala da daju neka istraživanja.

Istraživanje familijarne rukosti je prvi pokušaj da se odrede genetski mehanizmi s obzirom na to da omogućavaju procenu protoka ove osobine kroz generacije. Pokazalo se da dva desnoruka roditelja retko imaju levoruku decu u odnosu na roditelje gde je makar jedan od njih levoruk, a naročito u odnosu na porodice gde su oba roditelja levoruka i gde je procenat levoruke dece 30–40% (McManus, 1991; McKeever, 2000). Ovo ukazuje na činjenicu da se levorukost može preneti sa roditelja na potomke, mada se postavlja pitanje da li je uključen samo genetski uticaj ili i proces učenja u okviru porodice. Odnos uticaja nasleđa i uticaja sredine može se posmatrati u porodicama sa usvojenom decom, mada ovakvih studija u odnosu na rukost ima jako malo, naročito onih kada su deca u godinama kada se rukost još nije definisala. Neka istraživanja (Carter-Saltzman, 1980) su pokazala da rukost usvojene dece nema sličnosti sa rukošću njihovih usvojitelja, dok je rukost kontrolne grupe pokazala značajnu korelaciju sa biološkim roditeljima. Isti model je zapažen u studiji iz 1998. (Saudino i McManus), mada je veličina uzorka ponovo bila suviše mala da bi mogla da ukaže na to koliki je uticaj sredine, a koliki uticaj nasleđa.

Češće su studije na blizancima, pri čemu se upoređuju monozigotni i dizigotni blizanci. Poznato je da MZ blizanci dele 100% svog genetskog materijala, pri čemu se očekuje da i rukost bude identična, dok DZ dele oko 50% svog genetskog materijala, pa se kroz studije ove grupe blizanaca može sagledati uticaj sredine, jer su rasli u istim okolnostima. Skoro sve studije su pokazale da više levorukih ima među blizancima nego među braćama i sestrama iz istih porodica (Vuoksima et al., 2009), ali i to da oko 23% MZ blizanaca, koji dele iste gene, ne koriste istu ruku (Siccote i sar., 1999).

Takođe, znatno je viši procenat levoruke dece kada je majka levoruka (Annett, 1973; Ashton, 1982; Spiegler & Yeni-Komshian, 1983; Risch & Pringle, 1985; McManus, 1991). Ovakvi nalazi mogu da ukažu na uticaj X hromozoma, ali i na veći socijalni uticaj od strane majke u ranom detinjstvu (Llaurens i sar., 2009). Analize gena, koji bi mogli biti uključeni u pojavu određenog tipa rukosti, za sada ne ukazuju na određeni gen ili grupe gena, već se govori o genima kandidatima.

Tabela 1. Geni kandidati za pojavu rukosti
Table 1. The genes responsible for handedness

Gen	Funkcija gena	Status ispitanika	Veličina uzorka	Reference
ACVR2B	Receptor za NODAL	Osobe sa disleksijom	728	W.M. Brandler, 2013
GPC3	Asimetrija srca/pluća	Osobe sa disleksijom	2666	W.M. Brandler, 2013
LRRTM1	Neurološki razvoj	Osobe sa disleksijom (braća i sestre); povezanost sa šizofrenijom	222	Francks C, 2007 Ludwig K.U., 2009
PCSK6	Prevodi NODAL u aktivnu formu	Osobe sa disleksijom	728	W.M. Brandler, 2013 Scerri T.S, 2011
	Gen kandidat	Opšta populacija	1113	Arning L., 2013

*NODAL – morfogen koji ima bitnu ulogu u determinaciji L/D asimetrije.

Činjenica je da genetska osnova postoji, ali da se ne može objasniti jednostavnim Mendelovim principima, pa se može pretpostaviti da osim genetskih, bitnu ulogu imaju i negenetički faktori, gde spada i socijalni uticaj.

