

ВАСКУЛАРИЗАЦИЈА КАПСУЛЕ ИНТЕРНЕ И БАЗАЛНИХ ЈЕДАРА

Здравко ВИТОШЕВИЋ¹, Мила ЋЕТКОВИЋ², Биљана ВИТОШЕВИЋ³, Дарко ЈОВИЋ⁴,
Наташа РАЈКОВИЋ⁴, Милан МИЛИСАВЉЕВИЋ⁵

¹Институт за анатомију, Медицински факултет, Косовска Митровица; ²Институт за хистологију и ембриологију, Медицински факултет, Београд; ³Факултет за физичку културу, Лепосавић;

⁴Клиника за специјалне хируршке болести, Клинички центар, Бања Лука;

⁵Институт за анатомију, Медицински факултет, Београд

КРАТАК САДРЖАЈ

Capsula interna и *nuclei basales* су васкуларизовани перфорантним гранама које се одвајају од: *a. cerebri anterior* (ACA), Хојбнерове (*Heubner*) артерије, *a. cerebri media* (ACM), *a. carotis interna* (ACI) и *a. choroidea anterior* (AChA). Дорзални и средишњи делови предњег крака, колена и задњег крака капсуле интерне васкуларизовани су перфораторима ACM. Вентрални део предњег крака капсуле интерне добија судове из ACA и Хојбнерове артерије, док вентрални део колена и задњег крака капсуле интерне снабдевају перфоратори ACI и AChA. Ретролентиформни и сублентиформни делови капсуле интерне васкуларизовани су перфораторима пореклом из AChA. *Nucleus caudatus* је васкуларизован перфорантним гранама ACA, ACM и AChA. Највећи део путамена васкуларизују перфоратори ACM, а мањи део границе из ACA и AChA. Латерални сегмент *globus pallidus* снабдевају перфорантне гране ACM и делимично из Хојбнерове артерије, а његов медијални сегмент ACI и AChA.

Кључне речи: перфорантне гране, мождане артерије, подручје васкуларизације

УВОД

Перфорантне артерије које васкуларизују централни део хемисфере великог мозга су специфичне гране можданих артерија. *Capsula interna* и *nuclei basales* су васкуларизовани перфорантним гранама које се одвајају од: *a. cerebri anterior* (ACA), Хојбнерове (*Heubner*) артерије, *a. cerebri media* (ACM), *a. carotis interna* (ACI) и *a. choroidea anterior* (AChA) [1-6]. Подаци у литератури се углавном односе на анатомске одлике перфорантних грана, док су налази њихових подручја васкуларизације оскудни и често опречни [1, 6-9]. Тумачења неуролошких дефицита који прате лакунарне инфаркте директно зависе од познавања подручја васкуларизације можданих перфоратора [7, 10-13]. То је и главни разлог зашто смо се одлучили за проучавање перфорантних судова, грана можданих артерија, који учествују у васкуларизацији капсуле интерне и базалних једара.

ЦИЉ РАДА

Циљ наше студије је био да се проуче микроанатомске одлике перфорантних грана можданих артерија укључених у васкуларизацију капсуле интерне и базалних једара, њихово порекло, број и калибри, као и да се прецизно означи њихово подручје васкуларизације.

МЕТОД РАДА

Микроанатомска студија одлика перфорантних грана можданих артерија укључених у васкуларизацију капсуле интерне и базалних једара обављена је на 22 хемисфере великог мозга код 11 особа (пет му-

