

Brahiocefālo artēriju anatomija

Jānis Šavlovskis,

radiologs diagnost, LU Rezidentūras attīstības programma, P. Stradiņa KUS Diagnostiskās radioloģijas institūts

Lekcija par šo tēmu nolasīta LĀB reģionālajā starpdisciplinārajā konferencē Valmierā 2016. gada 15. oktobrī.

Īsumā

Anatomiju reti uzskata par atraktīvu lietu. Parasti jaunam ārstam atmiņās par anatomiju paliek negatīvais: kalšana, ar kolokvijiem un eksāmeniem saistīts stress un bieži vien arī neizpratne – kam šādi sīkumi ir vajadzīgi? Tomēr, nonākot rezidentūrā vai sākot patstāvīgi darboties, daudzi no mums nonāk pie secinājuma, ka anatomija nebija bezjēdzīga un daudz no tās tomēr noder. Galvenais anatomijas princips ir *repetitio mater studiorum est*. Šī eseja ir īss atgādinājums visiem praktizējošiem ārstiem par kakla un galvas asinsvadu anatomiju ar akcentu uz klīniskiem aspektiem un medicīniskās attēldiagnostikas aspektiem.

No kā viss sākas? Kad runa ir par kakla un galvas asinsvadiem – protams, no aortas loka. Parasti no tā atzarojas trīs maģistrālās artērijas – *truncus brachiocephalicus*, *a. carotis communis sin.* un *a. subclavia sin.* Tomēr tas nav absolūts likums (kā praktiski jebkurš apgalvojums anatomijā). Līdz 20% gadījumu *tr. brachiocephalicus* saplūst kopā ar *a. carotis communis*, veidojot kopīgu stumbru. Šādu aortas loka variantu sauc par *arcus bovinum* jeb vērsa loku. Tiesa gan, ir jāteic, ka ar īstā vērsa aortas loka anatomiju šim variantam ir maz līdzīga un termins tiek lietots tradīcijas dēļ. Retāk sastopams loka variants ir kreisās vertebrālās artērijas atzarošanās pa taisni no aortas loka vai arī aberantā *a. subclavia dxt.*, kad minētā zematslēgās artērija atzarojas no descendējošās aortas un iet pāri viduslinijai retrotraheāli un retroezofageāli. Tiesa, arī šīs aortas loka konfigurācijas reti rada sūdzības un ir uzskatāmas par normā-

lās anatomijas variantiem (skat. 1. attēlu).

Maģistrālās brahiocefālās artērijas (kopējās un iekšējās miegarterijas, vertebrālās artērijas) jauniem cilvēkiem vecumā līdz 30 gadiem parasti ir ar taisnu vertikālu gaitu. Līdz ar vecumu asinsvadu sienāža zaudē elastību un artērijas pakāpeniski pagarinās, savukārt kakla skriemeļi un starpskriemeļu diski pakāpeniski deģenerējas un nosēžas. Rezultātā vecumā virs 60 gadiem lielai daļai cilvēku kakla maģistrālās artērijas ir ar izteikti izlocītu gaitu, ar vienu vai vairāku asinsvadu cilpām un asa leņķa pārliekumiem. Atsevišķos gadījumos šādi pārliekumi un cilpas var radīt lūmena stenozes un pat disekcijas, tomēr tas ir retums, un absolūtā vairākumā tās ir gadījuma atrades bez klīniskām izpausmēm (skat. 2. attēlu).