GEOGRAFSKA RASPROSTRANJENOST – DEMOGRAFSKE KARAKTERISTIKE

Različitošću zadataka koji se koriste za testiranje rukosti dovodi do teškoća prilikom poređenja populacija u odnosu na dominaciju ruke. Međutim, i kada se samo jedan zadatak uzme u obzir, postoje geografske varijacije. Rejmond i Pontje (Raymond & Pontier, 2004) pregledali su 81 studiju rukosti u kojima su zadaci bili bacanje i zakucavanje, u 14 zemalja u Americi, Africi, Evropi, Aziji i Australiji. Zabeležen opseg dominacije leve ruke bio je 5–25.9%. Ovakve varijacije postoje i kada se posmatra korišćenje ruke za pisanje – u uzorku od 12000 subjekata iz 17 zemalja 2.5–12.8% je levoruko (Perelle & Ehrman 1994). Osam do deset procenata ljudi je levoruko najmanje 200000 godina unazad (McManus, 2009). U Srbiji se taj opseg kreće od 5 do 10%, posmatrano od nerazvijenih ka razvijenijim područjima, gde je kulturološki pritisak manje izražen (Bojanin, 1985). Po nekim studijama ta zastupljenost je 7.6% (Milenković i sar., 2004) na izorku od 2546 dece, odnosno 9.97% na uzorku od 1354 dece (Cvetković i Vasiljević, 2015). Geografske i istorijske varijacije u rukosti nameću mogućnost da je i cerebralna lateralizacija za govor, takođe, varijabilna geografski i istorijski, kao i druge osobine koje su u korelaciji sa rukošću i asimetrijom za govor (McManus, 2009). Takođe, procenat levorukih žena je manji nego procenat levorukih muškaraca u mnogim populacionim studijama (Raymond & Pontier 2004), sugerišući na važan uticaj pola u determinaciji rukosti. Razne studije su imale za cilj određivanje moguće veze između rukosti i drugih fenotipskih karakteristika. Gešvind i Galaburda (Geschwind–Galaburda) 1987. postavili su hipotezu da je slabija produkcija melanina zastupljenija kod levorukih, te se kod njih u većem procentu beleže svetla boja kose i svetla boja očiju. Upoređivanje fenotipskih karakteristika levoruke i desnoročke dece (Cvetković i Vasiljević, 2015) pokazuje da se svetla boja očiju (plave i zelene) javlja češće kod levorukih devojčica, ali ne i kod dečaka, što ne može da ide u prilog pretpostavci da su levorukost i smanjena produkcija melanina u nedvosmislenoj vezi. Potom, nivo melanina utiče i na boju kose, a spomenuta studija ne ukazuje na moguću vezu između ova dva fenomena. Dimenzije glave i lica se uglavnom posmatraju u ukupnoj populaciji i u odnosu na sekularni trend i pol ispitanika (Cvetković, 2014). Manji broj studija se odnosi na vezu između rukosti i oblika glave. Ozener (2011) dolazi do zaključka da ekstremna rukost može da utiče na nivo facijalne asimetrije, dok Dane (2004) kompjuterskom tomografijom ukazuje na to da je rukost u asocijaciji sa širinom leve strane lica isključivo kod žena. U istraživanju iz 2010. (Cvetković, Vasiljević, 2015) pokazalo se da su i levoruki i desnoročki uglavnom mezokefali za oblik glave i euriprozopi za oblik lica.

Dominacija ruke za određene zadatke može biti modifikovana socijalnim ili religijskim uticajem. Poznato je da je levorukost kroz istoriju ljudske civilizacije često stigmatizovana i povezivana sa negativnim osobinama, sa slabošću, nepodobnošću ili lošim navikama (Milenković i sar., 2005). Često je vršen pritisak na levoruke osobe da pređu u dešnjaštvo. Međutim, u pojedinim delovima sveta takav uticaj i danas postoji. Teng i saradnici (Teng i sar., 1976) zabeležili su da u Kini postoji jak socijalni pritisak da se za korišćenje pribora za jelo i za pisanje koristi desna ruka, što drastično smanjuje procenat levorukosti u poređenju sa drugim zadacima (Llaurens i sar., 2005). Savremeni stav neuropsihologije jeste da se prevezbavanje može vršiti samo do četvrtine godine i to sa ograničenim indikacijama (povrede ruke, lezije dominantne hemisfere).

ZAKLJUČAK

Lateralizacija se dugo posmatrala kao fenomen svojstven samo čoveku, a lateralizacija „u levo” kao nešto nepoželjno. Često su levoruki preobraćani u desnoruke sa ciljem uklapanja u civilizacione tokove prilagođene dešnjacima. Nedugo zatim na levorukost se gleda kao na nešto specifično i izuzetno – navode se primeri uspešnih levorukih sportista, političara, naučnika, slikara, muzičara, a sama levorukost se povezuje sa višim IQ. Iako je poznato da se asimetrija ruku javila mnogo godina unazad i da se zadržala i danas, još uvek nisu poznati svi mehanizmi njenog opstanka u ljudskoj populaciji, odnosno još uvek ne postoji saglasnost oko toga da li uzroke levorukosti treba tražiti u nasleđu, sredini ili patološkim stanjima. Izgleda najverovatnijim da je levorukost poligenska osobina na koju mogu da utiču i spoljašnji faktori – od stanja fetusa do kulturološkog pritiska.