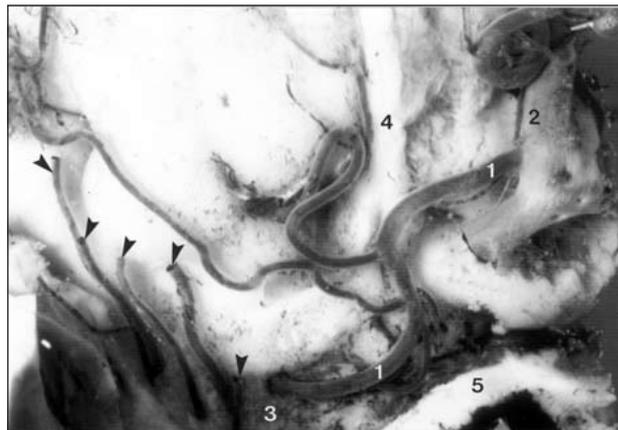
шкараца и шест жена) старости од 42 до 74 године. Осам хемисфера је искоришћено за добијање корозивних одливака можданих артерија. У артерије је убризган метилметакрилат, а по његовој полимеризацији корозија је вршена у 40-процентном раствору калијум-хидроксида. На свим осталим хемисферама (14) постављани су пластични катетери у каротидне артерије кроз које је артеријски систем перфундован десетопроцентним раствором формалина. Под стереомикроскопом подвезивано је стабло ACM дистално од најлатералније перфорантне гране, као и стабло ACA дистално од места настанка Хојбнерове артерије. Перфорантне гране ACM, ACA, AChA и ACI, једне или више артерија, селективно су убризгане смесом раствореног десетопроцентног желатина и туша разних боја. По очвршћавању желатина сва микроанатомска проучавања екстрацеребралних делова перфоратора обављена су уз коришћење стереомикроскопа, њихови мерени параметри су уписани у схеме, а препарати фотографисани. Убризгани мозгови су затим фиксирани у десетопроцентном раствору формалина. Два месеца касније прављени су серијски пресеци хемисфера у фронталној и трансверзалној равни. Снимљене дигиталне фотографије свих пресека послужиле су за анализу подручја на којима је вршено убризгавање.

РЕЗУЛТАТИ

Перфорантне гране ACA (*aa. centrales anteromediales*) су постојале на свим хемисферама. Предмет нашег интересовања били су велики (типични) перфоратори (*aa. striatae mediales proximales*) за разлику од малих оптичких и хипоталамичких грана. Мерећи растојање од тачке, завршне рачве ACI најчешће су полазиле од почетних 5,9 mm сегмента A1 (поготово

највеће). Било их је од један до пет (у просеку 2,2), а биле су пречника између $80 \mu\text{m}$ и $710 \mu\text{m}$ (просечно $295 \mu\text{m}$). Њихов број се смањивао у случајевима изражене Хојбнерове артерије, перфорантних грана АСМ или хипоплазије сегмента А1 АСА.

Хојбнерова артерија (*a. striata medialis distalis s. a. recurrens*) најчешће се одвајала од АСА, дистално или у нивоу *a. communicans anterior*, као једно стабло (72,5%), удвојена (23%) или трострука (4,5%) (Слике 1 и 2). Почетни сегмент артерије, усмерен уназад и упоље, обично је уз сам сегмент А1, док је дистални сегмент, усмерен упоље, изнад сегмента А1 АСА. Преч-



СЛИКА 1. Хојбнерова артерија (1) која полази од десног дисталног сегмента АСА (2). Уочите перфорантне гране (стрелице) десне АСМ (одсечена). *Substantia perforata anterior* (3), *tractus olfactorius* (4), *chiasma opticum* (5). Поглед одоздо.

FIGURE 1. Heubner's artery (1) arising from the right distal segment of ACA (2). Note perforating branches (arrows) of the right MCA (cut off). Anterior perforated substance (3), olfactory tract (4), optic chiasm (5). Ventral view.



СЛИКА 2. Екстрацеребрални и интрацеребрални сегменти перфорантних артерија. Две Хојбнерове артерије (1) и перфорантна грана (2) полазе од десног проксималног сегмента АСА (3). Перфорантне гране (стрелице) десне АСМ (4). Поглед спреда. Корозивни препарат.

FIGURE 2. Extracerebral and intracerebral segments of perforating arteries. Two Heubner's arteries (1) and perforating branch (2) arising from the right proximal segment of ACA (3). Perforating branches (arrows) of the right MCA (4). Rostral view. Plastic vascular cast.

ник Хојбнерове артерије по њеном одвајању био је од $190 \mu\text{m}$ до $1600 \mu\text{m}$ (у просеку $750 \mu\text{m}$), а њена дужина до тачке пенетрације између 11mm и 36mm (просечно $22,4 \text{mm}$).

Перфорантне гране АСМ (*aa. centrales anterolaterales s. aa. lenticulostriatas*) најчешће су се одвајале од главног стабла сегмента М1 (90,7%), као и од бочних лептоменингних (кортексних) грана (62,6%). Било их је од две до 13 (у просеку 8,1), а пречник је био од $80 \mu\text{m}$ до $1300 \mu\text{m}$ (просечно $520 \mu\text{m}$). Перфоратори су најчешће полазили као засебни судови, али и као заједничка стабла (70,8%). Могу се сврстати у две групе: медијалну и латералну (или проксималну и дисталну). Перфорантне гране АСМ су понирале кроз *substantia perforata anterior* латерално од перфорантних грана АСА, а антеролатерално од перфоратора АС1 и АС4 (Слике 1, 2, 3 и 4).

