

Originalni naučni rad

Kvantitativna analiza magnocelularnog dijela nucleus ruber-a

Vesna Gajanin, Zdenka Krivokuća, Igor Sladojević,
Tatjana Bućma, Mirka Šarović Vukajlović

Medicinski fakultet, Univerzitet u Banja Luci, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Kratak sadržaj

Uvod. *Nucleus ruber* zauzima centralni dio retikularne formacije srednjeg mozga, od donjeg kraja gornjih kvržica srednjeg mozga do ventralnog talamusa. Vaskularizuju ga grane P_1 i P_2 segmenta *arteriae cerebri posterior, arteriae communicans posterior i arteriae choroidea anterior*. Ciljevi rada su kvantitativna analiza neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*, kao i ispitivanje uticaja starenja na parametre kvantitativne analize.

Metode. Deset srednjih mozgova odraslih lica oba pola je nakon fiksacije u 10% rastvoru formalina ukalupljeno u parafinu. Zbog lokalizacije magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*, uzorci srednjih mozgova su presječeni u visini sredine gornjih kvržica srednjeg mozga i idući kaudalno pravljene su semiserijski rezovi (1,5,10...50) debljine 4 μm , koji su bojeni Mallory metodom. Pomoću digitalne kamere slikano je intermitentno svako drugo vidno polje pod uvećanjem 400x, a dobijene fotografije su analizirane pomoću programa ImageJ, uz korišćenje testnog sistema A 100. Statistička analiza je obavljena uz upotrebu programa SPSS, uz nivo značajnosti razlike od 5%.

Rezultati. Prosječne vrijednosti kvantitativnih parametara neurona su iznosile: volumenska gustina 0,018 mm^0 , površinska gustina 3,56 mm^{-1} i apsolutni broj po vidnom polju 35,39. Prosječna volumenska gustina vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* je 0,014 mm^0 , površinska gustina 4,19 mm^{-1} i dužinska gustina 90,82 mm^{-2} . Nije postojala korelacija između godina života i određivanih kvantitativnih parametara neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*.

Zaključak. Ispitivani kvantitativni parametri neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* se smanjuju sa godinama života, ali smanjenje nije statistički značajno.

Ključne riječi: nucleus ruber, neuroni, krvotok

Adresa autora:
Prof. dr Vesna Gajanin
Save Mrkalja 14
78000 Banja Luka
vesnag73@yahoo.com

Uvod. *Nucleus ruber* je smješten u centralnom dijelu retikularne formacije srednjeg mozga. Bogat je željezom, pa se na svježem presjeku mozga uočava kao jedro

crvene boje [1,2]. Od okoline je odvojen čahurom koju obrazuju vlakna aferentnih i eferentnih puteva ovog jedra. Počinje kod donjeg kraja gornjih kvržica sred-

njeg mozga i svojim gornjim krajem ulazi u ventralni talamus. Opisuju se dva dijela *nucleus ruber-a*, znatno manji magnocelularni i veći parvocelularni dio. Kod čovjeka magnocelularni dio zauzima najkaudalniji dio jedra i sastoji se od krupnih multipolarnih neurona [1].

Vaskularno korito mezencefalona gradi više arterijskih stabala. Grane *arteriae (a.) cerebri posterior* se izdvajaju iz njena oba segmenta: iz P1 segmenta (*aa. interpedunculares s. thalamoperforate et a. collicularis*) i iz P2 segmenta (*a. choroideae posterior medialis et rami pedunculares*). Od grana *a. basilaris* najrostralniji dio mezencefalona ishranjuju njene anteromedijalne grane, a ostatak srednjeg mozga grane *a. cerebelli superior*. Treći izvor vaskularizacije srednjeg mozga je *a. carotis interna* preko *a. communicans posterior* i *a. choroideae anterior*. Sve grane spomenutih arterija dijele se na: prednje (ventralne), lateralne i zadnje (dorzalne). Marinković [3] navodi da su za vaskularizaciju *nucleus ruber-a* zadužene anteromedijalne (talamoperforantne) arterije, koje osim anterolateralnih arterija predstavljaju dio prednje grupe arterija. Ovi krvni sudovi podijeljeni su na kratke, mezencefalične i diencefalične. Duvernoy [4] ih dijeli na kaudalne, lateralne, srednje i rostralne, pri čemu *nucleus ruber* vaskularizuju srednje i lateralne arterije. Srednje arterije su tipični mezencefalični sudovi (*aa. paramedianae*), koji se najčešće odvajaju od P₁ segmenta *a. cerebri posterior* [4].