Zahvalnica: Ovaj rad je rađen u okviru projekta III 41017, koji finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Literatura

- Annet M. 2009. Patterns of hand preference for pairs of actions and the classification of handedness. *British Journal of Psychology* 100: 491–500.
- Annett, M. 1973. Handedness in families. *Ann. Hum. Genet.* 37, 93–105.
- Arning L. 2013. VNTR polymorphism is associated with degree of handedness but not direction of handedness. *PLoS ONE*. 2013; 8: e6725.
- Ashton, G. C. 1982. Handedness: an alternative hypothesis. *Behav. Genet.* 12, 125–147.
- Bérmudez de Castro J. M., Bromage T. G. & Fernandez Jalvo Y. 1988. Buccal striations on fossil anterior teeth: evidence of handedness in the middle and early Upper Palaeolithic. *J. Hum. Evol.*, 17: 403–412.
- Bisazza A., Cantalupo C., Robins A., Rogers L. J., Vallortigara G. (1996). Right-pawedness in toads. *Nature*, 379, 408.
- Bishop D. V. 2013. Cerebral asymmetry and language development: cause, correlate, or consequence? *Science*. 2013; 340: 1230531
- Bojanin S. 1985. *Neuropsihologija razvojnog doba i opšti reduktivni metod*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva; 1985.
- Brandler W. M. 2013. *Common variants in left/right asymmetry genes and pathways are associated with relative hand skill*. *PLoS Genet.* 2013; 9: e1003751
- Cantalupo C., Hopkins W. D. 2001. Asymmetric Broca's area in great apes. *Nature* 414: 505.
- Carter-Saltzman, L. 1980 Biological and sociocultural effects on handedness: comparison between biological and adoptive families. *Science* 209, 1263–1265.
- Carter-Saltzman, L. 1980. Biological and sociocultural *effectson handedness: comparison between biological andadoptive families*. *Science* 209, 1263–1265.
- Cashmore L., Uomini N. & Chapelain A. The evolution of handedness in humans and great apes: a review and current issues. *Journal of Anthropological Sciences*, 2008; Vol.86: 7–35.
- Chance S. A., Crow T. J. 2007. Distinctively human: cerebral lateralisation and language in *Homo sapiens*. *J Anthropol Sci* 85: 83–100.
- Clottes J. 1998. E „three Cs”: Fresh avenues toward European Palaeolithic art. In C. Chippindale & P.S.C. Taçon (eds): *The Archaeology of Rock-Art*, pp. 112–129. Cambridge University Press, Cambridge.
- Conchla M. L., Bianco I. H., Wilson S. W. 2012. Encoding asymmetry within neural circuits. *Nat Rev Neurosci* 13: 832–843.
- Corballis M. 2003. From mouth to hand: gesture, speech and the evolution of right-handedness. *Behav. Brain Sci.*, 26: 199–260.
- Corballis M. C. 2012. Lateralization of the human brain. In: Hofman MA, Falk D, editors. *Progress in brain research*, Vol. 195. *Amsterdam: Elsevier*. pp. 103–121.

