

## ASIMETRIJA I NEJEDNAKA DEBLJINA KORE ZADNJE PARIJETALNE OBLASTI

ASYMMETRY AND UNEQUAL THICKNESS OF THE POSTERIOR PARIETAL CORTEX

Nataša Đukić Macut, Slobodan Malobabić\*, Goran Spasojević†

**Sažetak.** Istraživanja asimetrije i funkcionalnih razlika pojedinih oblasti moždane kore, često otvaraju nova pitanja, posebno kada je reč o zadnjem delu temenog režnja, koji ima izuzetno složenu funkciju. Lobulus parietalis superior (LPS) i precuneus (P) su delovi iste zadnje parijetalne kortikalne oblasti (5 i 7). Utvrđivane su razlike u debljini kore LPS na spoljašnjoj i P na unutrašnjoj strani hemisfere, kao i razlike između leve i desne strane. Merena je dužina hemisfera 20 mozgova odraslih osoba oba pola. Rezovi levog i desnog LPS i P obojeni su po Nisslu. Posebno su analizirani slučajevi sa većom levom, odnosno većom desnom hemisferom. Kod većih levih hemisfera (15 mozgova) kora levog LPS (3,76 mm) bila je značajno ( $p < 0,001$ ) deblja u odnosu na levi P (3,13 mm), bez drugih značajnih razlika. Kod većih desnih hemisfera (5 mozgova) nije bilo značajne razlike u debljini kore P desno (3,34 mm) i levo (3,13 mm), kao ni levog (3,76 mm) i desnog LPS (3,67 mm). Međutim, u tim slučajevima kora desnog LPS (3,66 mm) bila je značajno deblja ( $p < 0,05$ ) od kore desnog P (3,33 mm), a kora levog LPS (3,67 mm) bila je značajno ( $p < 0,05$ ) deblja od kore levog P (3,35 mm). Kod većih desnih hemisfera zadnji parijetalni korteks je obostrano deblji na spoljašnjoj strani hemisfere, dok kod većih levih hemisfera to važi samo za levu hemisferu. U obe grupe značajno je deblja kora LPS od P.

**Cljučne riječi:** Kora mozga, Parijetalni režanj

### Uvod

Savremene dijagnostičke procedure oslikavanja (CT, MRI, PET i slično), zbog individualnih varijabilnosti mozga [1], zahtevaju detaljno poznavanje morfoloških varijacija. Koristeći tehniku MRI, sada se može vršiti automatska analiza debljine moždane kore [2]. Parijetalni (temeni) režanj (*lobus parietalis*) čoveka zauzima oko 20% površine moždane kore [3], a čine ga *gyrus postcentralis*, *lobulus parietalis superior*, *lobulus parietalis inferior* i *precuneus*. Delovi parijetalnog režnja se nalaze i na spoljašnjoj i na unutrašnjoj strani hemisfere [4,5]. Zadnji deo temenog režnja se sastoji od gornjeg i donjeg parijetalnog režnja (*lobulus parietalis superior et inferior*), koje razdvaja *sulcus intraparietalis*. Prekuneus ili *gyrus precuneus* (P), vijuga oblika kvadrata, dobro razvijena samo kod čoveka, pripada unutrašnjoj

površini temenog režnja, kao unutrašnji parijetalni produžetak LPS [6-8].

Prema najpoznatijoj citoarhitektonskoj podeli po Brodmannu parijetalni kortikalni regioni su *regio postcentralis* i *regio parietalis*. Kora LPS i P najvećim delom pripada Brodmannovoj areji (BA) 7, koja se sa superolateralne kao prekuneus pruža i na medijalnu stranu hemisfere [9]. Zapravo, LPS čoveka se sastoji iz citoarhitektonskih areja 5 i 7, koje razdvaja *sulcus postcentralis superior* [10], a mali deo prekuneusa prema girusu cinguli je area 31 [11,12]. Pregled literature pokazuje da je morfologija *lobulus parietalis inferior* mnogo više proučavana od *lobulus parietalis superior* (LPS) ili prekuneusa [3,4,13-15].

Proučavanja značaja i funkcije parijetalnog režnja, prilikom njegovog oštećenja, pokazala su da su ona udružena sa astereognozijom, nesposobnošću interpretacije trodimenzionalne prirode objekta bez

korišćenja vida. Interpretacija je primarna parijetalna aktivnost kod čoveka i u odnosu je sa stranom dominantnom za govor [16].