Nucleus ruber je jedan od najvažnijih elemenata ekstrapiramidalnog sistema [5]. Putevi koji dolaze u *nucleus ruber* su: *fasciculus dentatorubralis*, *tractus tectorubralis*, *tractus palidorubralis*, *tractus corticorubralis*. Iz *nucleus ruber-a* odlaze rubroretikularna i rubroolivarna vlakna, *tractus rubrospinalis* [2]. Kortikospinalni i rubrospinalni put se komplementarno dopunjuju i njihovo dejstvo retikulospinalnog puta koji polazi iz produžene moždine se sastoji u aktivaciji motoneurona koji oživčavaju mišiće pregibače (fleksore) i inhibiciji perifernih motornih neurona koji oživčavaju mišiće opružače (ekstenzore) [1,6]. *Nucleus ruber* učestvuje u kontroli cerebelarnih, palidalnih i kortikalnih motornih nadražaja, važnih u usklađivanju mišićne napetosti, držanja tijela i hodanja. Oštećenje *nucleus ruber-a* uzrokuje tremor u mirovanju i promjene mišićne napetosti [2].

Starenjem dolazi do histoloških promjena u magnocelularnom dijelu *nucleus ruber-a*. Zaki [7] u studiji o histološkim promjenama

nucleus ruber-a kod albino pacova navodi da usljed starenja dolazi do promjena u samim motoneuronima čija se membrana "smežura" uz nakupljanje lipofuscina u međucelularnom prostoru.

Mali broj podataka o kvantitativnim parametrima neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*, kao i uticaj starenja na promjene ovih parametara podstakli su nas na ovo istraživanje.

Ciljevi rada su kvantitativna analiza neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*, kao i ispitivanje uticaja starenja na parametre kvantitativne analize.

Metode rada

Analizirano je 10 srednjih mozgova odraslih lica oba pola (4 žene i 6 muškaraca), starosti od 24 do 82 godine života (prosječna starost 48,42 godine) koji su umrli bez dijagnostikovanih neuroloških oboljenja. Istraživanje je odobreno od strane Etičkog komiteta Kliničkog centra Banjaluka. Materijal je sakupljan u Zavodu za patologiju Kliničkog centra Banjaluka. Uobičajenom obdukcijom tehnikom, mozgovi su vađeni iz kranijalne duplje, 24-48 časova nakon smrti. Iz moždane mase su se izdvajala moždana stabla i potom bila potapana u 10% rastvor formalina, zbog fiksacije, u trajanju 30 dana. Nakon fiksacije, preparati srednjih mozgova su kalupljeni u parafinu. Zbog lokalizacije magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*, uzet je isječak debljine 3 mm u visini sredine gornjih kvržica srednjeg mozga. Od uzetog isječka prema kaudalno su pravljeni semiserijski rezovi (1,5,10...50), debljine 4 μm, koji su bojeni Mallory metodom. Prvi rez nije analiziran, kako bi se isključila mogućnost analize parvocelularnog dijela *nucleus ruber-a*. Referentni prostor u svim slučajevima je bio magnocelularni dio *nucleus ruber-a*, a proučavane faze neuroni i krvni sudovi.

Fotografije objekata istraživanja su slikane pomoću kamere "Leica" DFC 310 FX (*Leica Microsystems CMS GmbH, Wetzlar, Germany*), TIFF formata, 24-bitne, rezolucije 1392 x 1040 piksela, pri povećanju 400x svjetlosnog mikroskopa "Leica" DM 6000B (*Leica Microsystems CMS GmbH, Wetzlar, Germany*).

