

Medicinski fakultet Banja Luka, Republika Srpska, Zavod za anatomiju¹
 Medicinski fakultet Beograd, Institut za anatomiju²
 Zavod za rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović", Banja Luka³
 Fakultet veterinarske medicine, Beograd⁴

Originalni naučni rad
Original study
 UDK 611.81:612.823.08
 DOI:10.2298/MPNS1002051S

DIGITALNA MORFOMETRIJSKA STUDIJA EKSTRASULKUSNE POVRŠINE GIRUSA CINGULI ČOVEKA

DIGITAL MORPHOMETRIC STUDY OF THE EXTRASULCAL SURFACE OF THE CINGULATE GYRUS IN MAN

Goran SPASOJEVIĆ¹, Slobodan MALOBABIĆ², Zlatan STOJANOVIĆ¹, Slavica JANDRIĆ³ i Milena ĐORĐEVIĆ⁴

Sažetak - Analiza morfoloških tipova i ekstrasulkusne (vidljive) površine girusa cinguli obuhvatila je 42 mozga (84 hemisfere) odraslih (26 muškaraca i 16 žena, 20-65 godina). Po fiksiranju 10% formalinom i disekciji vršena je morfološka tipizacija. Standardizovana digitalna AutoCAD planimetrija ekstrasulkusne površine girusa cinguli vršena je u koordinatnom sistemu interkomisuralne linije. Opisali smo tri morfološka tipa girusa cinguli: kontinuirani (34,5%), segmentirani (35,7%) i dvostruki paralelni tip (29,8%). Nema statistički značajnih razlika u učestalosti ovih tipova girusa cinguli prema strani (desna/leva) ili polu osoba ($p > 0.05$). Ekstrasulkusna površina girusa cinguli na levim (14,58 cm²) statistički je značajno veća ($p < 0.05$) nego na desnim hemisferama (13,45 cm²). Takođe je signifikantno veća ($p < 0,05$) ekstrasulkusna površina levog girusa cinguli muškaraca (15,9 cm²) nego žena (13,6 cm²), dok za desnu vijugu razlika nije bila signifikantna. Iako sama morfološka analiza to nije pokazala, digitalna planimetrija ekstrasulkusne površine girusa cinguli pokazala je polne i desno-leva morfolometrijske razlike.

Cljučne reči: Girus cinguli + anatomija i histologija; Čovek; Polne karakteristike; Morfogeneza; Telesna tipizacija

Uvod

Gyrus cinguli (GC) ili pojasna vijuga velika je vijuga limbičkog pojasa medijalne strane hemisfera, razdvojena od korpusa kalozuma pomoću sulkusa korporis kalosi (*sulcus corporis callosi*), dok ga dorzalno *sulcus cinguli* i *sulcus subparietalis* odvajaju od perifernog (lobarnog) pojasa. Prednji kraj GC se ispod *geni corporis callosi* nastavlja u areu supkalozu (*area subcallosa*), a završni deo ispod splenijuma (*splenium corporis callosi*) u *isthmus gyri cinguli*.

Pojasna vijuga je sastavni deo limbičkog sistema koji je neposredno odgovoran za motivaciju, emotivno ponašanje (autonomne i seksualne funkcije), procese pamćenja i predstavlja region povezivanja (*interface*) pažnje i emocija [1-4]. Vidljiva, ekstrasulkusna površina kore GC obuhvata aree 23, 24 i 29 [5]. Area 24 zauzima prednji deo GC, napred i dorzalno je cingulofrontalna prelazna kora (area 32), u srednjem delu GC je area 23, dok je area 29 u zadnjem delu GC, kao i prelazna cinguloparijetalna area 31 [5,6]. Podraživanje aree 24 dovodi do niza autonomnih reakcija: usporavanja rada srca i disanja, pada krvnog pritiska, piloerekcije, midrijaze, snižavanje tonusa mišića [2]. Prednji cingularni korteks je i visokospecifična motorna zona, a zadnji mesto multimodalne senzorne konvergencije [7,8].

