

## Moždane ovojnice i krvne žile, ependim i koroidni spletovi moždanih komora, cirkumventrikularni organi

Tri moždane ovojnice ovijaju, podupiru, zaštićuju i pregrađuju tkivo središnjeg živčanog sustava

Tri moždane ovojnice su: *dura mater*, *arachnoidea* i *pia mater*

Središnji živčani sustav ovijaju tri vezivne ovojnice: unutarnja, “nježna” ovojnica, *pia mater*, srednja, “paučinasta” ovojnica, *arachnoidea mater* i vanjska, čvrsta ili “tvrda” ovojnica, *dura mater* (sl. 20-1). Kako SŽS dijelimo u dva temeljna dijela (kralježničnu moždinu i encefalon), tako i ovojnice dijelimo u ovojnice kralježnične moždine (*pia mater spinalis*, *arachnoidea spinalis*, *dura mater spinalis*) i ovojnice mozga (*pia mater encephali*, *arachnoidea encephali*, *dura mater encephali*). Kako su *pia* i *arachnoidea* slične građe, sličnog razvojnog podrijetla i uz to su povezane brojnim vezivnim mostićima, često ih se opisuje kao jednu, “meku” ovojnicu – *leptomeninges*; onda se čvrsta *dura* opisuje kao “tvrda” ovojnica – *pachymeninges*. Te ovojnice moždano tkivo mehanički zaštićuju i ujedno oblikuju pregrade što odvajaju (i održavaju u određenom položaju) temeljne dijelove središnjeg živčanog sustava, a sudjeluju (sadržeći krvne žile i likvorske prostore) i u prehrani moždanog tkiva.

*Dura mater kralježnične moždine je jedinstvena ovojnica, a dura mater mozga ima dva lista*

*Dura mater* je čvrsta vezivna ovojnica, sastavljena od gusto isprepletenih snopova vezivnih vlakana, a ima i vlastite krvne žile i živce. *Dura* je na nekim mjestima čvrsto prirasla

uz okolne kosti, a na nekim mjestima je od kosti odvojena uskim pukotinastim prostorom (**epiduralni prostor**).

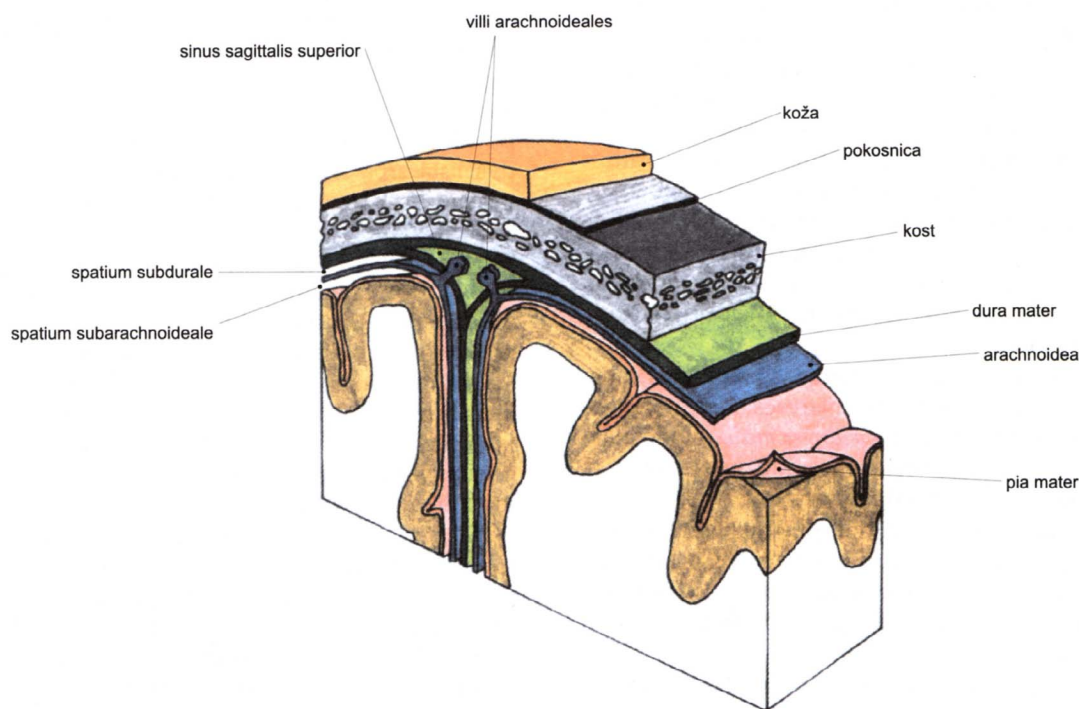
Nadalje, spinalna *dura* je jedinstvena ovojnica, što potpuno ovijava kralježničnu moždinu i odvajaju je od koštane stijenke vertebralnog kanala. No, moždana *dura* ima dva lista: unutarnji (meningealni) i vanjski (periostalni) list. Vanjski list zapravo je pokosnica (*periosteum*) unutarnje strane lubanjskih kostiju (kosti vertebralnog kanala imaju vlastitu pokosnicu, pa ja baš zbog toga spinalna *dura* jedinstvena ovojnica što u biti odgovara meningealnom listu moždane dure).

Spinalna *dura* seže od ruba velikog lubanjskog otvora (gdje je čvrsto prirasla uz kost) do razine drugog križnog kralješka (S2). Kralježnična moždina čunjasto završava već na razini L2 i odatle prema kaudalno sežu tek *filum terminale* i *cauda equina*; stoga kaudalni kraj spinalne dure oblikuje “lumbalnu duralnu vreću” ispunjenu cerebrospinalnom tekućinom.

Riječ je zapravo o slabinskoj subarahnoidnoj cisterni (*cisterna lumbalis*), a taj prostor je klinički značajan zbog toga što se u njega (pod lokalnom anestezijom) može kroz prostor između L4 i L5 ugurati duga injekcijska igla i tako (uz malu opasnost da se ozlijedi tkivo kralježnične moždine) uzeti uzorak cerebrospinalne tekućine za kliničke i laboratorijske pretrage. Riječ je o postupku **lumbalne punkcije**.

Produljci spinalne dure, poput rukava, ovijaju dorzalne i ventralne korjenove i spinalne ganglije, sve do mjesta na kojem se korjenovi spoje u spinalni živac (*nervus spinalis*). Završni, kaudalni dio spinalne dure (što okružuje završno vlakno, *filum terminale*) je trtični ligament (*ligamentum coccygeum*).