Savremena istraživanja pokazala su da u ranijem stadijumu procesa učenja dolazi do frontalne aktivacije, dok se parijetalne oblasti, prekuneus i donji parijetalni režnjić, aktiviraju u kasnijem stadijumu. Dobijanje opažajno-motornih sekvenci zahteva frontalnu, a pronalaženje opažajno-motornih sekvenci zahteva parijetalnu aktivaciju, što ukazuje na prelaz sa deklarativnog u proceduralno pamćenje [17]. Uklanjanje levog LPS, nekad i sa prekuneusom, dovodi samo do prolazne afazije, a lezije blizu spoja dominantnog parijetalnog i okcipitalnog režnja mogu proizvesti disfazične poremećaje sa najizraženijim teškoćama u vidnoj sferi [16]. Razmatranje funkcije i morfologije zadnje parijetalne kore nezaobilazno uključuje pitanje dominantnosti i asimetrije hemisfera.

Funkcionalno polje jedne hemisfere je po pravilu dominantno u odnosu na isto polje suprotne strane (lateralizacija funkcija). Dominantna hemisfera (obično leva) odgovorna je za verbalne, lingvističke, asimetrične i analitičke funkcije, za čitanje i pisanje. Leva hemisfera je u 90 do 95% „dešnjaka“ dominantna za mnoge važne funkcije, naročito za govor i pokrete šake, a obično je za govor dominantna bez obzira na „rukost“ osoba, [16]. Razlike u debljini moždane kore postoje kod oba pola, ali su manje izražene kod žena [2], a poznato je da su žene češće nekonzistentni „dešnjaci“ [18,19]. Nedominantna (obično desna) hemisfera je odgovorna za neverbalne, geometrijske, prostorne, vizuelne, muzičke i funkcije sinteze, kao i za vizuospacijalnu orijentaciju, procese pažnje i za razumevanje emotivnih i afektivnih komponenti govora, ekspresije lica i gestikuliranje [20,21].

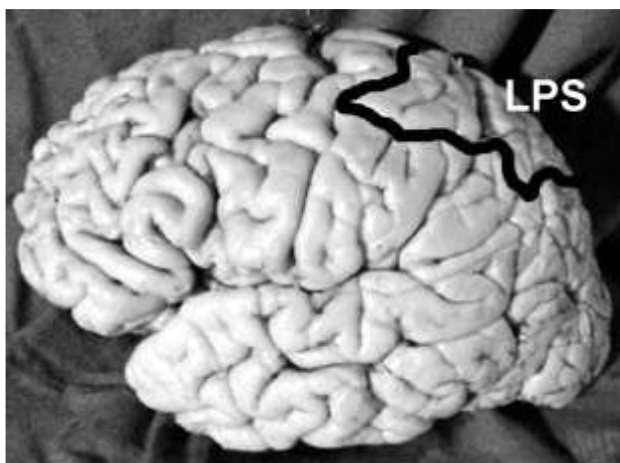
Postoje radovi o povezanosti funkcionalne dominantnosti sa morfološkim razlikama između hemisfera, mada ne za sve kortikalne oblasti. Još su Dax, 1836. godine, a kasnije i Broca, 1861. i 1863. godine [18], pisali o funkcionalnoj asimetriji. U prilog morfološkoj asimetriji je nalaz da se leva hemisfera generalno razvija pre desne [22,23], kao i da je opsežnije fisurisana od desne [24]. Iako po pitanju morfološke asimetrije svi delovi mozga čoveka nisu podjednako istraženi, zbog uloge u govoru operkularna regija je detaljno istražena [25,26]. Međutim, o morfološkoj asimetriji kore zadnjeg parijetalnog režnja mozga čoveka, nema podataka u pristupačnoj literaturi. Pogotovu nedostaju mikroskopska istraživanja asimetrija, što je predstavljalo podsticaj za ovaj rad. *Lobulus*

*parietalis superior* (LPS) i *precuneus* (P) su u suštini delovi iste zadnje parijetalne kortikalne oblasti (area 7 po Brodmannu), a pošto je LPS na spoljašnjoj, a P na unutrašnjoj strani hemisfere, cilj je bio da se odrede moguće razlike u debljini kore ove dve strukture, kao i u odnosu na stranu hemisfere.