Перфорантне гране АС1 одвајају се најчешће у близини места настанка АС4 (35,4%), а ређе од тачке терминалне бифуркације АС1 (10,4%). Постојало је од једне до пет (просечно три) артерија по хемисфери, пречника између $70 \mu\text{m}$ и $500 \mu\text{m}$ (просечно $236 \mu\text{m}$). Понирале су у možдано ткиво непосредно упоље од предњег дела оптичког тракта (Слика 3).

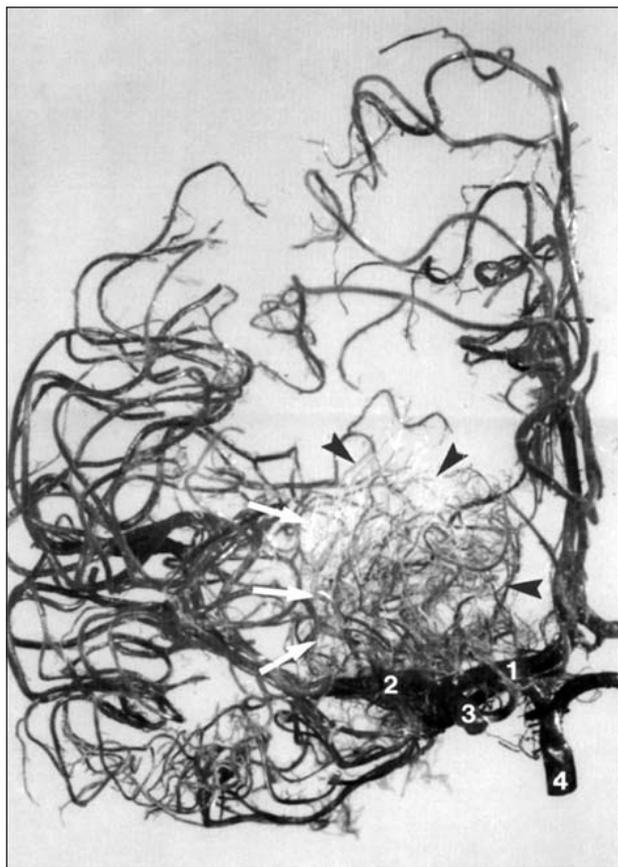
АС4 је у свим случајевима давала перфорантне гране које су полазиле од њеног цистерналног сегмента. Било их је од две до девет (у просеку 4,5), пречника од $90 \mu\text{m}$ до $600 \mu\text{m}$ (просечно $325 \mu\text{m}$). Могу се сврстати у две групе: проксималну и дисталну (Слика 3).

Дорзални део предњег крака, колена и задњег крака капсуле интерне најчешће васкуларизују латералне перфорантне гране АСМ. Средишњи део предњег крака снабдевају медијални перфоратори АСМ, док његов вентрални део исхрањују перфоратори пореклом из АСА и Хојбнерова артерија. Средишњи део колена капсуле интерне снабдевају медијални перфоратори АСМ, док његов вентрални део углавном исхрањују перфоратори пореклом из АС1 и проксималног дела АС4. Средишњи део задњег крака васкуларизују медијални перфоратори АСМ, као и прок-



СЛИКА 3. Поглед одоздо на леву АСМ (1), од које полазе перфорантне гране (стрелице). А. *carotis interna* (2) и њена перфорантна грана (3). АС4 (4) са перфорантном граном (5). *Tractus opticus* (6), *substantia perforata anterior* (7).

FIGURE 3. Ventral view of the left MCA (1) which gives rise to perforating branches (arrows). Internal carotid artery (2) and its perforating branch (3). AChA (4) with its perforating branch (5). Optic tract (6), anterior perforated substance (7).



СЛИКА 4. Лептоменинге и перфорантне гране (стрелице) десне АСА (1) и АСМ (2). *A. carotis interna* (3), *a. basilaris* (4). Поглед спреда. Корозивни препарат.