Moždana *dura* također u potpunosti obavija mozak, no na



**Slika 20-1.** Tri moždane ovojnice su *dura mater*, *arachnoidea mater* i *pia mater*. Za pojedinosti vidi tekst. Nacrtno, uz izmjene, prema Hickey (1986).

bazi lubanje ima otvore kroz koje prolaze krvne žile i živci. Nadalje, njezin vanjski (periostalni) list obiluje žilama i živcima i zapravo oblikuje pokosnicu lubanjskih kostiju. Unutarnji (meningealni) list je tanak i sastavljen od gustog veziva. Vanjski list je u gornjem dijelu lubanje uz kost čvrsto prirastao jedino u području koštanih šavova (*suturae*) i gornjeg sagitalnog žlijeba (*sulcus sagittalis superior*), dok u ostalim područjima lubanjskog svoda duru možemo odljuštiti od kosti. No, u djece je dura posve prirasla uz lubanjski svod. Nadalje, na bazi lubanje je dura posebno čvrsto prirasla uz kost, posebice u području "pijetlove ostruge" (*crista galli*), rešetaste ploče (*lamina cribrosa*), turskog sedla (*sella turcica*), prednjih i stražnjih klinoidnih nastavaka sfenoidne kosti, stražnjeg ruba malih krila sfenoidne kosti, gornjeg ruba piramida sljepoočnih kostiju te na rubovima velikog lubanjskog otvora i drugih otvora baze lubanje. Dura mater ima obilje vlastitih krvnih žila i živaca. Spinalnu duru prehranjuju spinalni ogranci segmentnih arterija (*a. vertebralis*, *a. cervicalis profunda*, *aa. intercostales*, *lumbales et sacrales*), a venska krv spinalne dure ulijeva se u unutarnji vertebralni splet (*plexus venosus vertebralis internus*). Moždanu duru prehranjuju tri meningealne arterije (prednja, srednja i stražnja), smještene između meningealnog i periostalnog lista dure. Najveća od tih arterija je *a. meningea media* (ogranak maksilarne arterije, što u lubanjsku šupljinu ulazi kroz *foramen spinosum*). Ogranci te arterije na unutarnjoj površini sljepoočne i tjemene kosti utiskuju plitke žljebove (*sulci arteriosi*). Prijelom ljuske sljepoočne kosti često razdere tu arteriju ili njezine ogranke, pa arterijska krv naglo istječe u prostor između dva lista dure – riječ je o pojavi epiduralnog krvarenja, a nakupljena količina krvi je **epiduralni hematom**. Epiduralni hematom pritišće moždano tkivo, pa time ugrožava život ozlijeđenika.

Prednja meningealna arterija (ogranak prednje etmoidne arterije) prehranjuje duru prednje lubanjske jame, a stražnja meningealna arterija (ogranak uzlazne ždrijelne arterije) prehranjuje duru stražnje lubanjske jame. Vene prate istoimene arterije, a također su smještene između dva lista dure. Najveća od njih je srednja meningealna vena (*v. meningea media*) što se ulijeva u vensko deblo smješteno u spinoznom otvoru; ta venska krv završi u pterigoidnom spletu.

Spinalnu duru inerviraju spinalni živci i autonomni simpatički aksoni, što zajedno oblikuju (za svaki spinalni živac) *ramus meningeus spinalis*. Taj ogranak spinalnog živca ulazi natrag u vertebralni kanal i inervira duru.

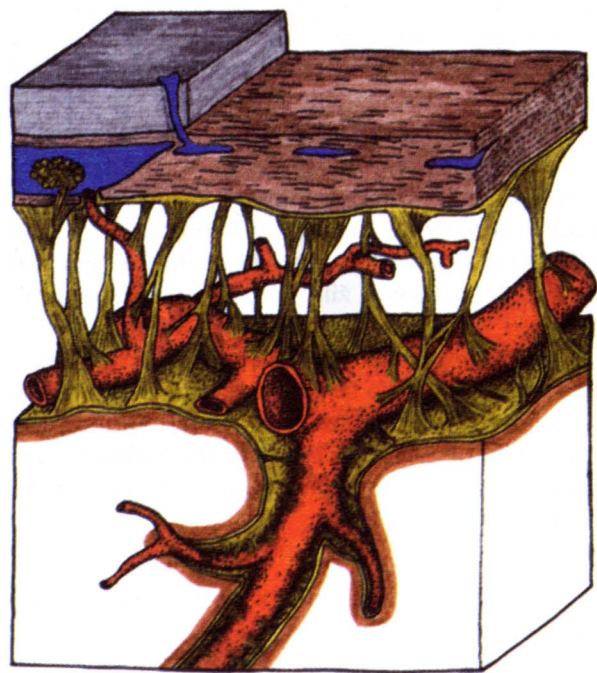
Moždanu duru inerviraju tri skupine živaca:

- 1) Prednji meningealni ogranci inerviraju duru prednje lubanjske jame, a riječ je o ograncima prednjeg etmoidnog živca.
- 2) Lateralni dio dure, u području srednje lubanjske jame, inerviraju ogranci polumjesečastog ganglija ili ogranci tri glavne grane V. moždanog živca.
- 3) Stražnji meningealni ogranci inerviraju duru stražnje lubanjske jame, a riječ je o ograncima V. moždanog živca, tj. njegove očne grane, *n. ophthalmicus*, te VII. (točnije: *n. petrosus maior*), X. i XII. moždanog živca.

*Podvostručenja (duplikature) unutarnjeg lista moždane dure oblikuju pregrade i omeđuju šupljine*

Unutarnji (meningealni) list moždane dure na nekim je mjestima podvostručen, a ta **podvostručenja (duplikature dure)** oblikuju pregrade između pojedinih dijelova mozga,

što tijekom različitih pokreta, ili u različitim položajima glave, omogućuju održavanje postojanog uzajamnog položaja pojedinih dijelova mozga. Takva podvostručenja moždane dure su: **moždani srp** (*falx cerebri*), **srp malog mozga** (*falx cerebelli*), **šatorasti pokrov malog mozga** (*tentorium cerebelli*), **"ošit" turskog sedla** (*diaphragma sellae*), te posebno podvostručenje, smješteno u području vrha piramide sljepoočne kosti, u kojem su meningealni listovi dure razdvojeni, pa nastaje **Meckelova šupljina** (*cavum trigeminale Meckeli*); u njoj je smješten polumjesečasti ganglij V. moždanog živca (*ganglion semilunare Gasseri*). *Falx cerebri* je sagitalno podvostručenje dure, smješteno u uzdužnoj moždanoj pukotini (*fissura longitudinalis cerebri*); dakle, ta sprasta pregrada (*falx* = srp) razdvaja lijevu i desnu moždanu polutku. Taj moždani srp sprijeđa je prirastao uz kost duž crte što spaja pijetlovu ostrugu (*crista galli*) i sljepi