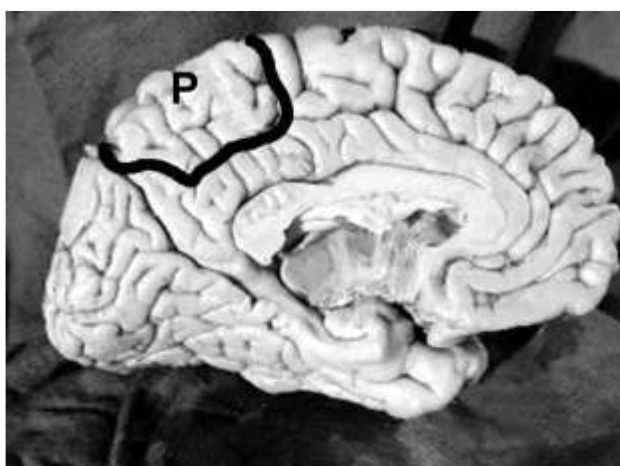
## Materijal i metode

Korišćen je materijal Instituta za patološku anatomiju i zbirke Instituta za anatomiju Medicinskog fakulteta u Beogradu. Mozgovi koji su proučavani (20 mozgova, odnosno 40 hemisfera) (odrasli oba pola, 27 do 65 godina starosti) bili su bez vidljivih, makroskopskih i patoloških promena i uzrok smrti nije bio oboljenje centralnog nervnog sistema. Dobijeni mozgovi su perfundovani fiziološkim rastvorom preko infuzionih katetera kroz unutrašnje karotidne i bazilarnu arteriju, a nakon toga 10% rastvorom formalina. Finom disekcijom uklonjeni su krvni sudovi i moždanice, nakon čega su određivane granice vijuga na svakoj hemisferi i mereno frontookcipitalno (FO) rastojanje na liniji paralelnoj interkomisuralnoj liniji, između najistaknutijih tačaka čeonog i potiljačnog režnja. Ovo rastojanje odgovara dužini hemisfere. Interkomisuralna ili CA-CP linija spaja najistaknutije tačke prednje (*commissura anterior*) i zadnje komisure (*commissura posterior*) [27]. Posebno je izdvojeno pet mozgova kod kojih je bila veća desna hemisfera, od ostalih petnaest mozgova sa većom levom hemisferom. Koja hemisfera je veća određivano je na osnovu podudaranja dva parametra: veće frontookcipitalno rastojanje i veća sabrana (zbirna) površina lobulus parietalis superiora i prekuneusa (slike 1 i 2). Ako su oba parametra bila veća na istoj hemisferi, ta je hemisfera određivana kao veća.

Za mikroskopska istraživanja su, pomoću dva frontalna reza upravna na gornju ivicu hemisfere, uzimani blokovi tkiva LPS i P iz dela koji je na sredini rastojanja između *sulcus postcentralis* i *sulcus parietooccipitalis*. Iz ovih blokova uzimana su dva isečka, jedan iz LPS (LPS levo, LPS desno), a drugi iz prekuneusa (P levo, P desno). Po pripremi za histologiju rezovi debeli 5 µm bojani su po Nisslu (krezolno ljubičasto).



**Slika 1.** Oblasti parijetalnog režnja na spoljašnjoj strani hemisfere (*lobulus parietalis superior, LPS*)



**Slika 2.** Oblasti parijetalnog režnja na unutrašnjoj strani hemisfere (*precuneus, P*)

Debljina kore ovih struktura (LPS i P) merena je uvek na istom mestu, okularnim mikrometrom (100:1) na povećanju objektiva 10x. Baždarenje mikroskopa učinjeno je objektivnim mikrometrom za korišćeno povećanje, a razmak između dve uzastopne crtice iznosio je 13,8  $\mu\text{m}$ . Merenje je vršeno na 10 mesta, tako što je okularna skala postavljena upravno na površinu kore, a konačna vrednost je dobijana kao srednja vrednost tih merenja.

## Rezultati

Na svim mozgovima prosečno rastojanje frontalnog i okcipitalnog pola hemisfere (frontookcipitalno rastojanje, FO) ili dužina

hemisfere bilo je signifikantno veće ( $p < 0,05$ ) na levoj (17,13 cm), nego na desnoj (16,83 cm) hemisferi (tabela 1).

**Tabela 1.** Frontookcipitalno rastojanje na ukupnom ispitanom materijalu od 20 mozgova

Parametar	Levo	Desno
min	15,50	15,00
max	18,50	18,00
X bar	17,13*	16,83
SD	0,86	0,90
SE	0,20	0,21
CV%	5,05	5,34

U grupi od 5 mozgova sa većim desnim hemisferama, prosečno desno FO rastojanje bilo je 17,4 cm, a levo 16,9 cm, mada razlika između ovih vrednosti nije bila statistički signifikantna (tabela 2).