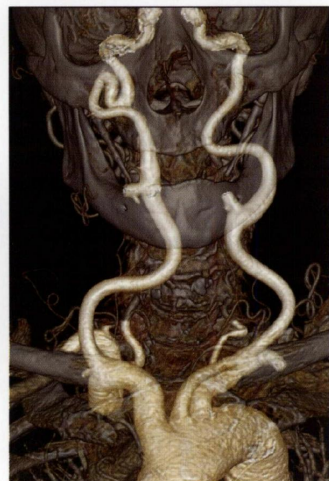
Kopējā miegarterija parasti ir bez sānu zariem, un līmenī, kur kaklā palpē pulsu, tā sadalās gala zaros – ārējā un iekšējā miegarterijā. Ārējā miegarterija ir ar mazāku

diametru nekā iekšējā un apasiņo visas galvas struktūras, izņemot pašu galveno – galvas smadzenes. Arī šīs apgalvojums nav absolūta patiesība, jo, pastāvot dažiem nosacījumiem (parasti tas ir iekšējās miegarterijas proksimāls sašaurinājums vai oklūzija), vairāki *a. carotis externa* zari, anastomozējot ar *a. carotis int.*, piedalās arī galvas smadzeņu apasiņošanā. Anatomijas kursā parasti min anastomozi starp *a. facialis* un *a. ophthalmica* zariem acs mediālā kaktiņa līmenī, taču tā nav vienīgā. Piemēram, *a. occipitalis* mēdz anastomozēt ar *a. vertebralis*, bet *a. maxillaris* – pa taisni vai cauri bungu dobuma sienai – ar *a. carotis int.* intrakraniālo segmentu. Ja ir lēni progresējošas aterosklerotiskas pārmaiņas, kad vairākas maģistrālās smadzeņu apasiņojošās artērijas pakāpeniski aizaug ciet, šīs kolaterāles paplašinās un uztur nepieciešamo asins cirkulāciju galvas smadzenēs, izglābjot cilvēku no insulta.

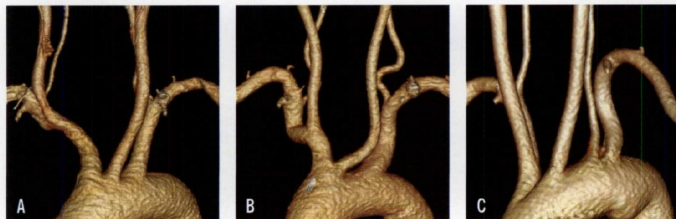
Neiroloģijā un klīniskajā neuroanatomijā smadzeņu artērijas ir pieņemts iedalīt divos

Elongētas un pārlocītas kakla maģistrālās artērijas cilvēkiem pēc 60 gadiem nav patoloģija *per se*

2. attēls



1. attēls | Datortomogrāfijas rekonstrukcijas, kas demonstrē biežāk sastopamus aortas loka variantus



A Normālās anatomijas variants (70–80%)

B *Arcus bovinum* ar kopīgu *a. carotis communis dxt., sin.* un *a. subclavia dxt.* stumbru (10–20%)

C *A. vertebralis sin.* atzarošanās taisni no aortas loka starp *a. carotis communis sin.* un *a. subclavia sin.* (≈5%)

baseinos – priekšējā un mugurējā jeb vertebrobazilārā. Ar priekšējo cirkulāciju izprot artērijas, kas atzarojas no *a. carotis int.*, bet ar vertebrobazilāro – tās, kas atzarojas no *a. vertebralis*.