Zbog ovakve uloge GC, promene njegovih morfolometrijskih parametara mogu pratiti različite psihičke poremećaje. Posebno su izražene volu-

metrijske promene prednjeg cingularnog korteksa kod shizofrenije [9,10], kod koje, pored redukcije raznih parametara (debljina kore i njenih slojeva, veličina i gustina neurona), dolazi i do hipoperfuzije pomenutog područja [11]. Kod ove bolesti dolazi i do smanjenja gustine sive mase u zadnjem cingularnom korteksu [9], koji se inače dovodi u vezu i sa procesiranjem boli [12].

Izgled i veličina GC čoveka uslovljeni su morfologijom sulkusa cinguli (*sulcus cinguli*) i okolnih žlebova. Ako je *sulcus cinguli* jedinstven, tada je GC tipičnog (konkavnog) izgleda, ali ako je *sulcus cinguli* segmentiran u više delova, tada mnogobrojne prelazne vijuge vežu GC sa vijugama lobarnog pojasa medijalne strane hemisfera [13,14]. U slučaju postojanja sulkusa paracinguli (*sulcus paracinguli*), postoji i dvostruka pojasna vijuga (*double parallel type*) u prednjem delu [15].

Cilj našeg rada je da se preko analize učestalosti pojedinih tipova i merenjem ekstrasulkusne (vidljive) površine GC, doprinese izučavanju desno-leva asimetrije i polnog dimorfizma čovekovog mozga, a time i boljoj dijagnostici složenih poremećaja moždanih funkcija.

Materijal i metode

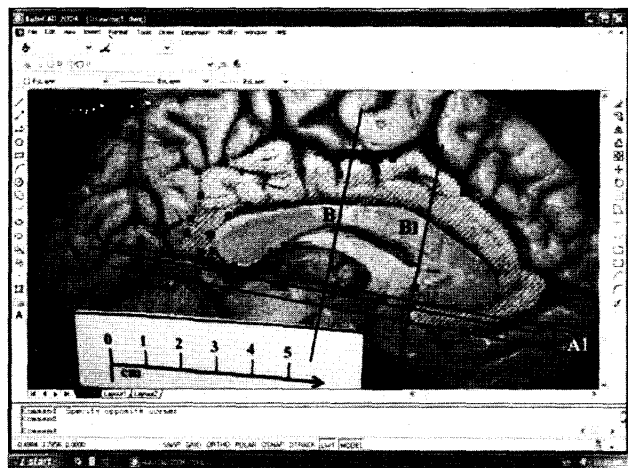
Istraživanje je vršeno na 42 mozga (84 hemisfere) bez patoloških promena koji potiču od odraslih osoba oba pola (26 muškaraca i 16 žena, starosti 20-65 godina). Po fiksaciji u 10% rastvoru formalina tokom 3-4 nedelje napravljeni su mediosagitalni preseći, a zatim su skidane moždane ovojnice. Medijalnu stranu mozga fotografisali smo digitalnim

Ovaj rad je delom finansiran iz projekta br. 156031 Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije.

Adresa autora: Prof. dr Goran Spasojević, Zavod za anatomiju, 51000 Banja Luka. Save Mrkalja 14. E-mail: goraspas@yahoo.com

Skraćenice

GC - gyrus cinguli (pojasna vijuga)



Slika 1. AutoCAD morfometrija ekstrasulkusne (vidljive) površine girusa cinguli i određivanje njegovih granica.

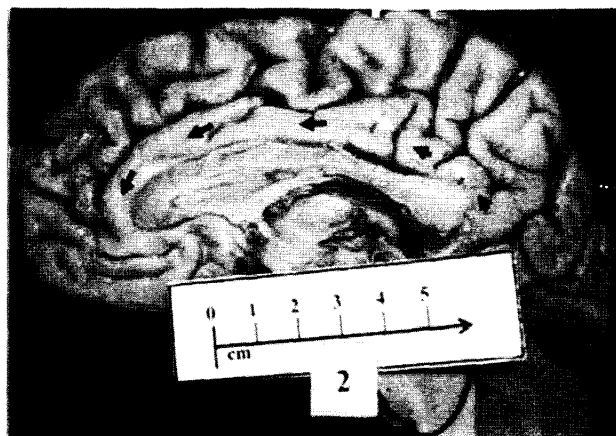
A - interkomisuralna osa (*commissura anterior - commissura posterior*); B - prava na interkomisuralnu osovinu (B + A). Za određivanje granica girusa cinguli korišćene su tačka a - na tangenti paralele liniji A na *splenium corporis callosi* i tačka a1 - na tangenti linije A1 (paralela liniji A) na rostralni produžetak sulkusa cinguli, kao i B1 (paralela liniji B), kroz *rostrum corporis callosi*.