**Tabela 2.** Frontookcipitalno rastojanje na mozgovima sa većom desnom hemisferom (n=5)

Parametar	Levo	Desno
min	16	16,5
max	17,5	18
X bar	16,9	17,4
SD	0,58	0,58
SE	0,29	0,29
CV%	5,05	5,34

U grupi od 15 mozgova sa većim levim hemisferama prosečno FO rastojanje je na levoj strani bilo 17,23 cm, a desno 16,74 cm. Mali koeficijenti varijacije (CV ispod 20%) ukazuju na homogenu populaciju.

Posebno su analizirani slučajevi sa većom desnom i većom levom hemisferom. Kod većih levih hemisfera kora levog LPS (3,76 mm) statistički visoko značajno ( $p < 0,001$ ) je bila deblja u odnosu na koru levog P (3,13 mm), bez drugih značajnih razlika ( $p > 0,05$ ) (tabela 3).

Kod većih desnih hemisfera nije bilo značajne razlike ( $p > 0,05$ ) u debljini kore P desno (3,34 mm) i levo (3,13 mm), kao ni levog (3,76 mm) i desnog LPS (3,67 mm) (tabela 4). Međutim, u slučajevima sa većom desnom hemisferom, kora desnog LPS (3,659 mm) bila je statistički značajno deblja ( $p < 0,05$ ) od kore desnog P (3,33 mm) (tabela 5), a kora levog LPS (3,67 mm) bila je značajno ( $p < 0,05$ ) deblja od kore levog P (3,35 mm) (tabela 6).

**Tabela 3.** Debljina kore levog i desnog *lobulus parietalis superior* kod veće leve hemisfere

Parametar	LPS levo	LPS desno
min	3,672	3,112
max	3,832	3,186
X bar	3,763	3,135
SD	0,059	0,027
SE	0,030	0,013
CV%	1,574	0,849

**Tabela 4.** Debljina kore desnog i levog *precuneus* kod veće desne hemisfere

Parametar	P desno	P levo
min	3,168	3,112
max	3,574	3,186
X bar	3,346	3,135
SD	0,140	0,027
SE	0,070	0,013
CV%	4,171	0,849

**Tabela 5.** Debljina kore desnog *lobulus parietalis superior* i desnog *precuneus* kod veće desne hemisfere

Parametar	LPS desno	P desno
min	3,525	3,209
max	3,871	3,526
X bar	3,659*	3,339
SD	0,124	0,121
SE	0,062	0,061
CV%	3,399	3,629

**Tabela 6.** Debljina kore desnog *lobulus parietalis superior* i levog *precuneus* kod veće desne hemisfere

Parametar	LPS levo	P levo
min	3,416	3,168
max	3,933	3,574
X bar	3,676*	3,346
SD	0,187	0,140
SE	0,094	0,070
CV%	5,096	4,171

## Rasprava

Frontookcipitalno rastojanje (dužina hemisfere) se koristi i u ispitivanjima arheoloških ostataka lobanja za indirektno određivanje veličine mozga [6]. Nalaz na ukupnom materijalu signifikantno većeg ( $p < 0,05$ ) levog FO rastojanja (levo 17,13 cm;

desno 16,83 cm), odgovara dužini FO rastojanja od 16,46 cm (min. 14,5 cm; max. 17,8 cm) u populaciji Srbije [28], kao i podacima da je srednja dužina hemisfere 16,73 cm (osobe od 21 do 33 godine), a u osoba od 60 do 100 godina 16,66 cm [28], i očekivan je i saglasan nalazu nešto veće leve hemisfere u pripadnika kako crne, tako i bele rase i u više nacija [6]. Na veće dimenzije leve hemisfere ukazuje i podatak da je površina kore leve hemisfere 840 cm<sup>2</sup>, a desne 838 cm<sup>2</sup> [29] i da je leva Silvijusova fisura duža [19]. U debljini moždane kore, u celini, postoji globalna asimetrija pretežno na levoj strani [2]. Zapravo, pitanje razlike u veličini hemisfera je veoma složeno, jer na primer, u belaca je desna hemisfera bila duža u 30,5%, leva u 58,3%, a hemisfere su bile jednake dužine u 11,2% slučajeva [6]. Ovo se, uz češće nalaze veće leve hemisfere, povezuje sa činjenicom da je kod većine ljudi leva hemisfera dominantna i da postoji izrazita većina desnorukih sa lokalizacijom govornih centara u levoj hemisferi [19].