**Slika 20-2.** Arahnoides i pija spojene su vezivnim mostićima, a između njih je subarahnoidni prostor u kojem su smještene krvne žile. Pija prati sve pregame moždane površine i prati krvne žile dok poniru u moždano tkivo – tako nastaje Virchow-Robinov prostor (*spatium leptomeningicum*). Prema Benninghoff i Goertler (1964), uz manje izmjene.

otvor (*foramen caecum*), a odatle seže unatrag sve do unutarnjeg ispupčenja zatiljne kosti (*protuberantia occipitalis interna*); tu je prirastao (u središnjoj crti) uz gornju površinu tentorija malog mozga. Na tom mjestu se dva lista srpa razdvoje, pa između njih i tentorija nastaje ravni venski sinus dure (*sinus rectus*). Gornji rub moždanog srpa razdvoji se u dva lista što su prirasli uz rubove gornjeg sagitalnog žlijeba, pa tako nastaje gornji sagitalni venski sinus dure (*sinus sagittalis superior*). Uz stražnji kraj gornjeg ruba moždanog srpa smješteno je stjecište gornje skupine sinusa dure (*confluens sinuum*). U donjem, slobodnom rubu moždanog srpa smješten je *sinus sagittalis inferior*. Prilikom mehaničkih ozljeda lubanje, nerijetko oštri rubovi moždanog srpa oštete susjednu cingularnu vijugu ili *corpus callosum*.

*Tentorium cerebelli* je poprečno podvostručenje moždane dure, što mali mozak odvaja od zatiljnog i sljepoočnog režnja

velikog mozga. Ta pregrada zapravo podijeli stražnju lubanjsku jamu u gornji dio (**cerebralni, supratentorijalni prostor**) i donji dio (**cerebelarni, infratentorijalni prostor**). Kako je gornja površina tentorija blago uzdignuta na mjestu hvatišta moždanog srpa, tentorij na poprečnom presjeku kroz mozak nalikuje krovu šatora (odatle mu i ime). Stražnji rub tentorija razdvoji se u dva lista što se vežu uz rubove poprečnog žlijeba zatiljne kosti (*sulcus sinus transversi*), pa tako nastaje poprečni venski sinus dure (*sinus transversus*). Na mjestu prijelaza poprečnog u sigmoidni sinus, rub tentorija priraste uz greben piramide desne i lijeve sljepoočne kosti. Sprijeda se tentorij razdvoji u dva kraka; prednji krak priraste uz prednji, a stražnji krak uz stražnji klinoidni nastavak. Tako između dva kraka tentorija nastaje trokutast prostor (interklinoidna pločica) kroz koji prolazi *nervus oculomotorius*. Ta pločica ujedno je gornja stijenka kavernoznog sinusa, a medijalno se nastavlja u podvostručenje dure (*diaphragma sellae*). Zijev tentorija (*hiatus tentorii*) je prostran otvor između slobodnog ruba, tj. usjeka tentorija (*incisura tentorii*) i gornjeg ruba turskog sedla (*dorsum sellae*). Zapravo, oštri i tvrdi rubovi **otvora tentorija** (*hiatus tentorii*) oblikuju **usjek tentorija** (*incisura tentorii*) što dodiruje moždano tkivo na razini moždanih krakova (*crura cerebri*), upravo na mjestu gdje te krakove zaobilazi stražnja moždana arterija. Pomak moždane mase uzrokovan tumorima, krvarenjem ili edemom mozga stoga često dovodi do pritiskanja moždanog debla, presijecanja moždanih krakova i prekida krvotoka kroz stražnju moždanu arteriju. Nadalje, parahipokampalna vijuga sljepoočnog režnja također dodiruje rub usjeka tentorija; stoga opisani pomaci moždane mase mogu uzrokovati uklještenje parahipokampalne vijuge u usjeku tentorija (**hernijacija mozga**). Povodom toga, valja istaknuti i odnos produljene moždine, velikog lubanjskog otvora i dijela malog mozga (*tonsillae cerebelli*). Kad se poveća intrakranijski tlak, npr. kod epiduralnog hematoma, tonzile malog mozga i produljena moždina “tonu” dublje u lubanjski otvor; to pojavu neurolozi često označuju kao **medularni čunj tlaka** (engl. medullary pressure cone). Krvne žile, što prehranjuju produljenu moždinu, prirasle su uz rubove lubanjskog otvora, pa se u ovom slučaju istežu “poput naramenica” i stoga se lako mogu zatvoriti (zamislite što se zbiva sa šupljinom gumene cijevi kad je jako rastežete). To onda dovodi do pojave infarkta u tkivu produljene moždine, a kako su u produljenoj moždini vitalni centri za disanje i cirkulaciju, bolesnik umire ako se ne obavi hitna neurokirurška operacija.

*Falx cerebelli* (srp malog mozga) je sagitalno podvostručenje dure, smješteno u središnjoj crti ispod tentorija i svojim stražnjim rubom priraslo uz unutarnji greben zatiljne kosti (*crista occipitalis interna*). Prednji rub tog podvostručenja je slobodan i konkavan, a smješten je u stražnjem usjeku malog mozga (*incisura cerebelli posterior*). Srp malog mozga šiljasto završi u području velikog lubanjskog otvora.

*Diaphragma sellae* je podvostručenje dure u području turskog sedla. Tu se vanjski i unutarnji list moždane dure razdvoje, pa nastaje šupljina u kojoj su smješteni lijevi i desni kavernozni sinus i hipofiza. Udubinu turskog sedla u kojoj je smještena hipofiza odozgora prekrije i zatvori meningealni list dure, što je razapet od prednjih klinoidnih nastavaka i kvržice turskog sedla (*tuberculum sellae*) do gornjeg stražnjeg ruba turskog sedla i stražnjih klinoidnih nastavaka. U sredini dijafragme je otvor kroz koji prolazi *infundibulum* (držak hipofize).

*Cavum trigeminale* (*Meckeli*) je trokutast prostor između dva lista podvostručenja dure, smješten u posebnoj udubini (*impressio trigemini*) vrha piramide sljepoočne kosti. U toj šupljini je polumjesečasti ganglij V. moždanog živca, a od njega prema naprijed odlaze tri glavne osjetne grane tog živca (ovijene zasebnim “rukavima” dure), dok prema nazad odlazi zajednički korijen V. živca (također ovijen zasebnim rukavom dure).