Fig. 1. The AutoCAD morphometry of the extrasulcal (visible) surface of the cingulate gyrus and determination of its boundaries.

A - intercommissural line (*commissura anterior - commissura posterior*); B - axis vertical to the intercommissural line (B - A). To determine the boundaries of the cingulate gyrus following marks were used: a point - on the tangent line parallel to the line A on the *splenium corporis callosi* and a1 point - on the tangent line A1 (parallel to line A) on the rostral end of the cingulate sulcus and line B1 (parallel to B) through the *rostrum corporis callosi*

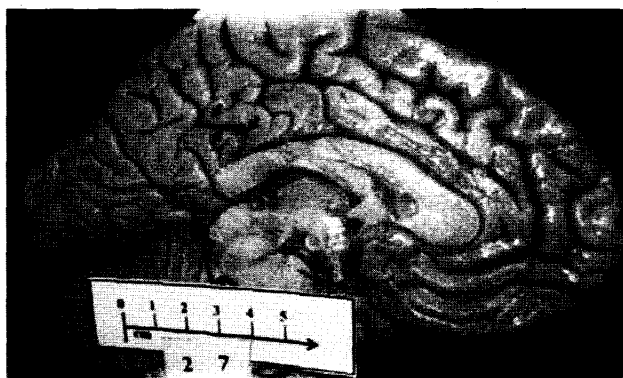
aparatom visoke rezolucije (8 MB) na standardnom rastojanju od 50 cm i pod pravim uglom na ravan površine medijalne strane hemisfera mozga. Svaka digitalna fotografija je kalibrisana i označena koordinatnim osama A i B, koje su korišćene za dalju standardizaciju granica prednjeg i zadnjeg dela GC. Pri tome, A (transkomisuralna) osa prolazi kroz najispupčeniije tačke komisure anterior i komisure posterior u III moždanu komoru, a B-osa je uspravna pod uglom od 90° na sredini A-ose (Slika 1) [16]. Sredina A-ose je tačka na sredini interkomisuralnog rastojanja.

Granice GC smo, zbog postojanja morfoloških varijacija, standardno definisali (Slika 1) na sledeći način: prednja granica GC (subrostralni segment) je standardizovana tako da postavimo horizontalnu pravu a1 (paralelno A-osi) duž rostralnog dela sulkusa cinguli i vertikalnu pravu B1 kroz vrh rostruma korporis kalozi (paralelno B-osi), tako da je subrostralni deo GC smešten između ravni a1B1 i rostral-



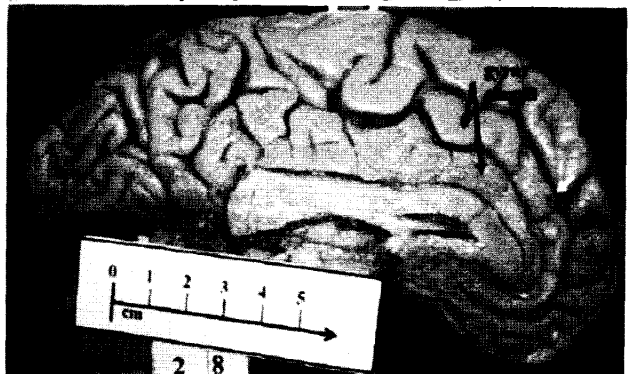
Slika 2. Kontinuirani tip girusa cinguli (bele strelice - žlebovi koji ne presecaju u potpunosti gyrus cinguli)

Fig. 2. The continuous type of the cingulate gyrus (white arrows - sulci which incompletely divide the cingulate gyrus)



Slika 3. Segmentiran tip girusa cinguli (strelice - sulkus koji u potpunosti preseca gyrus cinguli)

Fig. 3. The segmented type of the cingulate gyrus (arrows - sulci which incompletely divide the cingulate gyrus)



Slika 4. Gyrus cinguli - dvostruki paralelni tip, usled prisustva sulkusa paracinguli (bela strelica - *sulcus paracinguli*)