Mada se nije poznavala dominantnost izučavanih hemisfera, na osnovu podataka iz literature i pristupačnih morfoloških studija, smatrano je da su one hemisfere koje su veće, dominantne. Na osnovu toga izdvojena je grupa od 5 mozgova sa većim desnim hemisferama (prosečno FO rastojanje desno 17,4 cm, levo 16,9 cm). Grupa od 15 mozgova sa većim levim hemisferama imala je prosečno FO rastojanje od 17,23 cm levo, a desno 16,74 cm.

Zadnji deo parijetalnog režnja čoveka čine donji i gornji parijetalni režnjić, koje razdvaja *sulcus intraparietalis*. Zadnji parijetalni korteks obuhvata najveći deo parijetalnog režnja iza BA 2, ali bez lateralne (Silvijeve) fisure i bez somatosenzorne oblasti na medijalnoj strani hemisfere. Parijetalna asocijaciona kora primata obuhvata BA 5 i 7, kao i BA 39 i 40. Oblast LPS se sastoji iz BA 5 i 7 koje su označene kao *area parietalis superior s. medialis* [14], čija površina kod čoveka iznosi 8,4% od ukupne površine kore [29]. Kora prekuneusa pripada medijalnom delu BA 7, ali nije jasno da li svi autori pod pojmom zadnji parijetalni korteks podrazumevaju i prekuneus. Na osnovu podele čitavog LPS na medijalni deo, *precuneus*, i lateralni deo, *gyri arcuati* [30], kao i na osnovu toga da obe strukture pripadaju istoj citoarhitektonskoj oblasti (BA 7), u radu je prekuneus definisan kao deo zadnje parijetalne kore.

U većini oblasti debljina moždane kore je oko 3 mm [29], što se može smatrati kao njena opšta srednja vrednost. U celini dobijeni nalazi pokazuju da su LPS i P, kao delovi parijetalnog režnja, skoro

idealno uklopljeni u ovakvu srednju vrednost debljine moždane kore čoveka.

U slučajevima sa većom levom hemisferom koji predstavljaju većinski deo populacije, jedino se značajno razlikovala debljina kore levog LPS (3,763 mm) od levog P (3,135 mm), što odgovara nalazu da deblje kore LPS u levoj hemisferi, a kore P u desnoj [2]. Kod slučajeva sa većom desnom hemisferom koji bi odgovarali manjem delu populacije, debljina kore P nije se značajno razlikovala levo (3,135 mm) i desno (3,346 mm), dok je kora desnog LPS bila značajno ( $p < 0,05$ ) deblja (3,659 mm), nego levog (3,339 mm). U ovim slučajevima, debljina kore LPS i P se značajno ( $p < 0,05$ ) razlikovala samo na levoj hemisferi, gde je kora LPS bila deblja (3,676 mm) od kore P (3,346 mm). Analizirajući dobijene rezultate upadljivi su slučajevi sa većom desnom hemisferom. Naime, u toj grupi su se značajno razlikovale debljina kore levog LPS odnosu na desni, kao i debljina kore levog LPS i levog P. Ovo može biti u vezi sa nalazom na ukupnoj populaciji da je kortikalna zapremina desne hemisfere veća od leve [10]. U „prosečnim“ slučajevima moguće je da je kora manje desne hemisfere kompenzatorno deblja. Može se pretpostaviti da u slučajevima sa većom desnom hemisferom, koji su prema ovde dobijenim rezultatima specifična grupa, manja leva hemisfera ima kompenzatorno deblju koru izvesnih predela. Ovo nije slučaj kod mozgova sa većim levim hemisferama, koje bi prema pretpostavci pripadale većinskoj populaciji. Analogni način razmišljanja imaju i Luders i sar. [2], koji su izučavajući na MR debljinu različitih regiona moždane kore uočili da se predominantna asimetrija ulevo u prednjim moždanim strukturama preokreće udesno u zadnjim moždanim strukturama.