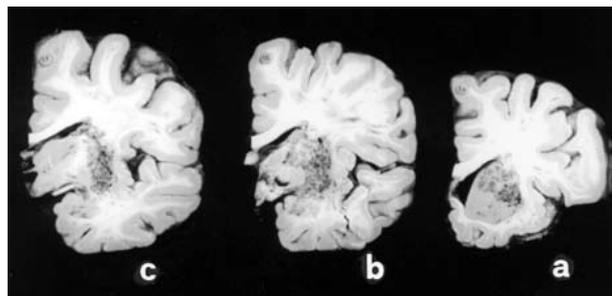
FIGURE 4. Leptomeningeal and perforating branches (arrows) of the right ACA (1) and MCA (2). Internal carotid artery (3), basilar artery (4). Rostral view. Plastic vascular cast.

симални перфоратори *AChA* каудално, док његов венрални део исхрањују пефоратори пореклом из *AChA*. Ретролентиформни и сублентиформни делови капсуле интерне васкуларизовани су дисталним перфорантним гранама *AChA*.

Nucleus caudatus добија перфорантне гране из АСА и Хојбнерове артерије (ростровентрални део главе), из АСМ (већи део главе и тела), из дисталног дела *AChA* (реп), као и гране из *a. choroidea posterior lateralis* (дорзални део). Највећи део путамена васкуларизују латерални перфоратори из АСМ, а мање делове из АСА (ростровентрални део) и *AChA* (каудални део). Латерални сегмент *globus pallidus* снабдевају медијалне перфорантне гране АСМ и делимично Хојбнерова артерија и АСА, а његов медијални сегмент АСИ и *AChA* (Слике 5 и 6).

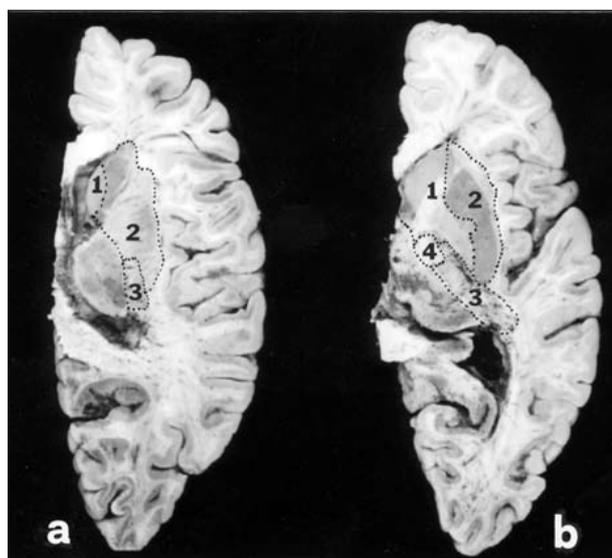
ДИСКУСИЈА

Наведене васкуларне територије нису сталне и непроменљиве. Бројност и развијеност перфоратора једне кранијалне артерије смањује учесталост и васкуларну зону суседних судова. У реципрочном односу су латералне перфорантне гране АСМ и гране Хојбнерове артерије и *AChA*, као и медијалне перфорантне гране АСМ и гране АСА, АСИ и *AChA* [6, 15, 16]. Резултати наше студије о васкуларизацији кап-



СЛИКА 5. Коронарни пресеци леве хемисфере кроз *rostrum corporis callosi* (a), *foramen interventriculare* (b) и *corpus mammillare* (c). Перфорантне гране АСМ су селективно убризгане смесом десетопрцентног црног туша и желатина.

FIGURE 5. Coronal sections of the left hemisphere through the rostrum of corpus callosum (a), through interventricular foramen (b), and through mammillary body (c). Perforating branches of MCA are selectively injected with the 10% mixture of black India ink and gelatin.



СЛИКА 6. Хоризонтални (аксијални) пресеци леве хемисфере кроз дорзални део (a) и венрални део (b) *genu corporis callosi*. Подручја васкуларизације перфорантних грана (селективно убризгане смесом десетопрцентног туша и желатина разних боја) АСА (1), АСМ (2), *AChA* (3) и АСИ (4) означена су тачкастом линијом.

FIGURE 6. Horizontal (axial) sections of the left hemisphere through dorsal part (a), and the ventral part (b) of the genu of corpus callosum. Supplying regions of the perforating branches (selectively injected with the 10% mixture of India ink and gelatin of various colors) of ACA (1), MCA (2), *AChA* (3), and AChI (4) are marked by dotted line.