Fig. 4. The cingulate gyrus - double parallel type caused by the presence of the paracingulate sulcus (white arrow - *paracingulate sulcus*)

nih delova sulkusa cinguli i sulkusa korporis kalozi. Zadnji kraj GC (retrosplenijalni segment) nema jas-

no određenu granicu prema istmusu giri cinguli pa smo je definisali intersekcijom sulkusa kalkarinusa sa produžetkom pravca sulkusa subparietalisa i pravom a (paralelna sa A osom) koja čini tangentu na *splenium corporis callosi*. Digitalne fotografije su korišćene kako za morfološku tipizaciju GC tako i za morfometrijska merenja ekstrasulkusne površine GC primenom digitalne AutoCAD planimetrije. AutoCAD 2004 spada u grupu programskih paketa namenjenih crtanju, projektovanju i drugim vidovima primene računara u inženjerskoj praksi, a može se koristiti i za merenje pravilnih i nepravilnih površina. U našoj studiji AutoCAD program smo koristili za merenje površina mekotkivnih struktura mozga [17].

Ispitivanje signifikantnosti razlike morfoloških tipova girusa cinguli vršeno je upotrebom χ^2 testa. Signifikantnost razlike u vrednostima površine (desna/leva asimetrija, polni dimorfizam) određivana je upotrebom Studentovog T-testa.

Rezultati

U odnosu na izgled i granične žlebove, *gyrus cinguli* smo podelili na tri osnovna morfološka tipa: kontinuiran tip (GC nije potpuno segmentiran žlebovima); segmentirani tip (GC je podeljen žlebovima na dva ili više segmenata) i dvostruki paralelni tip (*double parallel type*), gde je zbog postojanja *sulcus paracinguli* delimično udvostručen prednji deo GC).

Našli smo sva tri osnovna morfološka tipa GC (kontinuirani tip, Slika 2), segmentirani tip (Slika 3), i dvostruki paralelni tip sa prisutnim sulkusom *paracinguli* (Slika 4).

Učestalost pojedinih tipova GC prikazana je tabelarno (Tabela 1).

Tabela 1. Učestalost pojedinih tipova *gyrusa cinguli* (GC) - apsolutne vrednosti i procenti

Table 1. The frequency of different types of the cingulate gyrus (GC)- absolute values and percentages

	Broj hemisfera	Kontinuirani tip	Segmentirani	Paralelni tip
	Number of hemispheres	Continuous type	tip/Segmented type	Parallel type
Desno/Right	42	17 (40,5%)	17 (40,5%)	8 (19%)
Levo/Left	42	12 (28,6%)	13 (30,9%)	17 (40,5%)
Muškarci/Male	52	14 (26,9%)	20 (38,5%)	18 (34,6%)
Žene/Female	32	15 (46,875%)	10 (31,25%)	7 (21,875%)

Razlika u učestalosti pojedinih tipova GC kod muškaraca i žena nije statistički značajna: $p > 0,05$ ($t = 0,551$; $T(0,05, S.S.2) = 5,99$). Razlika učestalosti

Tabela 2. Ekstrasulkusna površina *gyrusa cinguli* (ukupno 84 hemisfere oba pola) u odnosu na stranu (desno/levo)

Table 2. The extrasulcal surface of the cingulate gyrus in relation to hemisphere (right/left)

	N	X	SD	CV	Max	Min
Desno/Right	42	13,45 cm ²	2,25 cm ²	16,7%	7,98 cm ²	8,75 cm ²
Levo/Left	42	14,58 cm ²	2,49 cm ²	17,1%	21,8 cm ²	9,55 cm ²
Ukupno						
Total	84	14,02 cm ²	2,42 cm ²	17,26%	21,8 cm ²	8,75 cm ²

tipova GC na levoj i desnoj strani nije statistički značajna: $p > 0,05$ ($t = 0,462$; $T(0,05, S.S.2) = 5,99$).

Rezultati merenja ekstrasulkusne površine GC, kao i signifikantnost njene razlike u odnosu na pol i stranu hemisfera prikazani su tabelama (tabele 2 i 3).