Ovde dobijen nalaz kod manje grupe sa većom desnom hemisferom, različit od većinske sa većom levom hemisferom, može biti morfološki indikator posebnosti funkcija desnog LPS kod dominantnih desnih hemisfera. Parijetalni asocijacioni korteks je najviše lateralizovan i oštećenje desnog, nedominantnog parijetalnog korteksa dovodi do deficita pažnje, gde je pacijent nesvestan objekata ili događanja u levoj polovini njegovog okruženja (*engl. contralateral neglect*) [31]. Tokom vizuospcijalnog mišljenja aktivnosti su u desnom LPS i donjem parijetalnom režnju. Dominacija desnog donjeg parijetalnog korteksa je značajna u levostranom zanemarivanju, ali i desni LPS ima određenu ulogu u pojavi levostranog zanemarivanja [32]. Pri pažnji se aktiviraju desni lateralni prefrontalni, donji parijetalni regioni i P [33], a

prepoznavanje arapskih cifri nespecifično aktivira okcipitoparijetalne oblasti, pri čemu frontoparijetalna mreža obuhvata levi intraparijetalni sulkus, LPS i precentralni girus, a u manjem obimu i desni LPS [34]. Pri vidnoj pažnji aktivan je lateralni deo intraparijetalnog regiona, a u vidno- motornom setu promena, aktivni su zadnja medijalna intraparijetalna i susedna zadnja gornja i dorzomedijalna parijetalna kora [35]. Da izvršna leva prefrontalna mreža vođena emocijama, tokom svesnog mirovanja nadzire aktivnu mrežu radne memorije kojoj pripadaju i levi P i delovi frontalnog režnja [36], potvrđuje kod primata prominentna povezanost LPS sa ipsilateralnim limbičkim i frontalnim motornim poljima [37,38]. Desni parijetalni režanj je povezan sa limbičkim oblastima kore (motivacioni sistemi) i sa prefrontalnim oblastima (započinjanje ponašanja) [39]. Tokom procesa skladištenja i manipulisanja u verbalnoj i radnoj memoriji aktivirane oblasti su u desnoj donjoj frontalnoj vijuzi (BA 47) i levom LPS (BA 7) [40]. Uloga prekuneusa (BA 7) kod čoveka je specifična u prizivanju epizodne memorije, a njegova aktivacija je povezana sa vizuelnom strategijom trajne slušno-verbalne memorije [41].

Posle većih oštećenja parijetalnog režnja vidaju se različiti poremećaji i to u vidu zanemarivanja vidne i taktilne informacije iz vidnog polja ili površine tela suprotno od strane oštećenja, kao i do apraksija i parijetalne ataksije [14]. Defekt je mnogo teži posle oštećenja nedominantne (desne) hemisfere. Kod oštećenja parijetalnog režnja pacijenti kao da ne mogu da pokrenu pažnju iz sadašnjeg na novi fokus. Možda zadnji parijetalni korteks desne hemisfere sadrži nervni supstrat pažnje u obe polovine prostora, dok leva hemisfera sadrži samo za kontralateralni prostor, pa se unilateralne lezije leve hemisfere mogu delimično kompenzovati funkcijama desne, a suprotno nije moguće [42]. Može se istaći da morfološka asimetrija može biti modifikovana, jer polni steroidi, posebno progesteron, mogu smanjiti funkcionalnu asimetriju hemisfera čoveka, npr. povećavajući sposobnost leve hemisfere u vizuospcijalnim zadacima u kojima je inače dominantna desna hemisfera [43].

### Zaključak

Kod mozgova sa većim desnim hemisferama zadnji parijetalni korteks je obostrano deblji na

spoljašnjoj strani hemisphere (*lobulus parietalis superior*) od onog na unutrašnjoj strani (*precuneus*).

Kod većih levih hemisfera koje odgovaraju većinskoj populaciji sa dominantnom levom hemisferom, ovakav nalaz postoji samo za levi *lobulus parietalis superior*, a ukazuje na njegovu moguću važnu ulogu u svim mozgovima, nezavisno od strane. Ovo ima značaja za dalje usmeravanje istraživanja dominantnosti hemisfera, posebno parijetalnih režnjeva čoveka.