*Arachnoidea i pia mater su slične građe i razvojnog podrijetla, a spojene su nježnim vezivnim mostićima*

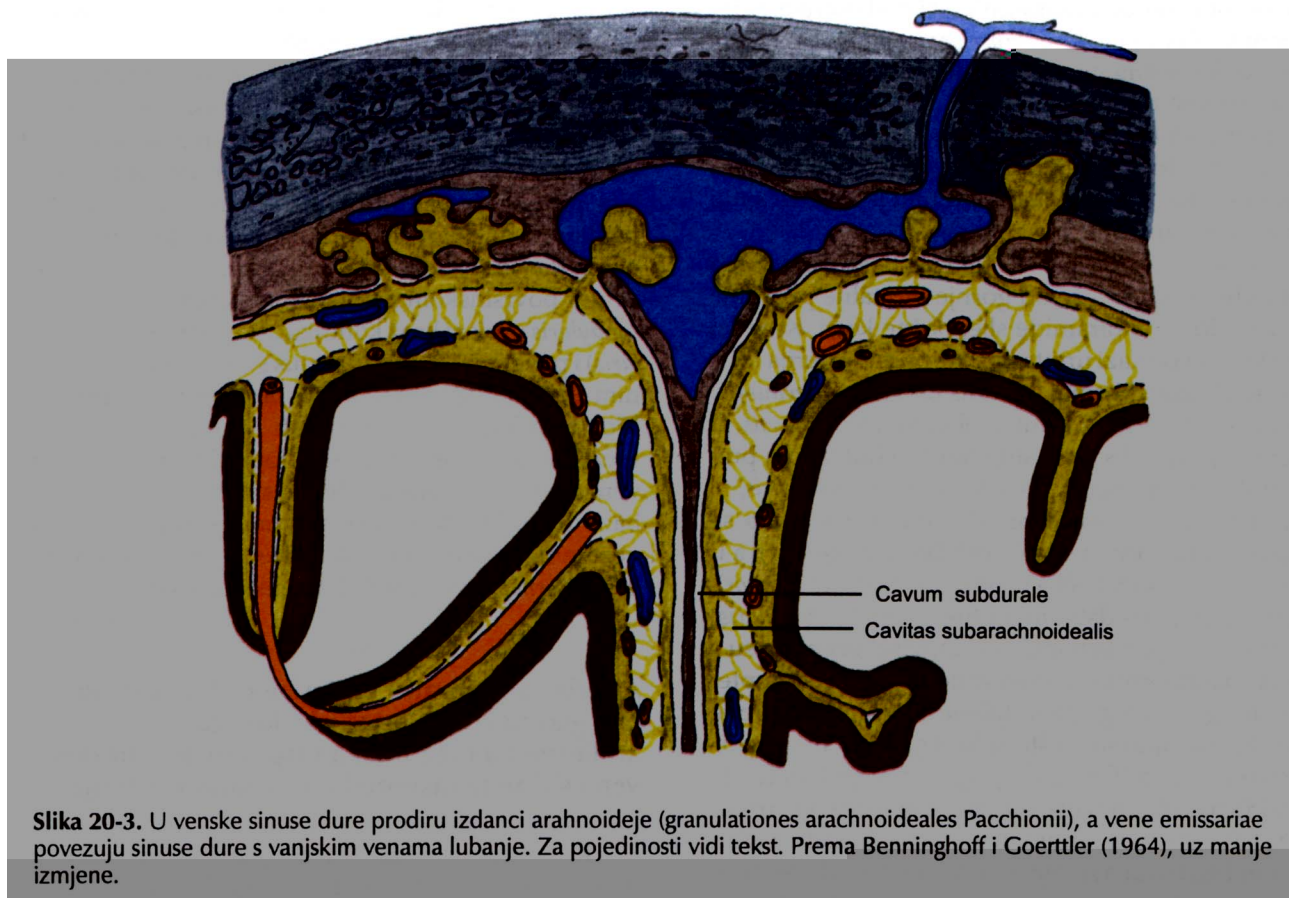
I arachnoideja i pija su tanke, nježne i elastične ovojnice, sličnog razvojnog podrijetla i međusobno spojene brojnim tračcima vezivnog tkiva (sl. 20-2). Prostor između tih tračaka (*cavum subarachnoideale*) ispunjen je subarahnoidnom tekućinom. Moždana pija i arachnoideja su mjestimično čak i srasle, no u području moždanih žljebova i pukotina se razilaze, jer pija ponire u sve žljebove i pukotine, prateći kortikalnu površinu uz koju je prirasla, dok ih arachnoideja premošćuje poput prebačene ponjave. U nekim područjima baze mozga i u području većih moždanih pukotina, pija i arachnoideja su jako razmaknute pa nastaju tzv. subarahnoidne cisterne (*cisternae subarachnoideales*). Moždinska pija i arachnoideja povezane su s mnogo manje vezivnih tračaka, pa se moždinska arachnoideja lakše uočava kao zasebna ovojnica.

Arachnoideja je tanka, elastična ovojnica sastavljena od kolagenih i elastičnih vlakana, a s obje strane je prekriva mezotel (sloj stanica nalik epitelu); arachnoideja nema niti vlastitih krvnih žila niti živaca.

Pija je nježna vezivno-elastična ovojnica, što zapravo ima dva podsloja: *pia intima* i epipijalno tkivo. *Pia intima* je unutarnji, membranski sloj pije, sastavljen od guste mreže finih retikularnih i elastičnih vlakana, a čvrsto je prirasla uz moždano tkivo. To je posebno izraženo u kralježničnoj moždini, gdje je *pia intima* sljubljena s površinskom glijalnom opnom (*membrana gliae superficialis*) sastavljenom od nastavaka dublje smještenih fibroznih astrocita. Pija je također čvrsto prirasla uz endim moždanih komora. U krovu III. komore, u donjem dijelu krova IV. komore, te na medijalnoj stijenci lateralnih moždanih komora, *pia intima* sraste s endimom i tako nastaje *tela choroidea*. **Tela** je područje u kojem je koroidni splet (*plexus choroideus*) pričvršćen uz stijenku moždanih komora. U krovu treće i četvrte komore, tela je trokutasta, a u lateralnim moždanim komorama je potkovasta, jer prati tijek koroidne pukotine (*fissura choroidea*). U poprečnoj moždanoj pukotini (*fissura cerebri transversa*), ispod splenijuma a iznad epifize, dva sloja pije neki udžbenici označuju kao *velum interpositum*. Između ta dva sloja pije su unutarje moždane vene (*v. cerebri internae*), te ogranci stražnje moždane arterije i arterija koroidnih spletova treće i četvrte moždane komore.