Odabiranje uzoraka je vršeno sistematski-intermitentno tj. korišćeno je svako drugo

vidno polje [8], a veličina uzoraka, tj. potreban broj mjerenja za svako jedro i za svaki parametar određivan je prema formuli [9].

$$n = (200/y \times s/x)^2$$

n - broj polja koje treba analizirati,

x - aritmetička sredina orijentacijskog uzorka,

s - standardna devijacija orijentacijskog uzorka,

y - dopušteno odstupanje od rezultata aritmetičke sredine.

Za kvantitativnu analizu korišćen je softver ImageJ (verzija 1,49 a). Prije izvođenja analize urađena je spacijalna kalibracija pomoću objektnog mikrometra, a potom su određeni parametri testnog sistema A 100 na osnovu kojih je, uz pomoć opcije "grid" formiran mrežasti test sistem A 100. Parametri testnog sistema (vrijednosti za objektiv 40x) su: broj tačaka testnog sistema-Pt=100, dužina jedne linije testnog sistema- d=0,03084 mm, dužina testnih linija-Lt=6,169 mm, površina testnog područja-At=0,09517 mm².

$$Lt = P_t \times d \times 2$$

$$At = P_t \times d^2$$

Nakon postavljanja mrežice, slika je analizirana uz pomoć alatke za brojanje ćelija ("cell counter"). Za kvantitativnu analizu neurona korišćeni su sljedeći relativni stereološki parametri: volumenska gustina, površinska gustina i apsolutni broj neurona po vidnom polju, dok su u ispitivanju krvnih sudova korišćeni sljedeći stereološki parametri: volumenska gustina, površinska gustina i dužinska gustina. Za izračunavanje volumenske gustine (Vv), koja pokazuje koliki dio ukupnog prostora pripada proučavanoj fazi, korišćena je sljedeća formula:

$$Vv = Pf / Pt \text{ (mm}^0\text{)}$$

(Pf - broj pogodaka testnih tačaka koje padaju na proučavanu fazu;

Pt - ukupan broj tačaka unutar testnog sistema A 100) [9].

Drugi ispitivani parametar, površinska gustina (Sv), ukazuje kolika je veličina neke određene unutrašnje ili spoljašnje površine u jedinici zapremine. Određivana je na osnovu formule:

$$Sv = 2 \times If / Lt \text{ (mm}^{-1}\text{)}.$$

(If - broj presjeka ocrta ispitivane faze sa testnim linijama;

Lt - ukupna dužina testnih linija) [8].

Dužinska gustina (Lv) je relativna stereološka veličina koja obavještava o dužini određene krive u jedinici zapremine. Njena vrijednost je određivana prema formuli:

$$Lv = 2 \times Qf / At \text{ (mm}^{-2}\text{)}$$

(Qf - broj probodišta ispitivane strukture na testnom arealu;

At - površina testnog polja) [8].

Apsolutni broj neurona (N) po vidnom polju je određivan prostim brojanjem.

Statistička analiza dobijenih rezultata je urađena pomoću softvera SPSS (SPSS Inc, Chicago, USA), verzija 16,0. Osim metoda deskriptivne statistike (aritmetička sredina i standardna devijacija), korišćen je Pearson-ov koeficijent korelacije pomoću koga je proučavano postojanje promjena određivanih relativnih stereoloških parametara sa starenjem. Statistička značajnost je ispitivana za nivo značajnosti razlike od 5 %.

Rezultati

Analizirano je 10 srednjih mozgova odraslih lica oba pola (4 žene i 6 muškaraca), starosti od 24 do 82 godine života (prosječna starost 48,42 godine) koji su umrli bez dijagnostikovanih neuroloških oboljenja. Metodom slučajnog izbora analizirani su uzorci dva ispitanika starosti 55 godina, ali različitog pola.

U Tabeli 1 su prikazane pojedinačne vrijednosti ispitivanih stereoloških parametara. Prosječna vrijednost volumenske gustine (Vv) neurona magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a iznosi $0,018 \pm 0,007 \text{ mm}^0$. Prosječna vrijednost površinske gustine (Sv) neurona magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a je $3,56 \pm 1,11 \text{ mm}^{-1}$, a prosječna vrijednost apsolutnog broja neurona (N) magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a po vidnom polju iznosi $35,39 \pm 9,85$ (Tabela 2).