Priekšējās cirkulācijas asinsvadi

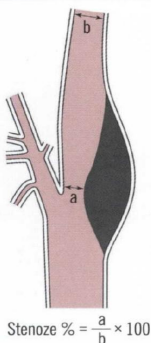
A. carotis communis bifurkācijā ar pārēju uz *a. carotis int.* sākumdaļu atrodas lokāls paplašinājums – *sinus* vai *bulbus carotis*. Tā sienāji atrodas baroreceptori, kas uztver un izvērtē asinsvada sienas elastīgo deformāciju sirds cikla laikā. Viens no skaidrojumiem, kāpēc ir vajadzīgs šāds paplašinājums, ir tieši baroreceptoru klātbūtne. Iespējams, ka to precīzai darbībai asinsvada sienai ir jābūt elastīgākai, nekā tas ir nepieciešams citur, kas arī nosaka artērijas lokālu dilatāciju. *Sinus carotis* diametrs parasti ir ap 30% lielāks nekā lūmens pārējā iekšējās miegarterijas daļā, un tas nosaka nepārtrauktus asins plūsmas turbulenci sinusa visas dzīves laikā. Turbulenta asins plūsma nekad nav laba pazīme, jo tā ir saistīta ar plūsmas radītu *tunica intima* alterācijas risku. Tāpēc *bulbus carotis* ir tā vieta organismā, kur aterosklerotiskās pangas jeb plātnītes veidošanās risks ir viens no augstākajiem. Aterosklerotiskās pangas iekšējā miegarterijā mēdz atrasties arī distālāk par sinusu, taču parasti ar iekšējās miegarterijas stenozi izprot stenozi tieši *bulbus carotis* apvidū.

Lai cik tas būtu apbrīnojami, **miegarteriju stenozes noteikšanas** metodēs joprojām nav panākts konsenss, lai gan uz stenozes pakāpi ir balstīti visi ārstēšanas algoritmi! Ir tikai viens pareizs variants, kā būtu jāmēra šis sašaurinājums datortomogrāfijas un magnētiskās rezonanses izmeklējumos: minimālais asins plūsmas lūmena diametrs ir procentuāli jāattiecina uz neizmainīto iekšējās miegarterijas lūmena diametru **distālāk par *bulbus carotis*** (skat. 3. attēlu). Vēl precīzāk miegarterijas stenoze būtu nosakāma, diametru vietā izmantojot lūmena šķērsgrizuma laukuma redukciju procentos.

Ejot uz augšu, iekšējās miegarterijas sasniedz galvaskausa pamatni un ieiet *canalis carotis*. Līdz ar to beidzas ekstrakraniālais un sākas intrakraniālais *a. carotis int.* segments. Abi šie segmenti ir aptuveni vienādi pēc garuma, bet pirmās parasti ir taisns vai gandrīz taisns, savukārt otrais ir ar vairākiem pagriezieniem perpendikulārājos plaknēs. Īpatnējās formas dēļ intrakraniālo

iekšējās miegarterijas stenozes kalkulācija, izmantojot NASCET (*North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial*) metodi

3. attēls



a. carotis int. segmentu mēdz saukt par sifonu. Kopsummā dažu centimetru garā posmā intrakraniālais iekšējās miegarterijas segments ir ar četriem 90° un vienu 180° pagriezienu. Šie izlocījumi ir stingri fiksēti pie galvaskausa ar cieto smadzeņu apvalku un sirdsdarbības laikā praktiski nekustas. Dabā nav nekā bezjēdzīga; ir izskaidrojums arī šādai īpatnībai (tiesa, tas ir mans personisks viedoklis). Hidrauliskajam vilnim atsītoties pret fiksētām asinsvadu sienām, pakāpeniski mainās asinsplūsmas hemodinamika. Ja artērijas sākumā asins plūsma ir ar augstu un spīcu plūsmas pātrināšanos sistoles laikā, tad tās beigās asins plūsmas svārstību amplitūda samazinās un tuvojas viļņveida spektram (skat. 4. attēlu). Šāds *izlīdzināts* asins plūsmas veids ir vitāli svarīgs normālai smadzeņu darbībai, jo smadzeņu artērijas ir izteikti izločītas un mobilas. Trieciņveida sistoliskās asins plūsmas gadījumā šādas artērijas raustītos līdzīgi, kā tas notiek ar izločītu šļūteni, pa kuru palaiž ūdeni, spīestos smadzeņu vielā un traucētu normālu centrālās nervu sistēmas (CNS) darbību.