### Literatura

- Bear D, Schiff D, Saver J, Greenberg M, Freeman R. Quantitative analysis of cerebral asymmetries. Fronto-occipital correlation, sexual dimorphism and association with handedness. *Arch Neurol.* 1986; 43: 598-603.
- Luders E, Narr KL, Thompson PM, Rex DE, Jancke L, Toga AW. Hemispheric asymmetries in cortical thickness. *Cereb Cortex.* 2006; 16: 1232-8.
- Critchley M. The parietal lobes. New York: Hafner, 1953.
- Carpenter MB, Sutin J. Human Neuroanatomy. Baltimore: Williams and Wilkins, 1983.
- Šljivić B. Anatomija centralnog živčanog sistema. Beograd: Naučna knjiga, 1983.
- Connolly CJ. External morphology of the primate brain. Springfield: Thomas CC, 1950.
- Rouvière H. Anatomie humaine, descriptive et topographique. Paris: Masson et Cie, 1924.
- Crosby EC, Humphrey T, Lauer EW. Correlative Anatomy of the Nervous System. New York: Macmillan, 1962.
- Brodmann K. Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues. Leipzig: JA Barth, 1909.
- Zilles K: Cortex. In: Paxinos G, editor. The Human Nervous System. San Diego: Academic Press, 1990: 757-802.
- Duvernoy HM. The Human Brain Surface, Three-Dimensional Sectional Anatomy with MRI, and Blood Supply. New York: Springer-Verlag Wien, 1999.
- Vogt BA, Nimchinsky EA, Vogt LJ, Hof PR. Human cingulate cortex: surface features, flat maps, and cytoarchitecture. *J Comp Neurol.* 1995; 359: 490-506.
- Bogdanović D, Teofilovski G, Prostran M, Vela A, Janošević S. Interrelationships between the end part of sulcus Rolandi and fissure Sylvii in the human brain. *Acta Biol Med Exper* 1983; 3: 1-4.
- Creutzfeldt O. Cortex Cerebri, Leistung, strukturelle und funktionelle Organisation der Hirnrinde. Berlin: Springer-Verlag, 1983.
- Galaburda AM, Sanides F, Geschwind N. Human brain. Cytoarchitectonic left-right asymmetries in the temporal speech region. *Arch Neurol.* 1978; 35: 812-7.
- Penfield W, Roberts L. Speech and Brain Mechanisms. Princeton: Princeton University Press, 1969.
- Sakai K, Hikosaka O, Miyauchi S, Takino R, Sasaki Y, Pütz B. Transition of brain activation from frontal to parietal areas in visuomotor sequence learning. *J Neurosci.* 1998; 18: 1827-40.
- Witelson SF. Brain asymmetry, functional aspects. In: Adelman G, editor. Encyclopedia of Neuroscience. Boston: Birkhauser, 1987: 152-6.
- Witelson SF, Kigar DL. Asymmetry in brain function follows asymmetry in anatomical form: gross, microscopic, postmortem and imaging studies. In: Boller F, Grafman J, editors. Handbook of neuropsychology. Amsterdam: Elsevier Science, 1988: 111-42.
- Heilman KM, Bowers D, Valenstein E, Watson RT. The right hemisphere: neuropsychological functions. *J Neurosurg.* 1986; 64: 693-704.
- deGroot J, Chusid JG. Correlative neuroanatomy. East Norwalk: AppletonLange, 1988.
- Chi JG, Dooling EC, Gilles FH. Gyral development of the human brain. *Ann Neurol.* 1977; 1: 86-93.
- Borod JC, Kent J, Koff E, Martin C, Alpert M. Facial asymmetry while posing positive and negative emotions: support for the right hemisphere hypothesis. *Neuropsychologia.* 1988; 26: 759-64.
- Henderson VW, Naeser MA, Weiner JM, Pieniadz JM, Chui HC. CT criteria of hemisphere asymmetry fail to predict language laterality. *Neurology.* 1984; 34: 1086-9.
- Teofilovski G, Bogdanović D, Blagotić M, Mijač M. Some morphological characteristics of operculum frontal part. *Verch Anat Ges* 1986; 80: 855-6.
- Malobabić S, Vujašković G, Drekić D. Essential gyral line shows basic symmetry of left and right frontal operculum in human brain. Third IBRO World Congress of Neuroscience, August 4-9, 1991; Montreal, Canada, p24.4.
- Talairach J, David M, Tournoux P, Corredor H, Kvasina T. Atlas d'anatomie stereotaxique des noyaux gris centraux. Paris: Masson, 1957.
- Malobabić S, Simić S, Marinković S. Significance of the encephalometric parameters of human corpus callosum and medial hemispheric surface. *Anat Anz.* 1985; 159: 231-9.