суле интерне и базалних једара су у сагласности са приказима других аутора [1, 3, 6-9, 14]. Постоје, међутим, неслагања око васкуларизације капсуле екстерне и клауструма. Устаљено је мишљење да ове структуре нису васкуларизоване перфорантним гранама АСМ [1, 6-9]. Само један аутор сматра да капсула екстерна и клауструм у целини добијају перфораторе из АСМ [3]. Наши налази указују на то да перфоратори АСМ често васкуларизују венралне делове капсуле екстерне и клауструма. Како је наше проучавање васкуларних зона прецизно обављено на серијским пресецима селективно убризганих хемисфера, сматрамо да су и резултати поуздани.

Атероми стабла мождане артерије могу да сузе и почетни отвор једне или више перфорантних артерија које полазе на том месту. Перфоратори се често одвајају у близини или од самог места рачвања мождане ар-

терије, где се обично развијају анеуризме. У том случају анеуризме могу да компримују или развуку оближњи перфоратор. Липохијалиноза и фибриноидна некроза, углавном изазване артеријском хипертензијом, могу да делују на два начина. Прво, могу да ослабе зид перфорантне артерије и доведу до микроанеуризме чија руптура води у интрацеребралну хеморагију и разарање највећег дела капсуле интерне и базалних једара. Друго, могу да доведу до оклузије перфорантне гране и последичне исхемије у централом пределу хемисфере. Како су анастомозе ових судова изузетно ретке, оклузија мањих перфоратора, или гране већег, ствара лакунарни инфаркт до 15 *mm* у пречнику. Међутим, оклузија већег перфоратора увек производи широку зону исхемије која обухвата и капсулу интерну и базална једра. У случајевима када такав перфоратор даје и лептоменингну грану могуће је постојање и дубоког и кортексног инфаркта.

ЗАКЉУЧАК

Из наведених података о микроанатомским одликама перфорантних грана може се закључити да сваки део базалних једара васкуларизују артерије из два или више извора, а један исти перфоратор може да васкуларизује две формације или више формација. Резултат овог закључка је да оклузија једне групе перфорантних грана не мора да доведе до манифестних знакова лезије, али може да створи лакунарни инфаркт који обухвата и базална једра и капсулу интерну. Као последица лезије неостријатума и његових кортексних и супкортексних веза могу се развити различити поремећаји: слабост мишића, моторна успореност, хемихореја, дисфазија, као и поремећаји пажње и меморије [7, 10, 11, 17, 18]. Оштећење кортиконуклеусног и влакана кортикоспиналног пута може да доведе до слабости мимичних мишића, дизартрије и чисте моторне хемипарезе или хемиплегије [10, 13]. Атаксија се може развити и као последица лезије фронтотонтинских влакана [18].

ЛИТЕРАТУРА

- Gillilan LA. The arterial and venous blood supplies to the fore-brain (including the internal capsule) of primates. *Neurology* 1968; 18:653-70.
- Lang J, Brunner FX. Über die Rami centrales der Aa. cerebri anterior und media. *Gegenbaurs Morph Jahrb* 1978; 124:364-74.
- Kaplan HA. The lateral perforating branches of the anterior and middle cerebral arteries. *J Neurosurg* 1965; 23:305-10.
- Marinković SV, Kovačević M, Marinković JM. Perforating branches of the middle cerebral artery. Microsurgical anatomy of their extracerebral segments. *J Neurosurg* 1985a; 63:266-71.
- Marinković SV, Milisavljević MM, Kovačević MS, Stević ZD. Perforating branches of the middle cerebral artery. Microanatomy and clinical significance of their intracerebral segments. *Stroke* 1985b; 6:1022-9.
- Rosner SS, Rhoton AL, Ono M, Barry M. Microsurgical anatomy of the anterior perforating arteries. *J Neurosurg* 1984; 61:468-85.
- Berman SA, Hayman AL, Hinck VC. Correlation of CT cerebral extracerebral territories with function: 3. middle cerebral artery. *Am J Neuroradiol* 1984; 142:1035-40.
- Ghika J, Bogousslavsky J, Regli F. Deep perforators from the carotid system. Template of the vascular territories. *Arch Neurol* 1990; 47:1097-100.
- Wolfram-Gabel R, Maillot CI. La vascularisation arterielle du noyau lenticulaire. *J Neuroradiol* 1995; 22:1-11.
- Fisher CM. Lacunar strokes and infarcts: a review. *Neurology* 1982; 32:871-6.
- Kase CS, Mulsby GO, de Juan O, et al. Hemichorea-emiballism and lacunar infarction in the basal ganglia. *Neurology* 1981; 31:452-5.
- Mohr JP. Progress in cerebrovascular disease. Lacunes. *Stroke* 1982; 13:3-10.
- Rascol A, Clanet M, Manelfe C, et al. Pure motor hemiplegia: CT study of 30 cases. *Stroke* 1982; 13:11-7.
- Salamon G. Atlas of the arteries of the human brain. Paris: Sandoz; 1973. p.22-79.
- Yasargil MG. *Microneurosurgery*. Vol. I. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1984. p.72-91.
- Marinković S, Gibo H, Milisavljević M, Četković M. Anatomic and clinical correlations of the lenticulostriate arteries. *Clinical Anatomy* 2001; 14:190-5.
- Naeser MA, Alexander MP, Helm-Estabrooks N, et al. Aphasia with predominantly subcortical lesion sites. Description of three capsular/putaminal aphasia syndromes. *Arch Neurol* 1982; 39:2-14.
- Rosa A, Mizon JP. Hemiparesie crurale avec ataxie ipsilaterale. *Rev Neurol* 1984; 140:515-6.