Lielākie *a. carotis int.* sānu zari ir *a. ophthalmica* un *a. communicans post.*, taču pastāv arī vairāki sīkie zari, kas apasiņo bungu dobuma struktūras (*aa. carotico-tympanici*), hipofīzi (meningo-hipofizālais stumbrs) un arī smadzeņu sānu vēdera pinumu (*a. choroidea anterior*). Šie sīkie zari parasti nav saskatāmi neinvazīvajos radioloģiskajos izmeklējumos – datortomogrāfijas un magnētiskās rezonanses angiogrāfijas – taču paplašinās, iesaistoties dažādos

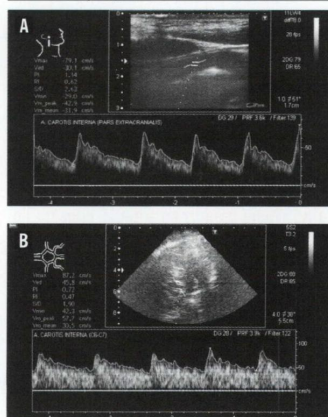
patoloģiskajos procesos (arteriovenozās durālās fistulas, arteriovenozās malformācijas) un kompensējošos procesos (anastomozes starp ārējo un iekšējo miegarteriju).

Beidzot – *a. carotis int.* sazarojas uz diviem gala zariem – priekšējo un vidējo smadzeņu artēriju.

Labā un kreisā priekšējā smadzeņu artērija (*a. cerebri anterior* jeb ACA) iet cieši blakus viena otrai starp smadzeņu puslode apakšējā lielajam smadzeņu saiklim (*corpus callosum*) un apasiņo pieres un paura daivas smadzeņu garozu mediālā un daļēji superolaterālā virsmā. Artēriju iedalā trijos segmentos. Par A1 segmentu uzskata artērijas posmu līdz priekšējai savienotājartērijai (*a. communicans anterior*); A2 segments ir līdz vietai, kur artērija pārliecās pāri *genu corporis callosi*, bet A3 – segments distālāk par A2 (skat. 5. attēlu). A2 un A3 segmentus klīnikā bieži sauc par *a. pericallosa*. Viena no biežākajām patoloģijām, kas skar smadzeņu artērijas, ir maisveida aneirismas. Tās veidojas artēriju sazarojuma vietās un rada nopietnus plūsuma draudus. Lokalizējot intrakraniālās aneirismas, parasti atsaucas uz sānu zaru, kura pamatnē tā atrodas. Tā aneirismu, kas iziet no *a. communicans anterior* atzarošanās vietas, dēvē par *a. communicans anterior* aneirismu jeb ACoA aneirismu, bet aneirismu, kas atrodas lielākā A2 sānu zara pamatnē (*a. callosa-marginalis*) – par *a. pericallosa* aneirismu.

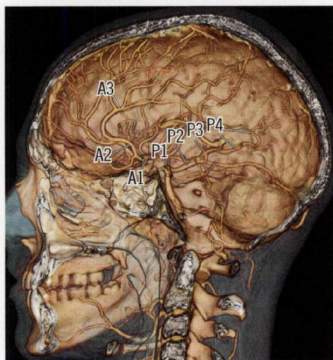
Duplekša US asins plūsmas pulsativitātes indeksa samazināšanās no 1,14 ekstrakraniālajā *a. carotis interna* segmentā (A) līdz 0,72 – terminālajā artērijas segmentā intrakraniāli (B)

4. attēls



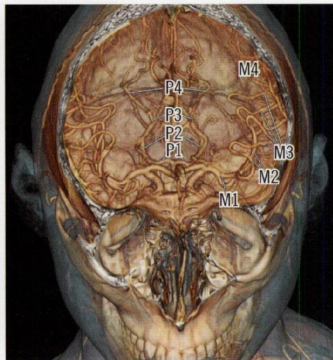
Datortomogrāfijas rekonstrukcijas parasagitālais griezumums, kas demonstrē smadzeņu priekšējās artērijas (A1–A3) un mugurējās artērijas segmentus (P1–P4)