**Epipijalno tkivo** je rijetka mreža kolagenih vlakana što se izravno nastavlja u vezivne tračke, a ti povezuju piju s arachnoidejom. Epipijalno tkivo je slabo razvijeno u lubanjskoj šupljini, ali je dobro razvijeno oko kralježnične moždine; u tom tkivu su smještene krvne žile. No, u lubanjskoj šupljini arterije i vene leže na površini pije intime. Moždana pija poput rukava prati i krvne žile što prodiru u moždano tkivo, pa tako nastaju **Virchow-Robinovi prostori** (nastavci subarahnoidnog prostora). Pija obavija i držak hipofize (*infundibulum*) i vidni živac, te sve moždane živce do njihovog ulaska u otvore na bazi lubanje.





**Slika 20-3.** U venske sinuse dure prodiru izdanci arahnoidije (granulationes arachnoideales Pacchionii), a vene emissariae povezuju sinuse dure s vanjskim venama lubanje. Za pojedinosti vidi tekst. Prema Benninghoff i Goertler (1964), uz manje izmjene.

*Prostori između moždanih ovojnica ispunjeni su različitim sastojcima*

Tri moždane ovojnice razdvojene su više ili manje izraženim prostorima. *Cavum epidurale* je prostor što razdvaja spinalnu duru od pokosnice kralježaka. Taj prostor prestaje tik ispod velikog lubanjskog otvora, jer je tu dura čvrsto prirasla uz kost, a ispunjen je rijetkim vezivnim i masnim tkivom u koje su uloženi unutarnji venski spletovi (*plexus venosi vertebrales interni*) i limfne žile.

Uski ("kapilarni") **subduralni prostor** (*cavum subdurale*) odvaja duru od arahnoidije. **Subarahnoidni prostor** (*cavum subarachnoideale*) je prostor između arahnoidije i pije. Velike krvne žile na bazi lubanje i na moždanoj površini, kao i svi moždani živci, smješteni su u subarahnoidnom prostoru. Stoga se u klinici krvarenje iz tih žila označuje kao **subarahnoidno krvarenje**.

*Cerebrospinalna tekućina iz sustava moždanih komora kroz tri otvora dospijeva u subarahnoidni prostor*

Cerebrospinalna tekućina iz IV. moždane komore kroz tri otvora dospijeva u subarahnoidni prostor. Jedan otvor smješten je u središnjoj crti; to je **Magendijev otvor** (*apertura mediana ventriculi quarti*), što IV. komoru povezuje s velikom cerebelomedularnom cisternom subarahnoidnog prostora. Parni bočni otvori povezuju IV. komoru s pontinom cisternom subarahnoidnog prostora; to su *aperturæ laterales ventriculi quarti*, a prvi ih je opisao anatom **Luschka**.

*Subarahnoidni prostor je na nekim mjestima proširen u cisterne*

Subarahnoidne cisterne (*cisternæ subarachnoideales*) su proširenja subarahnoidnog prostora, smještena uglavnom na bazi mozga. Najveća cisterna (*cisterna magna* = *cisterna cerebellomedullaris*) smještena je između malog mozga i produljene moždine. *Cisterna pontis* je u području pontocerebelarnog ugla i ventralne površine mosta, a sredinom te cisterne prolazi bazilarna arterija. Ta se cisterna kranijalno nastavlja u interpedunkularnu cisternu (*cisterna interpeduncularis*), a ona se pak nastavlja u cisternu hijazme vidnog živca (*cisterna chiasmatis*). Cisterna hijazme nastavlja se duž prednje moždane arterije u cisternu kalozuma (*cisterna corporis callosi*), smještenu između moždanih polutki (tik iznad kalozuma). Od interpedunkularne cisterne prema gore zavija "obuhvaćajuća" cisterna (*cisterna ambiens* – obuhvaća mezencefalom) što ujedno odvaja veliki od malog mozga. U toj cisterni smješteni su: *a. cerebri posterior*, *a. cerebelli superior*, *v. cerebri magna* (Galen), *n. trochlearis* i *corpus pineale* (= *epiphysis*). U području lateralne (Silvijeve) moždane pukotine smještena je *cisterna fossae lateralis cerebri Sylvii*, a u njoj je srednja moždana arterija sa svojim ograncima. Kaudalni kraj subarahnoidnog prostora kralježnične moždine proširen je u već spomenutu lumbalnu cisternu (*cisterna lumbalis*).

*Sinusi dure ispunjeni su venskom krvlju, a u njih se na nekim mjestima izbočuju posebne (Paccionijeve) arahnoidne izrasline*

Venski sinusi dure (*sinus duræ matris*) su venski prostori smješteni između dva lista dure i obloženi endotelom. Sinusi nemaju ni zalistaka ni glatkih mišića (za razliku od vena), pa

su uvijek otvoreni. U određenim bočim zatonima sinusa (*lacunae laterales sinuum*) smještene su **arahnoide (Pacchionijeve) granulacije** (*granulationes arachnoideales*), za koje se općenito vjeruje da omogućuju prelazanje cerebrospinalne tekućine iz subarahnoidealnog prostora u venske sinuse dure. Djeca posvuda na arahnoidu umjesto granulacija imaju **arahnoide resice** (*villi arachnoideales*). U odraslih ljudi, Pacchionijeve granulacije ajčešće su raspoređene u zbijene skupine (što se javljaju oko 10. godine života), smještene uz sve venske sinuse dure. Te granulacije se izbočuju u prostor između dva lista dure, neke prodiru i u venske sinuse, a neke pred sobom potiskuju vanjski list dure i tako na unutarnjoj površini lubanjskih kostiju prave brojna udubljenja (*foveolae granulares*) (sl. 20-3). Tih udubljenja ima na svim lubanjskim kostima, no posebno mnogo u okolini sagitalnog žlijeba i u srednjoj lubanjskoj jami.

Venske sinuse dure razvrstavamo u gornju i donju skupinu. Sinusi gornje skupine imaju zajedničko stjecište (*confluens sinuum*), a zajedničko stjecište sinusa donje skupine je kavernozi sinus (*sinus cavernosus*). Nadalje, emisarne vene (*venae emissariae*) povezuju sinuse s venama na vanjskoj površini lubanje. *Vena ophthalmica* povezuje sinuse s venama lica, a u području velikog lubanjskog otvora sinusi su povezani s venskim spletovima vertebralnog kanala.

**Sinusi gornje skupine** su: *sinus sagittalis superior*, *sinus sagittalis inferior*, *sinus rectus*, *sinus transversus*, *sinus sigmoideus*, *sinus occipitalis*; njihovo je stjecište *confluens sinuum* (= *torcular Herophili*).