BLOOD SUPPLY OF THE INTERNAL CAPSULE AND BASAL NUCLEI

Zdravko VITOŠEVIĆ¹, Mila ČETKOVIĆ², Biljana VITOŠEVIĆ³, Darko JOVIĆ⁴, Nataša RAJKOVIĆ⁴, Milan MILISAVLJEVIĆ⁵¹Institute of Anatomy, School of Medicine, Kosovska Mitrovica; ²Institute of Histology and Embryology, School of Medicine, Belgrade; ³Academy of Sport, Leposavić; ⁴Clinic for Special Surgical Diseases, Clinical Centre, Banja Luka; ⁵Institute of Anatomy, School of Medicine, Belgrade

ABSTRACT

The internal capsule and basal nuclei are supplied by perforating branches of the anterior cerebral artery (ACA), Heubner's artery, middle cerebral artery (MCA), internal carotid artery (ICA) and anterior choroidal artery (AChA). Some of the mentioned perforators vascularize both the internal capsule and basal nuclei, while some of them also perfuse the adjacent brain structures. Dorsal part of the anterior limb, knee and posterior limb of the internal capsule are commonly supplied by lateral MCA perforators. The intermediate part of the anterior limb is perfused by medial MCA perforators, while its ventral part is nourished by ACA perforators and Heubner's artery. The intermediate part of the knee is supplied by medial MCA perforators, while its ventral part is mostly vascularized by ICA and proximal AChA perforators. The intermediate part of the posterior limb is perfused by medial MCA perforators anteriorly and the proximal AChA perforators posteriorly. The ventral part is supplied by AChA perforators. The retrolenticular and sublenticular portions of the internal capsule are mainly nourished by distal AChA perforators. The caudate nucleus is supplied by perforators of the ACA, MCA and AChA, as well as by branches of the lateral posterior choroidal artery. Most of the putamen is vascularized by MCA perforators, and smaller parts by ACA and AChA perforators. The lateral segment of the globus pallidus is perfused by MCA perforators and partially by Heubner's artery and ACA, while its medial segment is supplied by ICA and AChA perforators. The ACA perforators, that most often originate from the initial 5.9 mm of the A1 segment, range in

number from 1 to 5 (mean, 2.2) and in diameter between 80 μ m and 710 μ m (average, 295 μ m). Heubner's artery, which most often arises close to the anterior communicating artery, can be singular (72.5%), double (23%) or triple (4.5%). It varies in diameter from 190 μ m to 1,600 μ m (average, 750 μ m) and in length between 11 mm and 36 mm (mean, 22.4 mm). The MCA perforators, that most frequently originate from M1 segment (90.7%) and leptomeningeal branches (62.6%), range in number between 2 and 13 (mean, 8.1) and in diameter from 80 μ m to 1,300 μ m (mean, 520 μ m). Many perforators arise as individual vessels, and some of them with common trunks (70.8%). Medial and lateral group of these perforators can be distinguished. The ICA perforators, which more often arise close to the AChA originating site (35.4%) than from the ICA bifurcation point (10.4%), vary in number from 1 to 5 (average, 3) and in diameter between 70 μ m and 500 μ m (mean, 236 μ m). The AChA perforators that originate from its cisternal segment, range in number from 2 to 9 (mean, 4.5) and in diameter from 90 μ m to 600 μ m (mean, 325 μ m).

Key words: perforating arteries, cerebral arteries, supplying region

Zdravko VITOŠEVIĆ
Institut za anatomiju
Medicinski fakultet
Kosovska Mitrovica
Tel: 028 424 006