5. attēls



Datortomogrāfijas rekonstrukcijas griezumums, kas demonstrē smadzeņu vidējās artērijas (M1–M4) un mugurējās artērijas segmentus (P1–P4)

6. attēls



Vidējā smadzeņu artērija (*a. cerebri media* jeb ACM) ir lielākā no smadzeņu artērijām. Embrioloģiski tā attīstās līdz ar smadzeņu sānu rievu, tāpēc tās sazaršanās, gaita un segmentu klasifikācija pamatojas uz šīs rievas morfoloģiju. Proksimālais M1 segments virzās laterāli smadzeņu sānu rievas dziļumā, pa ceļam atzarojas sānu zari uz smadzeņu bazāliem kodoliem (galvenokārt *nucleus lentiformis*). Pie smadzeņu saliņas (*insula*) artērija pagriežas par 90°. Te sākas artērijas M2 segments, kas iet paralēli saliņas rievām. Sasniedzot spraugu starp pieres un deniņu daivām (ar ko parasti arī izprot *sulcus lateralis*), M2 zari atkal pagriežas par 90° un pārvēršas par M3 zariem. Visbeidzot zari, kas iziet no *sulcus lateralis* uz pusložu superolaterālo virsmu, tiek uzskatīti par M4 zariem. Ar katru nākamā segmentāru iedalījumu *a. cerebri media* sazarojas arvien lielākā zaru skaitā. Rezultātā solitārs M1 zars sazarojas uz > 10 M4 zariem (skat. 6. attēlu).

A. cerebri media ir tiešs *a. carotis int.* turpinājums. Tāpēc emboli, kas ielido iekšējā miegarterijā, kā likums, nosprosto tieši *a. cerebri media*, nevis *a. cerebri anterior*. Tā kā vidējā smadzeņu artērija apasino lielāku precentrālās un postcentrālās rievas daļu (apzināto kustību un sajūtu centrus), kā arī motoro un sensoro runas centru dominējošajā puslodē, *a. cerebri media* oklūzija izpaužas ar klasiskiem insulta simptomiem – hemiparēzi, hemiagnoziju un afāziju. Loģiski, ka, jo mazāka izmēra ir embols, jo distālāk ACM teritorijā tas penetrē un at-

tiecīgi nosaka mazāku smadzeņu hipoperfūzijas tilpumu. Tāpēc M1 insults, kā likums, ir ar smagākām neiroloģiskām sekām nekā M3 vai M4 insults.

> 95% no maisveida aneirismām, kas iziet no *a. cerebri media* baseina asinsvadiem, atrodas M1 segmenta bifurkācijas rajonā. Citas lokalizācijas – piemēram, M1 proksimālā posma vai M2 segmentu – aneirismas ir relatīvi reta atrade.

Vertebrobasilārās sistēmas asinsvadi jeb mugurējā cirkulācija

Vertebrālās artērijas (*a. vertebralis*) ir pats pirmais *a. subclavia* sānu zars (ja vien nepastāv kāds no aortas loka anatomiskiem attīstības variantiem). Embrioloģiskas attīstības īpatnību dēļ labā un kreisā vertebrālā artērija reti kad ir vienāda diametra. Parasti viena artērija ir dominējoša, bet otrā – mazāka kalibra nereti ar hipoplastisku terminālu segmentu. Daudz retāk ir vērojama unilaterāla *a. vertebralis* hipoplāzija visā garumā. Šajā gadījumā artērijai visā garumā ir jābūt ar lūmena diametru < 2 mm. Vertebrālās artērijas hipoplāzija nav patoloģija, jo abas vertebrālās artērijas attīstās no kopīgā pinuma un intrakraniāli saplūst kopā, izveidojot nepāra bazilāro artēriju (*a. basilaris*). Šī savienojuma dēļ asinsspiediens abās vertebrālajās artērijās parasti ir izlīdzināts, pat ja viena vertebrālā artērija ir ar kritisku proksimālā segmenta stenozi vai pat oklūziju. Tas izskaidro to, ka unilaterāla vertebrālās artērijas stenoze reti kad ir simptomātis-