*Sinus sagittalis superior* smješten je u gornjem rubu moždanog srpa (*falx cerebri*) i seže od sljepog otvora (*foramen caecum*) do unutarnje zatiljne izbočine (*protuberantia occipitalis interna*), gdje se ulijeva ili u *confluens sinuum* ili u *sinus transversus*. Na presjeku je trokutast (s bazom prema krovu lubanje), a u njega se ulijevaju gornje moždane vene, vene dure i *venae diploicae*. S druge strane, tjemene i zatiljne emisarne vene povezuju ga s venama na površini lubanje. *Sinus sagittalis inferior* je manji i kraći, smješten u donjem (slobodnom) rubu moždanog srpa, a ulijeva se u ravni sinus (*sinus rectus*). *Sinus rectus* smješten je posred tentorija malog mozga, a najčešće se ulijeva u lijevi poprečni sinus. U njega se ulijevaju donji sagitalni sinus i Galenova vena. Poprečni sinus (*sinus transversus*) je najširi, paran (ali rijetko simetričan!), smješten u svom žlijebu na zatiljnoj kosti (*sulcus sinus transversi* – rubovi žlijeba su hvatište tentorija), započinje u području stjecišta (*confluens sinuum*) a ulijeva se u sigmoidni sinus. Sigmoidni sinus leži na mastoidnom dijelu sljepoočne kosti i zavijen je poput slova S; potom prelazi na zatiljnu kosti i pod skoro pravim kutom se ulijeva u *bulbus superior venae jugularis internae*. *Confluens sinuum* smješten je obično s desne strane unutarnje zatiljne izbočine.

**Sinusi donje skupine** su: *sinus cavernosus*, *sinus sphenoparietalis*, *sinus petrosus superior*, *sinus petrosus inferior* i *sinus petrooccipitalis*. Od njih je najznačajniji kavernozi sinus.

*Sinus cavernosus* je smješten na bokovima trupa sfenoidne kosti, a seže od gornje orbitalne pukotine unazad do vrha piramide sljepoočne kosti. Kroz taj venski splet prolazi unutarnja karotidna arterija (oko koje je simpatički splet – *plexus caroticus internus*), a lateralno od nje kroz sinus prolazi *nervus abducens*. U lateralnoj stijenci sinusa smješteni su (odozgora prema dolje): *n. opticus*, *n. oculomotorius*, *n. trochlearis*, *n. ophthalmicus* i *n. maxillaris*. U kavernozi sinus se ulijeva gornja očna vena (*v. ophthalmica superior*), a u nju se ulijeva donja očna vena (*v. ophthalmica inferior*). Obje vene posredstvom kutne vene (*v. angularis*) anastomoziraju s

venama lica. Štoviše, vene lica su s kavernozi sinusom povezane i posredstvom pterigoidnog venskog spleta (*plexus pterygoideus*). To je klinički značajno stoga što se kod gnojnih upala gornje usne i nosa (*furunculosis*) upala tim putem može proširiti na kavernozi sinus, pa se može razviti **tromboza kavernoznog sinusa** ili upala moždanih ovojnica, **meningitis**; oba stanja ugrožavaju život bolesnika. Lijevi i desni kavernozi sinus spojeni su anastomotskim venskim spletovima, pa tako oko trupa sfenoidne kosti nastaje kružni sinus (*sinus circularis* = *sinus coronarius*).

Venski spletovi povezani s kavernozi sinusom su: *plexus venosus caroticus internus* (što prolazi kroz kanal karotide), *plexus venosus foraminis ovalis* (smješten u ovalnom otvoru) i *plexus venosus foraminis lacerati* (smješten u razdrtom otvoru, *foramen laceratum*). Ta tri spleta povezuju kavernozi sinus s pterigoidnim venskim spletom. Napokon, *plexus basalis* (smješten na klivusu) povezuje kavernozi sinus s unutarnjim vertebralnim venskim spletom (*plexus venosus vertebralis internus*).

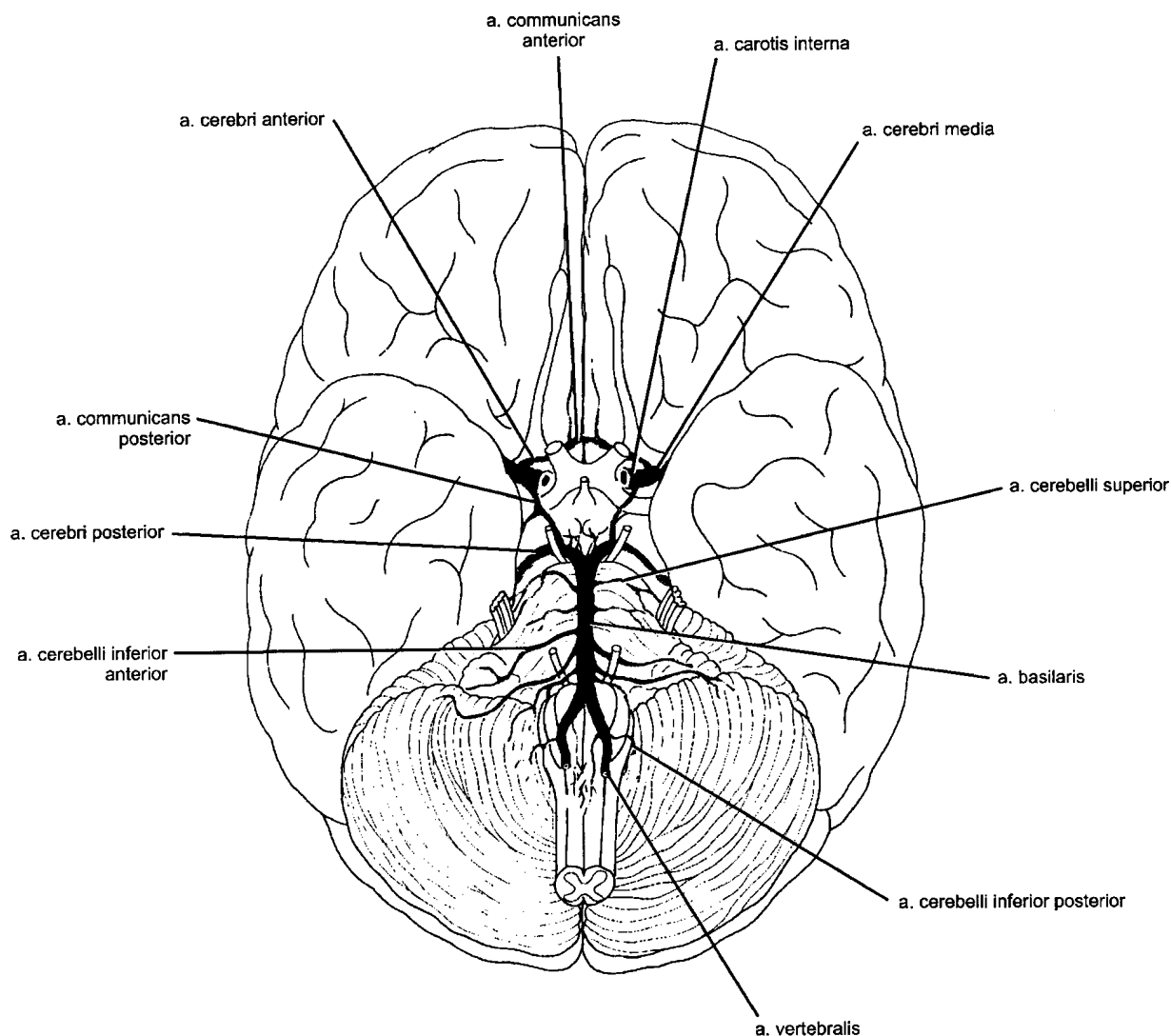
*Venae emissariae* prolaze kroz kosti lubanje i spajaju sinuse dure s površinskim i diploičnim venama lubanje