Analizirana je vaskularna mreža magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a koja se odnosi na krvne sudove raspoređene između neurona, a krvni sudovi okoline jedra nisu analizirani. Prosječna vrijednost volumenske gustine (Vv) vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a iznosi $0,014 \pm 0,005 \text{ mm}^0$. Prosječna vrijednost površinske gustine (Sv) vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a

Tabela 1. Pojedinačne vrijednosti parametara kvantitativne analize neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*

Starost, godine	Pol	Volumenska gustina (Vv) neurona, mm ⁰	Površinska gustina (Sv) neurona, mm ⁻¹	Apsolutni broj neurona po vidnom polju	Volumenska gustina (Vv) krvnih sudova, mm ⁰	Površinska gustina (Sv) krvnih sudova, mm ⁻¹	Dužinska gustina (Lv) krvnih sudova, mm ⁻²
75	M	0,0247	4,5388	48,6848	0,0122	3,9012	77,4053
68	M	0,0218	3,6635	32,5733	0,0172	3,5662	81,6083
43	M	0,0133	3,1772	31,8728	0,0122	4,0741	93,1666
55	M	0,0153	3,0043	30,6469	0,0158	5,1764	95,9686
34	M	0,0258	5,2413	42,0301	0,0213	6,4408	127,1409
24	M	0,0117	2,6044	32,0479	0,0100	3,2636	77,7556
82	Ž	0,0077	2,1830	24,1673	0,0075	2,3667	55,6898
78	Ž	0,0130	2,4423	25,5683	0,0097	3,4149	58,4918
67	Ž	0,0148	3,5446	31,8728	0,0090	4,0633	66,8978
55	Ž	0,0278	5,2413	54,4639	0,0205	5,6195	174,0745

Tabela 2. Prosječne vrijednosti parametara kvantitativne analize neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*

	Vv, mm ⁰	N	Lv, mm ⁻²
Neuroni	0,0176 ± 0,0068	3,564 ± 1,112	35,3928 ± 9,8511
Vaskularna mreža	0,0135 ± 0,0048	4,188 ± 1,218	

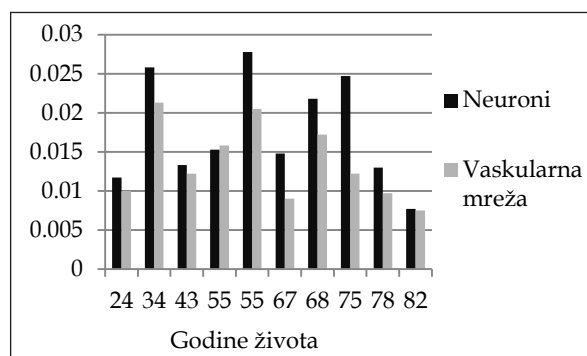
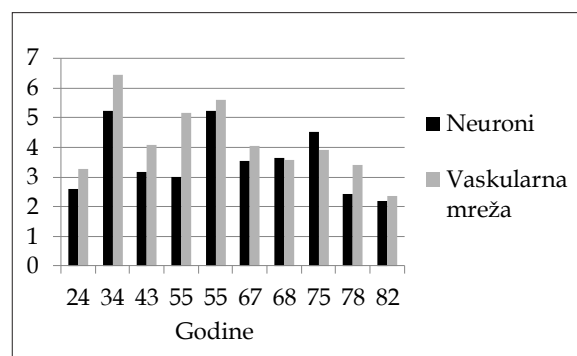
je $4,188 \pm 1,218 \text{ mm}^{-1}$, a prosječna vrijednost dužinske gustine (Lv) vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* iznosi $90,82 \pm 35,85 \text{ mm}^{-2}$ (Tabela 2).