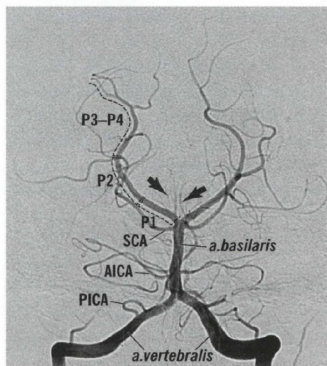
ka. Protams, situācija var būt citāda, ja ir sašaurināta dominējošā vertebrālā artērija un otrā ir ar izteiktu hipoplāziju.

Vertebrālās artērijas sākumdaļa atrodas starp plaušu parietālo pleiru un kakla muskuļiem. Šajā posmā artērija ir izteikti kustīga un mēdz veidot klīniski maznozīmīgas cilpas ar pārliekumiem, kas, līdzīgi cilpām kopējā un iekšējā miegarterijā, ir vairāk raksturīgas veciem cilvēkiem. Grozot galvu, artērijas iestiepjas un cilpas bieži vien iztaisnojas. C6 vai C5 skriemeļa līmenī artērija sasniedz kakla skriemeļu šķērszauzuma atveres un tālāk virzās kraniāli, izejot šīm atverēm cauri. C1 skriemeļa šķērsatveres atrodas ievērojami laterālāk nekā pārējiem skriemeļiem un vertebrālajām artērijām, līdz ar to ir jāmet cilpas, lai tās sasniegtu. Arī šai gaitas īpatnībai ir izskaidrojums: rotējot galvu, 1. kakla skriemelis griežas ap kārt 2. kakla skriemeļa zobam (*dens axis*). Līdzī sākuma kustībām pārvietojas arī vertebrālās artērijas, fiksētas skriemeļu šķērsatverēs. Kustības laikā attālums starp C1 un C2 šķērsatverēm nepārtraukti mainās, un minētās vertebrālo artēriju cilpas iztaisnojas, kompensējot šīs izmaiņas.

Beidzot vertebrālās artērijas pa spraugu starp 1. kakla skriemeļa mugurējo loku un pakauša kaulu ienāk intrakraniāli un apvienojas, izveidojot *a. basilaris*. Īsi pirms saplūšanas vertebrālās artērijas dod sānu zarus – labo un kreiso aizmugurējo apakšējo smadzeņu artēriju (*a. cerebellaris posterior inferior*). Klīnikā sarunvalodā ir iegājais saīsinājums, ko izrunā kā *paika*, kas savukārt ir akronīms no angļu PICA (*posterior inferior cerebellar artery*). Nākamās divas smadzeņu artērijas atzarojas no bazilārās artērijas. Arī tās ir ar gariem nosaukumiem – *a. cerebellaris anterior inferior* un *a. cerebellaris superior*, ko klīnikā saīšina līdz *aikai* (no angļu AICA – *anterior inferior cerebellar artery*) un SCA (*superior cerebellar artery*). Ir jāatceras, ka smadzeņu artērijas, pirms sasniedz smadzeņu garozu, apliecas apkārt smadzeņu stumbram, pa ceļam apasinojot arī to. Tieši šie sīkie stumbru apasinojošie zari smadzeņu artēriju proksimālu oklūziju gadījumos mēdz izraisīt smagākas neiroloģiskas sekas (skat. 7. attēlu).