- Corballis M. C. 2003. From mouth to hand: gesture, speech, and the evolution of right-handedness. *Behav. Brain Sci.*, 26, 199–260.
- Crow T. J. 1998. Sexual selection, timing and the descent of man: a theory of the genetic origins of language. *Curr. Psychol. Cogn.*, 17: 1079–1282.
- Cvetkovic, M., S. Najman, & M. Nikolic 2014. Secular changes in cephalic index—a study of Serbian school children. *Genetika*, 46(2), 561–568.
- Cvetkovic M. and P. Vasiljevic 2015. Handedness and phenotypic characteristics of the head and face. *Genetika*, Vol 47, No. 2, 723–731.
- Dane, S., M. Ersöz, K. Gümüstekin, P. Polat, & A. Dastan 2004. Handedness differences in widths of right and left craniofacial regions in healthy young adults 1. *Perceptual and motor skills*, 98(3c), 1261–1264.
- Dean R. S, Reynolds C. R. Cognitive processing and self-report of lateral preference. *Neuropsychol Rev* 1997; 7: 127–41.
- Donaldson G. and Johnson G. The clinical relevance of hand preference and laterality. *Physical Therapy Reviews* 2006; 11: 00–00.
- Fiore I., Bondioli L., Radovčić J., Frayer DW. 2015. Handedness in the Krapina Neandertals: A Re-Evaluation. *PaleoAnthropology* 2015: 19–36.
- Fox C. L. & Frayer D. W. 1997. Non-dietary marks in the anterior dentition of the Krapina Neanderthals. *Int. J. Osteoarchaeol.*, 7: 133–149.
- Francks C. 2007. LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Mol. Psychiatry*. 2007; 12: 1129–1139.
- Gannon P. J., Holloway R. L., Broadfield D. C., Braun A. R. 1998. Asymmetry of chimpanzee planum temporale: humanlike pattern of Wernicke's language area homolog. *Science* 279: 220–222.
- Gutwinski S., A. Löscher, L. Mahler, J. Kalbitzer, A. Heinz, F. Bermopohl. 2011. Understanding Left-Handedness. *Dtsch Arztebl Int.* 108 (50) 849–853.
- Harris LJ. 1993. Broca on cerebral control for speech in right-handers and left-handers: a note on translation and some further comments. *Brain Lang* 1993; 45: 108–20.
- Hedrih A., Nešić M. Funkcionalna asimetrija hemisfera – bihevioralni aspekti. *Godišnjak za psihologiju*, vol 4, No 4–5., 2006, pp. 19–40.
- Hepper P. G., McCartney G., Shannon E. A. 1998. Lateralised behaviour in first trimester human fetuses. *Neuropsychologia* 36: 531–534.
- Hepper P. G., Shahidullah S., White R. (1991). Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia* 29: 1101–1111.
- Hepper P. G., Wells D. L., Lynch C. 2005. Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. *Neuropsychologia* 43: 313–315.
- Hopkins D., Russell J. L., Cantalupo C., Freeman H., Schapiro S. J. 2005. Factors influencing the prevalence and handedness for throwing in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *J Comp Psychol* 119: 363–370.
- Leakey L. S. B., Tobias P. V. & Napier J. 1964. A new species of the genus *Homo* from Olduvai Gorge. *Nature*, 202: 7–9.
- Lonsdorf E. V., Hopkins W. D. 2005. Wild chimpanzees show population-level handedness for tool use. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 102, 12634–12638. 10.1073/pnas.0505806102
- Luria A. R. 1976. *Basic problems in neurolinguistics*. The Hague: Mouton; 1976.
- McKeever, W. F. 2000. A new family handedness sample with findings consistent with X-linked transmission. *Br.J. Psychol.* 91, 21–39.
- McManus, I. C. 1991. The inheritance of left-handedness. In *Biological asymmetry and handedness* (eds G. R. Bock & J. Marsh), pp. 251–281. Chichester, UK: Wiley.
- McManus, I. C. 2009. The history and geography of human handedness. *Language lateralisation and psychosis* (2009): 37–57.
- Meguerditchian A., Vauclair J., Hopkins W. D. 2010. Captive chimpanzees use their right hand to communicate with each other: implications for the origin of the cerebral substrate for language. *Cortex* 46: 40–48.