Tabela 3. Ekstrasulkusna površina *gyrusa cinguli* u odnosu na pol i stranu (desno/levo)

Table 3. The extrasulcal surface of the cingulate gyrus in relation to sex and hemisphere (right/left)

Hemisfera/Hemisphere	Muškarci/Males		Žene/Females	
	Desna/Right	Leva/Left	Desna/Right	Leva/Left
X (cm ²)	13,8	15,19	12,92	13,6
SD (cm ²)	2,22	2,15	2,49	2,76
CV (%)	16,1	14,1	19,3	20,3
Max (cm ²)	17,33	19,68	17,98	21,8
Min (cm ²)	10,55	11,7	8,75	9,55

Rezultati (na 84 hemisfere) pokazuju statistički značajno veću ekstrasulkusnu površinu GC na levim hemisferama ($p < 0,05$) za 1,13 cm².

Istraživanjem polnih razlika utvrdili smo veću površinu GC levih hemisfera kod oba pola, ali je ova desno-levo razlika statistički značajna samo kod muškaraca ($p < 0,05$). Razlika u ekstrasulkusnoj površini GC između desnih muških i desnih ženskih hemisfera nije bila statistički značajna ($p > 0,05$), dok je između levih muških i levih ženskih hemisfera utvrđeno da je statistički značajno veća ova površina kod osoba muškog pola ($p < 0,05$).

Diskusija

Poznavanje tačnih granica i varijabilnosti vijuga i žlebova važno je u utvrđivanju citoarhitektonskih oblasti [18], a poznavanje morfoloških tipova vijuga ili žlebova može da posluži i u genetskim istraživanjima mozga (načina njihovog eventualnog nasleđivanja) [19]. Enefalometrijske studije su značajne za upoznavanje opsega varijacija, polnog dimorfizma i eventualnog morfološkog supstrata lateralizacije moždanih funkcija. Zapremina GC je smanjena kod bipolarnih poremećaja raspoloženja [10]. Kod postraumatskih stresnih poremećaja smanjena je površina desnog prednjeg cingularnog korteksa (area 24) [20], dok je njeno relativno smanjenje udruženo sa psihičkim poremećajima u autizmu [21]. O kompleksnosti i značaju funkcije GC svedoči i činjenica da se hipoperfuzija krvi kroz zadnji cingularni korteks može uočiti i do dve godine pre pojave simptoma koji zadovoljavaju kliničke kriterijume za dijagnostikovanje Alchajmerove bolesti [22]. Razvoj neuroimidžinga povećava interesovanje za morfologiju mozga, što se odnosi i na dijagnostiku i terapiju velikih depresivnih poremećaja [23]. Neuroimidžing studije prednjeg cingularnog korteksa nisu dale jasnu sliku abnormalnosti kod shizofrenije, pa je potrebna preciznija anatomija ove regije [24]. Takođe, istraživanja ukazuju na ulogu holecistokinina (CCK) u patogenezi shizofrenije,

kao i način kortikalne obrade impulsa uz učešće kortikalnih interneurona [25].

Iako su brojnija istraživanja morfologije žlebova nego vijuga medijalne strane hemisfere čoveka [6, 15, 26, 27], u analizi te literature pomaže činjenica da podaci o postojanju sulkusa paracinguli u stvari ukazuju na prisustvo dvostrukog paralelnog tipa GC. Nalaz paracingulatnog žleba na 40 mozгова češće levo (28 slučajeva) nego desno (13 slučajeva) odgovara našim nalazima [27]. Vogt i saradnici [6] uočili su na 20 mozgov paracingulatni žleb u 35% slučajeva i u tim slučajevima "dvostrukog sulkusa cinguli" pravi *sulcus cinguli* je bio plići. Mi smo, proučavajući učestalost pojedinih morfološki tipova GC, utvrdili da se skoro podjednako često javlja segmentirani (35,7%) i kontinuirani tip (34,5% slučajeva), a dvostruki paralelni tip nešto ređe (29,8%). U detaljnoj studiji na 247 osoba izražen paracingulatni žleb nađen je češće levo (54%) nego desno (37%), a odsutan je bio u 8% slučajeva levo i u 15% desno [26]. U ovom istraživanju više parametara moždanih žlebova jedina signifikantna razlika postoji samo u slučaju paracingulatnog žleba koji je kod muškaraca prisutan ali slabo izražen, dok je kod žena ili odsutan ili jako razvijen [26]. Nismo uočili statistički značajne razlike u učestalosti morfoloških tipova GC kako prema strani hemisfere (desna-leva) tako i prema polu osobe, iako smo kod žena kontinuirani tip našli u 46,8%, a kod muškaraca samo u 26,9% slučajeva.