*Venae diploicae* su vene smještene u koštanim kanalima (*canales diploici*) pločastih kostiju krova lubanje. te vene povezuju venske sinuse dure i vene moždanih ovojnica s venama na vanjskoj površini lubanje. Te vene imaju zaliske i tanke stijenke (sastavljene samo od endotela) a ima ih četiri: *v. diploica frontalis* (u čeonj kosti, povezuje gornji sagitalni sinus i supraorbitalnu venu), *v. diploica temporalis anterior* (u ljusci sljepoočne kosti, povezuje sfenoparijetalni sinus ili srednju meningalnu venu s dubokom sljepoočnom venom), *v. diploica temporalis posterior* (povezuje poprečni ili sigmoidni sinus sa stražnjom venom uške), *v. diploica occipitalis* (povezuje poprečni sinus i zatiljnu venu).

*Venae emissariae* su kratke vene što prolaze kroz otvore lubanjskih kostiju i spajaju venske sinuse dure s diploičnim i površinskim venama lubanje. Tako dio venske krvi iz sinusa odlazi u površinske vene (posebice pri povećanom intrakranijskom tlaku). *V. emissaria parietalis* prolazi kroz tjemeni otvor (*foramen parietale*) i povezuje gornji sagitalni sinus s površinskom sljepoočnom venom. *V. emissaria condylaris* prolazi kroz kondilarni kanal (*canalis condylaris*) i povezuje sigmoidni sinus s vanjskim vertebralnim venskim spletom. *V. emissaria occipitalis* prolazi kroz uski kanalčić zatiljne kosti i povezuje *confluens sinuum* sa zatiljnim venama. Ulogu sličnu emisarnim venama imaju i venski spletovi smješteni u otvorima baze lubanje. *Plexus venosus canalis hypoglossi* povezuje sigmoidni sinus (ili *bulbus superior venae jugularis internae*) s vertebralnim venskim spletom.

**Arteriae vertebrales i arteriae radicales su dva glavna izvora arterijske krvi za kralježničnu moždinu, a raspored moždinskih vena sličan je rasporedu moždinskih arterija**

Kralježnična moždina arterijsku krvi prima iz dva glavna izvora: vertebralnih arterija (*aa. vertebrales*) i radikularnih arterija (*aa. radicales*). **Vertebralna arterija** prehranjuje sve dijelove moždine, preko brojnih malih ogranaka te preko dva duga, silazna i tanka ogranka – ventralne i dorzalne spinalne arterije (*arteria spinalis ventralis et dorsalis*). Dorzalna spinalna arterija je parna (to su dvije najkaudalnije grane



Slika 20-4. Willisov arterijski prsten na bazi mozga. Za pojedinosti vidi tekst.

vertebralne arterije), a ventralna spinalna arterija započinje kao dva ogranka vertebralne arterije što se ubrzo stope u jedinstvenu arteriju. **Radikularne ("korijenske") arterije** su ogranci segmentnih krvnih žila, tj. dubinskih vratnih, međurebrenih, slabinskih i križnih arterija, duž spinalnih živaca ulaze u intervertebralni otvor i potom se podijele u manju ventralnu (*a. radicularis ventralis*) i veću dorzalnu (*a. radicularis dorsalis*) arteriju. Veće arterije, smještene na ventralnoj i dorzalnoj strani moždine, međusobno su povezane spletom tanjih (intrapijalnih) arterija što oblikuju krvožilnu arterijsku krunu (*vasocorona arterialis*). Ventralna spinalna arterija prehranjuje ventralni i lateralni rog, središnju sivu tvar, bazu dorzalnog roga te ventrolateralni snop bijele tvari. Dorzalna spinalna arterija prehranjuje dorzalni rog i dorzalne bijele kolumne. Iako ogranci vertebralnih i radikularnih arterija sudjeluju u prehrani svih dijelova moždine, njihova uloga je različita u različitim spinalnim segmentima. Stoga ima segmenata što arterijsku krv primaju poglavito od jednog od ta dva sustava – riječ je o **ranjivim (vulnerabilnim) segmentima**, jer prilikom zatajenja ili prekida krvnog optoka u glavnom opskrbnom sustavu dolazi do hipoksijsko-ishemijskih oštećenja dotičnih segmenata. U opskrbnom području ventralne spinalne arterije, takvi ranjivi segmenti su T1-T4 i L1; u opskrbnom području dorzalne spinalne arterije, takvi

ranjivi segmenti su također T1-T4. Drugim riječima, prekidanje dotjecanja arterijske krvi u tim segmentima uzrokuje nekrozu moždinskog tkiva, pa ima isti učinak kao i potpuno presijecanje kralježnične moždine na toj razini. Vene kralježnične moždine raspoređene su slično kao i arterije. Postoji 6 do 11 ventralnih i 5 do 10 dorzalnih radikularnih vena, a u slabinskom području jedna od njih je posebno krupna (*vena radicularis magna*). Obje skupine vena ulijevaju se u jednu uzdužnu ventralnu i dvije uzdužne dorzalne vene; kao i u slučaju arterija, velike vene povezane su spletom manjih vena (*vasocorona venalis*).