- Meunier H., Fizet J., Vauclair J. 2013. Tonkean macaques communicate with their right hand. *Brain Lang.* 126, 181–187. 10.1016/j.bandl.2013.05.004
- Milenković S., Kocijančić R., Belojević G. Left handedness and spine deformities in early adolescence. *Eur J Epidemiol* 2004; 19(10): 969–72.
- Milenković S., Belojević G., Kocijančić R. 2005. Etiološki aspekti levorukosti. *BIBLID*: 0370-8179, 133(2005) 11–12 p. 532–534.
- Milner B. Hemispheric specialization: scope and limits. In: Schmitt F. O, Swazey J. P, Worden F. G, Adelman G. (eds). *The Neurosciences: Paths of Discoveries*. Cambridge, MA: MIT Press, 1975.
- Napier J. 1962. Fossil hand bones from Olduvai Gorge. *Nature*, 196: 409–411.
- Özener, B., C. Pelin, Kürkçüoğlu, A., B. Ertugrul & R.Zagyapan 2012. Analysis of facial directional asymmetry in extreme handed young males and females. *Eurasian Journal of Anthropology*, 2(2), 96–101.
- Pager S. A., Swartz B. K. & Willcox A. R. (eds). 1991. *Rock art: the way ahead*. SARARA Occasional Paper 1.
- Perelle, I. B. & Ehrman, L. 1994 An international study of human handedness. *Behav. Genet.* 24, 217–227.
- Peters M. Handedness and its relation to other indices of cerebral lateralization. *Brain Asymmetry*, MIT Press, Cambridge, 1995; 183–214.
- Pratt, R. T., Warrington E. K. The assessment of cerebral dominance with unilateral ECT. *Br J Psychiatry* 1972; 121: 327–8.
- Raymond, M. & Pontier, D. 2004 Is there geographical variation in human handedness? *Laterality* 9, 35–52.
- Risch, N. & Pringle, G. 1985 Segregation analysis of human hand preference. *Behav. Genet.* 15, 385–400.
- Rossi G. F., Rosadini G. Experimental analysis of cerebral dominance in man. In: Darley FL. (ed) *Brain Mechanisms Underlying Speech and Language*. New York: Grune and Stratton, 1967. 46.
- S. Knecht, B. Drager, M. Deppe, L. Bobe, H. Lohmann, A. Floel, E. B. Ringelstein and H. Henningsen. 2000. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain* (2000), 123, 2512–2518.
- Scerri T. S. 2011. PCSK6 is associated with handedness in individuals with dyslexia. *Hum. Mol. Genet.* 2011; 20: 608–614.
- Sicotte N. L., Woods R. P., Mazziotta J. C. 1999. Handedness in twins: a meta-analysis. *Laterality* 4: 265–286.
- Sommer I. 2001. Handedness, language lateralisation and anatomical asymmetry in schizophrenia: meta-analysis. *Br. J. Psychiatry.* 2001; 178: 344–351.
- Sommer R., Ramsey N., Kahn R., Aleman A., Bouma A. 2001. Handedness, language lateralisation and anatomical asymmetry in schizophrenia Meta-analysis. *The British Journal of Psychiatry Apr* 2001, 178 (4), 344–351.
- Spiegler, B. J. & Yeni-Komshian, G. H. 1983 Incidence of left-handed writing in a college population with reference to family patterns of hand preference. *Neuropsychologia* 21, 651–659.
- Steele J. & Uomini N. T. 2005. Humans, tools and handedness. In V. Roux & B. Bril (eds): *Stone Knapping: The Necessary Conditions for a Uniquely Hominin Behaviour*, pp 217–239. McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge.
- Steele J. 2000. Handedness in past human populations: skeletal markers. *Laterality*, 5: 193–220.
- Stoyanov Z., Nikolova P., Stavrev D., Trendafilova S., Ruseva R. Handedness Proportions in Bulgaria, *Sex and Age Differences. Asimetrija*. No1, 2014: 5–12.
- Teng E. L., Lee P. H., Yang K. S., Chang P. C. 1976 Handedness in a Chinese population: biological, social, and pathological factors. *Science.* 193, 1148–1150.
- V. Llaurens, M. Raymond, C. Faurie. 2009. Why are some people left-handed? An evolutionary perspective. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2009) 364, 881–894.
- Vingerhoets G., Acke F., Alderweireldt A. S., Nys J., Vandemaële P., et al. 2012. Cerebral lateralization of praxis in right- and left-handedness: same pattern, different strength. *Hum Brain Mapp* 33: 763–777.
- Vuoksima E., Koskenvuo M., Rose R. J., Kaprio J. 2009. Origins of handedness: a nationwide study of 30,161 adults. *Neuropsychologia* 47 1294–1301. 10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.007

- Walker A. & Leakey R. 1993. E postcranial bones. In Walker A. & Leakey R. (eds): *The Nariokotome Homo erectus skeleton*, Harvard University Press, Cambridge. pp. 95–160.
- William M. Brandler and Silvia Paracchini. 2014. The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders. *Trends Mol Med*. Feb 2014; 20(2): 83–90.
- William M. Brandler and Silvia Paracchini. 2014. The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders. *Trends Mol Med*. Feb 2014; 20(2): 83–90.
- Xu J., Gannon P. J., Emmorey K., Smith J. F., Braun A. R. 2009. Symbolic gestures and spoken language are processed by a common neural system. *Proc Natl Acad Sci U A* 106: 20664–20669.

HANDEDNESS

Milena Cvetković, Perica Vasiljević, Stevo Najman

Summary. Handedness (dominant arm) is a term used to describe the ability of using right or left arm not only for writing but also for performing delicate and precise tasks. In fact, dominant arm appears even in prehistoric time. From the aspect of evolution, dominant arm is seen as an ability which correlates with speech development, and as such is related to cerebral lateralization. However, various cognitive disorders are connected to the dominant arm. The influence of inheritance and environment are equally important for the dominant arm, however their influence prevents us to determine how a certain arm becomes dominant.

Key words: dominant arm, the evolution of dominant arm, genetics.