Mi smo našli statistički značajno veću ($p=0,0315$) ekstrasulkusnu površinu GC na levim hemisferama (za $1,13 \text{ cm}^2$) od površine na desnim (desno $13,45 \text{ cm}^2$, levo $14,58 \text{ cm}^2$), kao i postojanje statistički značajne pozitivne korelacije između površine desnog i levog GC ($r=0,7603$). Naši rezultati ukazuju na desno-leve razlike GC i fenomen lateralizacije funkcija sa dominantnom levom hemisferom i u limbičkim kortikalnim strukturama kakav je GC. Ekstrasulkusna površina levog prekuneusa, vijuge medijalne strane hemisfere u neposrednom odnosu sa zadnjim delom GC veća je od one kod desnog ali bez statistički signifikantne razlike. Takođe, nije bilo statistički signifikantne levo-desne razlike u površini prekuneusa ni u muškaraca niti kod žena. Prekuneus levih hemisfere muškaraca ima statistički visokosignifikantno veću površinu u odnosu na prekuneus levih hemisfere žena [28].

Rasdolsky [29] je prvi skrenuo pažnju na morfološke asimetrije hemisfere i istovremeno na levo-desne razlike u autonomnim funkcijama i inervaciji.

Naši morfometrijski nalazi su u skladu sa koncepcijom komplementarne specijalizacije hemisfere, gde je 91% populacije desnoruko sa dominantnom levom hemisferom, 6% levoruko sa dominantnom levom hemisferom, a 3% je levoruko sa dominantnom desnom hemisferom [30]. Međutim, korelacija veće površine prednjeg desnog GC sa intenzitetom simptoma aleksitimije [31], dispozicijom strahu i antcipacijom brige [32] ukazuju na lateralizaciju i dominaciju desne hemisfere u procesiranju emocija.

U istraživanju polnih razlika našli smo statistički značajno veću ($p=0,0459$) ekstrasulkusnu površinu levog GC kod muškaraca nego kod žena (muškarci - levo: $15,9 \text{ cm}^2$ žene - levo: $13,6 \text{ cm}^2$). Ova površina desnog GC je veća kod muškaraca (za $0,88 \text{ cm}^2$) nego kod žena ($p>0,05$), ali razlika nije statistički značajna. I kod muškaraca i kod žena postoji statistički značajna pozitivna korelacija između površina desnog i levog GC (muškarci: $r=0,6831$), ali je posebno izražena kod žena ($r=0,8483$), što smo ranije našli i za ekstrasulkusnu površinu levog i desnog prekuneusa [32]. Naša istraživanja su potvrdila postojanje polnih razlika u ekstrasulkusnoj površini GC, kao što je to slučaj i sa ranijim studijama [15, 26], dok morfološki tipovi GC ne pokazuju takve razlike na ispitivanom uzorku.

Zaključak

U studiji morfoloških tipova girusa cinguli čoveka utvrdili smo skoro podjednako učestalo prisustvo njegovog segmentiranog (35,7%) i kontinuiranog tipa (34,5%), a nešto manje dvostrukog paralelnog tipa (29,8%). U učestalosti morfološki tipova girusa cinguli prema strani hemisfere (desno-levo) ili prema polu nema statistički značajne razlike ($p>0,05$). Međutim, digitalna AutoCAD morfometrija girusa cinguli čoveka pokazala je postojanje polnih i desno-levih razlika. Ekstrasulkusna površina levog girusa cinguli statistički je značajno veća ($p<0,05$) za $1,13 \text{ cm}^2$ od površine desnog (desno: $13,45 \text{ cm}^2$; levo: $14,58 \text{ cm}^2$). Ustanovljena je signifikantno veća površina levog girusa cinguli kod muškaraca (muškarci - levo: $15,9 \text{ cm}^2$; žene - levo: $13,6 \text{ cm}^2$; $p<0,05$).