29. Blinkov SM, Glezer II. *The Human Brain in Figures and Tables. A Quantitative Handbook*. New York: Plenum Press, 1968.
30. Retzius G. *Das Menschenhirn. Studien in der makroskopischen Morphologie*. Stockholm: PA Norstedt & Söner [for] Königliche Buchdruckerei, 1896.
31. Lynch JC. *The Cerebral Cortex*. In: Haines DE, editor. *Fundamental Neuroscience*. Edinburgh: Churchill-Livingstone, 1997: 455-70.
32. Fink GR, Marshall JC, Shah NJ, Weiss PH, Halligan PW, Grosse-Ruyken M, Ziemons K, Zilles K, Freund HJ. Line bisection judgments implicate right parietal cortex and cerebellum as assessed by fMRI. *Neurology*. 2000; 54: 1324-31.
33. Burgess PW, Quayle A, Frith CD. Brain regions involved in prospective memory as determined by positron emission tomography. *Neuropsychologia*. 2001; 39: 545-55.
34. Pesenti M, Thioux M, Seron X, De Volder A. Neuroanatomical substrates of arabic number processing, numerical comparison, and simple addition: a PET study. *J Cogn Neurosci*. 2000; 12: 461-79.
35. Rushworth MF, Paus T, Sipila PK. Attention systems and the organization of the human parietal cortex. *J Neurosci*. 2001; 21: 5262-71.
36. Mazoyer B, Zago L, Mellet E, Bricogne S, Etard O, Houdé O, Crivello F, Joliot M, Petit L, Tzourio-Mazoyer N. Cortical networks for working memory and executive functions sustain the conscious resting state in man. *Brain Res Bull*. 2001; 54: 287-98.
37. Cavada C, Goldman-Rakic PS. Posterior parietal cortex in rhesus monkey: I. Parcellation of areas based on distinctive limbic and sensory corticocortical connections. *J Comp Neurol*. 1989; 287: 393-421.
38. Cavada C, Goldman-Rakic PS. Posterior parietal cortex in rhesus monkey: II. Evidence for segregated corticocortical networks linking sensory and limbic areas with the frontal lobe. *J Comp Neurol*. 1989; 287: 422-45.
39. Kaas JH. Somatosensory system. In: Paxinos G, editor. *The Human Nervous System*. San Diego: Academic Press, 1990: 813-844.
40. Tsukiura T, Fujii T, Takahashi T, Xiao R, Inase M, Iijima T, Yamadori A, Okuda J. Neuroanatomical discrimination between manipulating and maintaining processes involved in verbal working memory; a functional MRI study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2001; 11: 13-21.
41. Grasby PM, Frith CD, Friston KJ, Bench C, Frackowiak RS, Dolan RJ. Functional mapping of brain areas implicated in auditory-verbal memory function. *Brain*. 1993; 116: 1-20.
42. Mesulam MM. *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
43. Hausmann M, Güntürkün O. Steroid fluctuations modify functional cerebral asymmetries: the hypothesis of progesterone-mediated inter-hemispheric decoupling. *Neuropsychologia*. 2000; 38: 1362-74.

**Summary.** *Researches of asymmetry and functional differences of particular cortex areas have opened new issues, particularly in terms of the posterior parietal lobe, which has a very complex function. Lobulus parietalis superior (LPS) and precuneus (P) are parts of the same rear parietal cortical area (5 and 7). There were established the differences in the thickness of the LPS cortex on the outer and P on the inner side of the hemisphere, as well as the differences between the left and the right side. It was measured the hemisphere length of 20 brains of both male and female adults. Section of the left and right LPS and P were colored according to Nissl. The cases with larger left and right hemisphere, respectively, were particularly analyzed. In larger left hemispheres (15 brains), cortex of the left LPS (3.76 mm) was significantly ( $p < 0.001$ ) thicker relative to the left P (3.13 mm), without other significant differences. In larger right hemispheres (5 brains), there was no significant difference in the cortex thickness of the P on the right (3.34 mm) and left (3.13), nor in the left (3.76) and right (3.67 mm) LPS. However, in such cases, the right LPS cortex (3.66 mm) was significantly thicker ( $p < 0.05$ ) than the right P cortex (3.33 mm), and the left LPS cortex (3.67 mm) was significantly thicker ( $p < 0.05$ ) than the left P cortex (3.35 mm). In larger right hemispheres, the rear parietal cortex was thicker on both sides of the outer hemisphere, while in larger left hemispheres it was the case only on the left hemisphere. In both groups, the LPS cortex was significantly thicker than the P cortex.*

**Key words:** *Brain cortex, Parietal lobe*

---

Nataša Đukić Macut,

*Katedra za anatomiju, Medicinski fakultet Kosovska Mitrovica (Priština), Srbija*

*\*Slobodan Malobabić,*

*Instititut za anatomiju, Medicinski fakultet Beograd, Srbija*

*†Goran Spasojević,*

*Katedra za anatomiju, Medicinski fakultet Banja Luka*