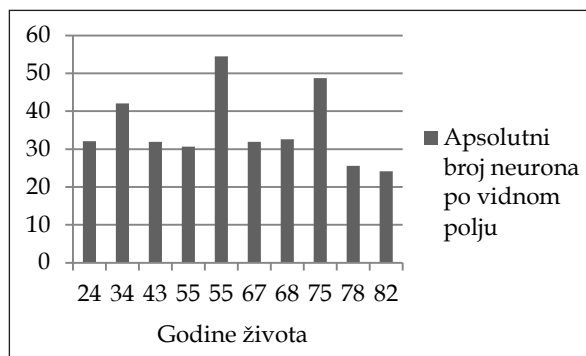
Na Grafikonu 1 su prikazane promjene pojedinačnih vrijednosti volumenske gustine (Vv) neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a*, u odnosu na godine života. Vrijednosti volumenske gustine (Vv) neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* su najviše kod

ispitanika dobi 34 i 55 godina, a najniže kod ispitanika starosti preko 78 godina.

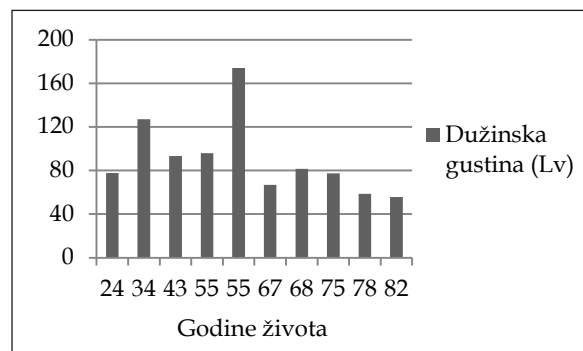
Grafikon 2 prikazuje promjenu pojedinačnih vrijednosti površinske gustine (Sv) neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* sa godinama života. Vrijednosti površinske gustine (Sv) neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* su najviše kod ispitanika dobi 34 i 55 godina, a najniže kod ispitanika starosti preko 78 godina.

Grafikon 3 prikazuje promjenu pojedini-

**Grafikon 1.** Promjena pojedinačnih vrijednosti volumenske gustine neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* sa godinama života**Grafikon 2.** Promjena pojedinačnih vrijednosti površinske gustine neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber-a* sa godinama života



Grafikon 3. Promjena pojedinačnih vrijednosti apsolutnog broja neurona po vidnom polju (N) magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a sa godinama života



Grafikon 4. Promjena pojedinačnih vrijednosti dužinske gustine (Lv) krvnih sudova magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a sa godinama života

načnih vrijednosti apsolutnog broja neurona po vidnom polju (N) magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a sa godinama života. Vrijednost apsolutnog broja neurona po vidnom polju je najviša kod ispitanika starog 55 godina, a u dobi iznad 78 godina vrijednosti apsolutnog broja neurona se smanjuju.

Grafikon 4 prikazuje promjenu pojedinačnih vrijednosti dužinske gustine (Lv) krvnih sudova magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a sa godinama života. Vrijednosti apsolutnog broja neurona po vidnom polju, kao i vrijednosti krvnih sudova magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a su najveće u dobi od 34 i 55 godina, a najniže kod ispitanika iznad 78 godina.

Za sve ispitivane relativne stereološke parametre neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a Pearson-ov koeficijent je pokazao da se smanjuju sa godinama života, ali da smanjenje ne dostiže

statističku značajnost. Intenzitet veze ovih varijabli je bio slab za sve ispitivane parametre ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Diskusija

Rezultate ovog istraživanja smo poredili sa vrijednostima kvantitativnih parametara neurona i vaskularne mreže *substantiae nigrae*, s obzirom da *substantia nigra* takođe pripada ekstrapiramidnom motornom sistemu. Vršili smo poređenje i analizu uticaja starenja na parametre kvantitativne analize magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a i *substantiae nigrae*. Iako treći moždani živac nije u direktnoj funkcionalnoj vezi sa navedenim strukturama, zbog bliskog topografskog smještaja u istoj transverzalnoj ravni, rezultate istraživanja smo poredili i sa vrijednostima kvantitativnih parametara neurona i vaskularne mreže *nucleus nervi oculomotorii*.