Iako je studija ukazala na dominantnost leve hemisfere i za limbičku koru čoveka, na osnovu komparativne analize utvrđen je značaj ispitivanja relativnih volumetrijskih parametara u izučavanju fenomena lateralizacije psihičkih funkcija.

Literatura

1. Krmpotić-Nemanjić J. Anatomija čovjeka. Zagreb: Jugoslovenska Medicinska Naklada; 1979.
2. Creutzfeldt OD. Cortex cerebri. Berlin: Springer-Verlag; 1983.
3. Guyton AC. Medicinska fiziologija. 1. izd. Beograd: Medicinska knjiga; Savremena Administracija; 1996.
4. Powell EW, Hines G. The limbic sistem: an interface. Behav Biol 1974;(12):149-64.
5. Brodmann K. Vergleichende lokalizationslehre der grosshirnrinde. 2. Aufl. Leipzig: Verlag JA Barth; 1925.
6. Vogt AB, Nimchinsky AE, Vogt JL, Hof RP. Human cingulate cortex: Surface Features, flat maps, and cytoarchitecture. J Comp Neurol 1995;359:490-506.
7. Wenderoth N, Debaere F, Snaert S, Swinnen SP. The role of anterior cingulate cortex and precuneus in the coordination of motor behaviour. Eur J Neurosci. 2005;22(1):235-46.

8. Diehl B, Dinner DS, Mohamed A, Najm I, Klem G, LaPresto E, et al. Evidence of cingulate motor representation in humans. *Neurology* 2000;55(5):725-8.
9. Mitelman SA, Shihabuddin L, Brickman AM, Hazlett EA, Buchsbaum MS. Volume of the cingulate and outcome in schizophrenia. *Schizophr Res* 2005;72(2-3):91-108.
10. Bouras C, Kovari E, Hof PR, Riederer BM, Giannakopoulos P. Anterior cingulate cortex pathology in schizophrenia and bipolar disorder. *Acta Neuropathol (Berl)* 2001;102(4):373-9.
11. Haznedar MM, Buchsbaum MS, Hazlett EA, Shihabuddin L, New A, Siever LJ. Cingulate gyrus volume and metabolism in the schizophrenia spectrum. *Schizophr Res* 2004;71(2-3):249-62.
12. Bromm B. The involvement of the posterior cingulate gyrus in phasic pain processing of humans. *Neurosci Lett*. 2004;361(1-3):245-9.
13. Perović D. Anatomija čovjeka. Knjiga II. Beograd - Zagreb: Medicinska knjiga; 1964.
14. Testut L. Anatomia umana: neurologia. Torino: Unione tipografico editrice Torinese; 1917.
15. Stanczyk JL. Variation of the gyrus cinguli and sulcus cinguli in phylo and ontogenesis. *Folia Morphol (Warsz)*. 1983;42(4):243-69.
16. Talairach J, David M, Tournoux P, Corredor H, Kvasina T. Atlas d'anatomie stereotaxique des noyes gris centraux. Paris: Masson; 1957.
17. Spasojević G, Stojanović Z, Šušćević D, Malobabić S. Sexual dimorphism of the human corpus callosum: digital morphometric study. *Vojnosanit Pregl* 2006;63(11):933-8.
18. Morris R, Paxinos G, Petrides M. Architectonic analysis of the human retrosplenial cortex. *J Comp Neurol* 2000;421:14-28.
19. Baare WFC, Hilleke E, Hulshoff P, Boomsma DI, Posthuma D, de Geus EJC, et al. Quantitative genetic modeling of variation in human brain morphology. *Cerebral Cortex* 2001;11(9):816-24.
20. Kitayama N, Quinn S, Bremner JD. Smaller volume of anterior cingulate cortex in abuse-related posttraumatic stress disorder. *J Affect Disord* 2006;90(2-3):171-4.
21. Haznedar MM, Buchsbaum MS, Metzger M, Solimando A, Spiegel-Cohen J, Hollander E. Anterior cingulate gyrus volume and glucose metabolism in autistic disorder. *Am J Psychiatry*. 1997;154(8):1047-50.
22. Huang C, et al. Cingulate cortex hypoperfusion predicts Alzheimer's disease in mild cognitive impairment. *BMC Neurol*. 2002;2:9.
23. Hamani C, Mayberg H, Snyder B, Giacobbe P, Kennedy S, Lozano A. Deep brain stimulation of the subcallosal cingulate gyrus for depression: anatomical location of active contacts in clinical responders and suggested guideline for targeting. *J Neurosurg* 2009;111:1209-15.
24. Mc Cormick LM, Ziebell S, Nopoulos P, Cassell M, Andreasen NC, Brumm M. Anterior cingulate cortex: an MRI-based parcellation method. *NeuroImage* 2006;32:1167-75.
25. Puškaš L, Draganić-Gajić S, Malobabić S, Puškaš N, Krivokuća D, Stanković G. Morfološka i laminarna distribucija holocistokinina - imunoreaktivnih neurona u korteksu ljudske inferiorne parijetalne lobule i njihova klinička značajnost. *Med Pregl* 2008;LXI(9-10):452-7.
26. Paus T, Tomaiuolo F, Otaky N, MacDonald D, Petrides M, Atlas J, et al. Human cingulate and paracingulate sulci: pattern, variability, asymmetry and probabilistic map. *Cerebral Cortex* 1996;6:207-14.
27. Ide A, Dolezal C, Fernandez M, Labbe E, Mandujano R, Montes S, et al. Hemispheric differences in variability of fissural patterns in parasylvian and cingulate regions of human brains. *J Comp Neurol* 1999;410:235-42.
28. Spasojević G, Malobabić S, Šušćević D, Miljković Ž. Morfološka varijabilnost prečineusa u odnosu na pol i hemisferu mozga čovjeka. *Vojnosanit Pregl* 2004;61(4):365-70.
29. Rasdolsky T. The asymmetry of the hemispheres of the brain in man and animals. *J Nerv Ment Dis*. 1927;62:119-32.
30. Ganong WF. Pregled medicinske fiziologije. Beograd: Savremena administracija; 1993.
31. Gundel H, et al. Alexithymia correlates with the size of the right anterior cingulate. *Psychosom Med* 2004;66(1):132-40.
32. Pujol L, Lopez A, Deus J, Cardoner N, Vallejo J, Capdevila A, et al. Anatomical variability of the anterior cingulate gyrus and basic dimensions of human personality. *Neuroimage*. 2002;15(4):847-55.