A. basilaris pēc izveidošanās no labās un kreisās vertebrālās artērijas iegūlas smadzeņu stumbrā priekšpusē un iet kraniāli līdz vidussmadzeņu līmenim, kur sazarojas gala zarus – labajā un kreisajā mugurējā

7. attēls | Vertebrobazilārā baseina asinsvadi



Apakšējā mugurējā smadzeņu artērija (PICA) atzarojas no vertebrālajām artērijām, bet priekšējā mugurējā (AICA) un augšējā smadzeņu artērija (SCA) – no *a. basilaris*. P1–P4 ir mugurējās smadzeņu artērijas segmenti. Ar bultiņām ir parādīti saskatāmie stumbra perforējošie zari no *a. basilaris*.

smadzeņu artērijā (*a. cerebri posterior*). Pa ceļam no *a. basilaris* atzarojas neskaitāmi sīki sānu zari uz stumbru – tā sauktie perforējošie zari. Īpaši daudz šo perforējošo zaru ir tuvu *a. basilaris* bifurkācijai. Šī īpatnība nosaka neiroloģiskas klīniskas smagumu *a. basilaris* trombozes un trombembolijas gadījumā: *a. basilaris* lūmena oklūzijas gadījumā tiek bloķēta plūsma stumbra artērijās, alterējot ascendējošu un descendējošu stumbra traktu funkcijas (tetraplēģija), kraniālo nervu kodolu darbību (bulbārie simptomi, šķielēšana, anizokorija) un samaņu. Uz tā fona iespējamā lielo pusložu hipoperfūzija *a. cerebri post.* baseinā klīniski praktiski nemanīsties.

Mugurējās smadzeņu artērijas arī tiek iedalītas četros segmentos. P1 segments skaitās līdz *a. communicans post.* atzarošanās vietai; P2 segments atbilst artērijas posmam iekš *cisterna ambiens* – laterāli no smadzeņu stumbra, bet P3 un P4 segmenti sazarojas pusložu deniņu un pakauša daivās mediobazālajā virsmā. Sīkie sānu zari no P1 un P2 segmentiem apasiņo *thalamus* un sānu vēderiņa asinsvadu pīnumus (skat. 5. un 6. attēlu).

Smadzeņu apasiņošanas kompensējošās spējas

Smadzeņu apasiņošanas svarīgākais aspekts ir spēja dinamiski sadalīt asinsplūsmu. Bez minētajām anastomozēm starp

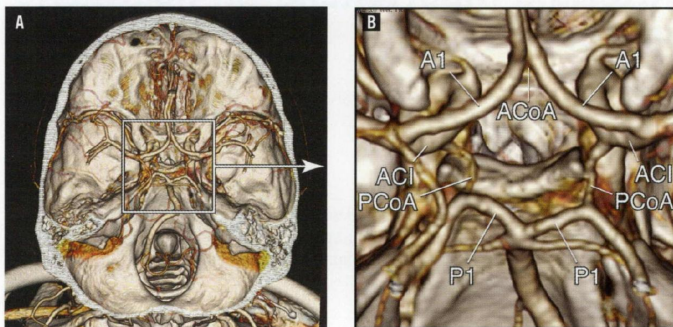
a. carotis ext. zariem un *a. carotis int./a. vertebralis* pastāv vēl divi mehānismi, kā tiek kompensēta smadzeņu asins apgāde dažāda līmeņa artēriju oklūziju gadījumos. Pirmais no šādiem mehānismiem ir Villizija loks (*circulus Willisii*), bet otrs – leptomeningeālās kolaterāles.

Villizija loku veido savienotājartērijas starp priekšējās un mugurējās smadzeņu cirkulācijas asinsvadiem (skat. 8. attēlu). *A. communicans anterior* savieno abas priekšējās smadzeņu artērijas, bet *a. communicans posterior* – *a. carotis int.* distālo daļu ar *a. cerebri posterior*. Rezultātā, ja ir brahiocefālo artēriju kritiska lūmena steno-

ze vai oklūzija proksimāli Villizija lokam, asinsplūsma caur savienotājartērijām tiek pārvirzīta no smadzeņu artērijām ar nemainītu spiedienu uz tām, kur spiediens ir krities. Tiesa, Villizija loka komponenti ir ar augstu anatomisku variabilitāti. Lielākai cilvēku daļai viena vai vairākas savienotājartērijas ir visai neliela diametra (hipoplāzija) vai arī to trūkst (aplāzija). Tāpēc kompensējošās spējas ir individuālas un grūti prognozējamas bez specifiskiem invazīviem testiem.