Prosječna vrijednost volumenske gustine neurona *substantiae nigrae* iznosi $0,023 \text{ mm}^0$, a površinske gustine $3,337 \text{ mm}^{-1}$ [10]. Za neurone *nucleus nervi oculomotorii* vrijednost volumenske gustine je iznosila $0,058 \text{ mm}^0$, a površinske gustine $10,167 \text{ mm}^{-1}$ [11]. Može se uočiti da su prosječne vrijednosti volumenske i površinske gustine neurona *substantiae nigrae* i neurona magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a približno istih dimenzija, dok su neuroni *nucleus nervi oculomotorii* mnogo većih dimenzija.

Istraživanjem se uočava da je apsolutni broj neurona po vidnom polju *nucleus nervi oculomotorii* ($N=103,305$), gotovo tri puta veći u odnosu na apsolutni broj neurona magnocelu-

Tabela 3. Korelacija između godina života i ispitivanih parametara kvantitativne analize neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a

	r*	p
Volumenska gustina neurona (Vv)	-0,123	0,735
Površinska gustina neurona (Sv)	-0,222	0,537
Apsolutni broj neurona po vidnom polju	-0,194	0,591
Volumenska gustina vaskularne mreže (Vv)	-0,377	0,283
Površinska gustina vaskularne mreže (Sv)	-0,466	0,175
Dužinska gustina vaskularne mreže (Lv)	-0,438	0,206

* Pearson-ov koeficijent korelacije

larnog dijela *nucleus ruber*-a [11]. Ova razlika u broju neurona se može objasniti ispitivanjima Bartona [12] kojima se potvrđuje mnogo veća preciznost pri izvođenju pokreta koje kontrolirše *nucleus nervi oculomotorii principalis*, u odnosu na magnocelularni dio *nucleus ruber*-a.

Prosječna vrijednost volumenske gustine vaskularne mreže *nucleus nervi oculomotorii* je $0,031\text{mm}^0$ [13], a *substantiae nigrae* je $0,058116\text{mm}^0$ [10]. Prosječna vrijednost površinske gustine vaskularne mreže *nucleus nervi oculomotorii* $8,351\text{mm}^{-1}$ [13], a *substantiae nigrae* je $7,853\text{mm}^{-1}$ [10]. Na osnovu prosječnih vrijednosti volumenske gustine i površinske gustine vaskularne mreže, može se uočiti da su krvni sudovi *nucleus nervi oculomotorii* i *substantiae nigrae* gušće raspoređeni i većih dimenzija u odnosu na ispitivanu vaskularnu mrežu magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a.

Prosječne vrijednosti dužinske gustine vaskularne mreže *nucleus nervi oculomotorii* ($L_v=359,8020\text{mm}^{-2}$) [13], ukazuju na to da su krvni sudovi *nucleus nervi oculomotorii* više izvijugani u odnosu na krvne sudove magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a. Na ovaj način se može objasniti veća mogućnost okluzije krvnih sudova okulomotorijalnog jedra u odnosu na magnocelularni dio *nucleus ruber*-a.

Ma i sar. [14] su ispitivali broj neurona u crnoj supstanci na nivou osnovne trećeg živca kod 67 „kontrolnih subjekata“ (starosti od 11 do 97 godina) i zabilježili su gubitak od 35% neurona do 90. godine. Ispitivani kvantitativni parametri neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a se smanjuju sa godinama života, ali smanjenje ne dostiže statističku značajnost. Kvantitativna mjerenja *substantiae nigrae* pokazuju smanjenje vrijednosti svih kvantitativnih parametara neurona i porast svih kvantitativnih mjerenja vaskularne mreže sa starenjem [10]. Pretpostavljamo da je riječ o kompenzatornom porastu krvnih sudova koji se uočava u *substantii nigri*, ali ne i u magnocelularnom dijelu *nucleus ruber*-a bez obzira na njihovu funkciju.

Zaključak

Ispitivani parametri kvantitativne analize neurona i vaskularne mreže magnocelularnog dijela *nucleus ruber*-a se smanjuju sa godinama života, ali to smanjenje nije statistički značajno.