Summary

Introduction

The frequency of different morphological types and extrasulcal (visible) surface area of the cingulate gyrus, were measured and analysed in order to obtain more precise data about morphology, right/left and sex differences in the human brain.

Material and methods

The study included 42 brains (84 hemispheres) from persons of both sexes and of different age (26 males, 16 females, 20-65 years old), without neuropathological changes. After fixation in 10% formaline (3-4 weeks) and removal of meninges the brains were photographed under standard conditions by digital camera. Following determination of morphological type, regions of interest of cingulate gyrus were determined in stereotactic system system of coordinates and the extrasulcal surface was measured by digital AutoCAD planimetry.

Results and discussion

Three basic morphological types of cingulate gyrus were found: the continuous type (34.5%), segmented type (35.7%) and

double paralel type (29.8%). There was no statistically significant difference in the frequency of morphological types related to the side (right/left) or sex ($p > 0.05$). The area of extrasulcal cortex of cingulate gyrus was statistically significantly ($p < 0.05$) larger on the left hemispheres (for 1.13 cm) than on the right (left: 14.58 cm; right: 13.45 cm). The extrasulcal surface of the left cingulate gyrus was significantly larger ($p < 0.05$) in males (males 15.9 cm; females - 13.6 cm), while for the right cingulate gyrus this difference was not significant.

Conclusion

Morphometry indicated sex and right/left differences of extrasulcal surface area of the human cingulate gyrus. However, the morphological analysis itself did not indicate corresponding differences, suggesting complexity of the problem of sex dimorphism and of right/left asymmetries in the domain of limbic cortex.

Key words: Gyrus Cinguli + anatomy and histology; Humans; Sex Characteristics; Morphogenesis; Body Patterning

Rad je primljen 10. VII 2007.

Prihvaćen za štampu 10. XII 2007.

BIBLID.0025-8105:(2009):LXII:1-2:51-56.