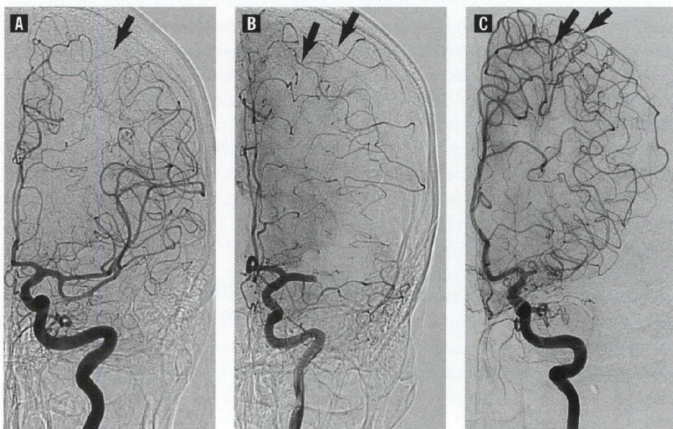
Otrais kompensējošais mehānisms tiek iedarbināts gadījumos, kad asinsplūsma tiek bloķēta distāli no Villizija loka. Tas ir

8. attēls | Datortomogrāfijas rekonstrukcija, kas demonstrē noslēgtā Villizija loka daļas



A. *communicans anterior* (ACoA), *a. cerebri anterior* proksimālie segmenti (A1), *a. carotis interna* (ACI), *a. communicans posterior* (PCoA) un *a. cerebri posterior* proksimālie segmenti (P1).

9. attēls | Digitālās subtrakcijas angiogrāfijas attēli, kas parāda leptomeningeālās kolaterāles (melnās bultas) starp *a. cerebri anterior* un *a. cerebri media*



A Normas gadījumā.
B Akūtas *a. cerebri media* oklūzijas gadījumā.
C Hroniskas *a. cerebri media* oklūzijas gadījumā.

leptomeningeālās kolaterāles jeb vairākas mikroanastomozes starp smadzeņu artēriju distālākiem segmentiem (piemēram, A3 un M4; M4 un P4; A3 un P4). Šīs anastomozes lokalizējas mīkstajā smadzeņu apvalkā (*leptomeninx*) vietās, kur pārklājas priekšējās, vidējās un mugurējās smadzeņu artērijas vaskulārās teritorijas. Gadījumos, kad pēkšņi aiziet ciet kādas smadzeņu artērijas proksimālais segments (piemēram, kardioembolijas dēļ), asinsspiediens un smadze-

ņu perfūzija distālāk par nosprūdušo embolu dramatiski krītas. Leptomeningeālās kolaterāles šajā scenārijā strādā kā mikrošunti, novirzot asins plūsmu spiediena gradienta virzienā, retrogrādi uzpildot skarto vaskulāru baseinu un mazinot hipoperfūziju (skat. 9. attēlu). Arī leptomeningeālu kolaterāļu kompensējošās spējas ir stingri individuālas. Tāpēc vienas un tās pašas smadzeņu artērijas oklūzijas gadījumos vienam cilvēkam var izveidoties lokāla ishēmija ar

minimāliem neiroloģiskiem simptomiem, bet otram – maligna teritoriāla ishēmija ar letālu iznākumu vai smagu neiroloģisku deficītu.

Uz leptomeningeālu kolaterāļu kompensējošām spējām balstās mūsdienu akūta insulta pacientu ārstēšana, kad, atjaunojot normālu asinsplūsmu okludētā smadzeņu artērijā dažu stundu laikā pēc insulta sākuma, var panākt pilnu vai gandrīz pilnu neiroloģisko simptomu izzušanu.