Autori izjavljuju da nemaju sukob interesa.
The authors declare no conflicts of interest.

Literatura

- Đorđević Z. Funkcionalna anatomija nervnog sistema. Drugo izdanje. Niš: Zvonimir V. Đorđević; 1997. p. 139-2.
- Platzer W. Priručni anatomski atlas. Deseto izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2011. p. 136-1.
- Marinković S, Milisavljević M, Antunović V. Arterije mozga i kičmene moždine. Beograd: Bit inženjering; 2001. p. 95-9.
- Duvernoy HM. Human brain stem vessels. 2nd ed. New York: Springer; 2003. p. 53-7.
- Gong NJ, Wong CS, Chan CC, Leung LM, Chu YC. Aging in deep gray matter and white matter revealed by diffusional kurtosis imaging. *Neurobiol Aging* 2014;35(10):2203-16.
- Gruber P, Gould JD. The red nucleus: past, present and future. *Neuroanatomy* 2010;9:1-3.
- Zaki M. Histological structure of midbrain red nucleus in albin rats at different ages. *Neuroanatomy* 2009;8:7-14.
- Gudović R, Matavulj M, Stefanović N, Lozanov-Crvenković Z. Osnovi stereologije. *Folia Anatomica* 1994;21722(2):1-25.
- Kališnik M. Temelji stereologije. *Acta Stereologica* 1985;4 (1):1-148.
- Macanović G. Morfometrijska analiza *substantiae nigrae* čovjeka. Magistarska teza. Univerzitet u Banjaluci, 2012.
- Sladojević I, Krivokuća Z, Bućma T, Gajanin V. Stereološka analiza nervnih ćelija ekstraokularnih motornih jedara. *Scr Med* 2010;41(1):9-13.
- Barton JJS. Neuroophthalmology III: Eye movements. In: Joynt R, Griggs R, editors. *Baker's Clinical Neurology on CD-ROM*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2002.
- Sladojević I, Krivokuća Z, Bućma T, Gajanin V. Kvantitativna analiza vaskularne mreže jedara okulogirnih živaca. *Med Pregl* 2011;64(3-4):143-7.
- Ma SY, Rinne JO, Collan Y, Roytta M, Rinne U.K. A quantitative morphometrical study of neuron degeneration in the substantia nigra in Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 1996;140:40-5.

Quantitative analysis of magnocellular part of the red nucleus

Vesna Gajanin, Zdenka Krivokuća, Igor Sladojević, Tatjana Bućma, Mirka Šarović Vukajlović

Medical Faculty, University of Banja Luka, Banja Luka, the Republic of Srpska, Bosnia and Hercegovina

Introduction. The red nucleus is located centrally in mesencephalic reticular formation, and extends from caudal end of superior colliculus up to ventral thalamus. It is supplied by branches of P1 and P2 segment of posterior cerebral artery, posterior communicant artery and anterior choroidal artery. Aims of the research were to quantify neurons and blood vessels of the magnocellular part of the red nucleus and to investigate age-related changes of quantitative parameters.

Methods. Ten adult midbrains of both genders were fixed in a 10% formalin solution and casted in paraffin. Because of position of magnocellular part of the red nucleus, we cut midbrains in the middle of superior colliculus and, going caudally, made 4 μm thick semiserial sections (1,5,10...50) and stained them with Mallory method. Under digital camera we photographed intermittently every second visual field under 400X magnification and analyzed images with ImageJ software under A100 test system. Statistical analysis was performed using SPSS software with 5% level of significance.

Results. Average values of quantitative parameters of neurons were: volume density 0.018 mm^0 , surface density 3.564 mm^{-1} and absolute number per visual field 35.393. Average volume density of vascular network was 0.013 mm^0 , surface density 4.188 mm^{-1} and longitudinal density 90.820 m^{-2} . There was no correlation between age and quantitative parameters of neurons and vascular network.

Conclusion. Analyzed quantitative parameters of neurons and vascular network of the magnocellular part of the red nucleus decrease with age, but the decrease is not statistically significant.

Keywords: red nucleus, neurons, blood stream