#### **Mozak arterijsku krv prima preko unutarnjih karotidnih i vertebralnih arterija, što se na bazi mozga spoje u Willisov prsten**

Mozak arterijsku krv prima iz dva izvora: **dvije unutarnje karotidne arterije i dvije vertebralne arterije**. Ta dva arterijska sustava prehranjuju cijeli mozak, a granicu njihovih opskrbnih područja označuje crta što spaja tjemeno-zatiljni žlijeb (*sulcus parieto-occipitalis*) i mamilarna tijela. Dio mozga ispred te crte prehranjuje sustav karotidnih, a dio mozga iza te crte sustav vertebralnih arterija. Oba sustava su na bazi mozga povezana anastomozama, pa tako nastaje **Willisov arterijski prsten**

(*circulus arteriosus Willisii* – sl. 20-4). Willisov prsten poveže sve četiri glavne arterije u jedinstvenu cjelinu, pa stoga cijeli arterijski sustav za prehranu mozga možemo podijeliti u dva velika funkcionalna sustava:

- 1) **sustav za prehranu velikog mozga**, sastavljen od Willisovog prstena i glavnih moždanih arterija i
- 2) **sustav za prehranu moždanog debla i malog mozga**, tj. **vertebralni bazilarni sustav**.

**Unutarnja karotidna arterija** (*a. carotis interna*) ima 4 topografska odsječka: vratni, intrapetrozni (u karotidnom kanalu sljepoočne kosti), intrakavernozni (unutar kavernoznog venskog spleta) i supraklinoidni. Neuroradiolozi obično intrakavernozni i supraklinoidni odsječak zajedno opisuju kao **karotidni sifon** (jer je taj dio arterije zavijen u obliku slova S). Vratni odsječak nema ogranaka. Karotidni sifon daje niz malih ograna za bubnjište (*rami caroticotympanic*), kavernozni i donji petrozni sinus, polumjesečasti ganglij, te moždane ovojnice srednje lubanjske jame. Glavni ogranci supraklinoidnog odsječka su: *a. ophthalmica*, *a. communicans posterior* i *a. choroidea anterior*. Lateralno od hijazme vidnog živca, podijeli se unutarnja karotidna arterija na dva završna ogranka: to su manja *a. cerebri anterior* i veća *a. cerebri media*. Te dvije arterije primaju glavninu krvi iz unutarnje karotidne arterije, a prehranjuju prednju polovicu talamusa, *corpus striatum*, *corpus callosum*, najveći dio unutarnje čahure, lateralnu površinu sljepoočnog režnja te medijalnu i lateralnu površinu čeonog i tjemenog režnja.

**Vertebralna arterija** (*a. vertebralis*) u lubanjsku šupljinu ulazi kroz veliki lubanjski otvor (*foramen magnum*). Na razini kaudalnog ruba mosta, lijeva i desna vertebralna arterija se spoje u **bazilarnu arteriju** (*a. basilaris*) što leži u istoimenom žlijebu na ventralnoj površini mosta. Preko svojih bočnih ograna, vertebralne i bazilarna arterija prehranjuju vratni dio kralježnične moždine, cijelo moždano deblo i mali mozak, stražnji dio talamusa, zatiljni režanj velikog mozga te donji i medijalni dio sljepoočnog režnja. Jedan ogranak (*a. labyrinthina*) duž VIII. moždanog živca odlazi u unutarnje uho i donosi krv za slušni i vestibularni osjetni organ. Ogranci vertebralne arterije također opskrbljuju i duru stražnje lubanjske jame.

Willisov prsten okružuje hijazmu, infundibulum i interpedunkularno područje, a sastoji se od sljedećih elemenata: *a. communicans anterior*, *a. communicans posterior*, te početnih dijelova lijeve i desne prednje, srednje i stražnje moždane arterije (sl. 20-4).

#### *Moždane arterije imaju kortikalne i centralne ogranke*

Willisov prsten i tri glavne moždane arterije (prednja, srednja i stražnja – *a. cerebri anterior*, *media et posterior*) imaju dvije vrste ograna: **kortikalne** (površinske, obodne – cirkumferencijske) ogranke i **centralne** (dubinske, ganglijske) ogranke.

Veći kortikalni ogranci svake moždane arterije prodiru u piju i oblikuju površinske spletove žila povezanih brojnim anastomozama. No, od tih spletova polaze manje, **završne (terminalne) arterije** što se okomito spuštaju u moždano tkivo. Kraće završne arterije se granaju već unutar moždane kore, a dulje prehranjuju dublje smještenu bijelu tvar moždanih polutki. Kortikalni ogranci su povezani brojnim anastomozama, pa nakon začepljenja jedne od tih žila krv u pogodoeno područje mozga dotječe iz susjednih arterija. No, to najčešće nije dovoljno da spriječi nastanak hipoksijsko-

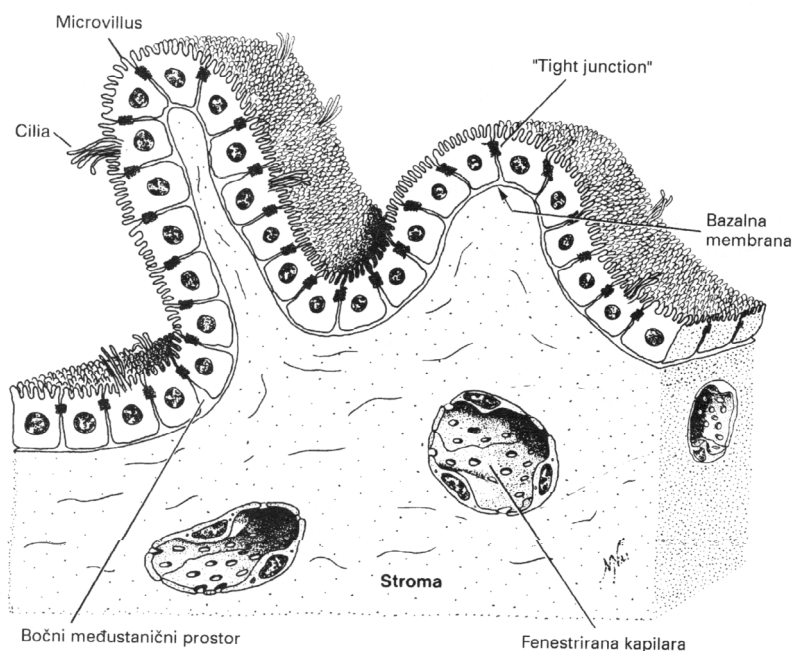
ishemijskog moždanog oštećenja (“moždane kapi”, tj. infarkta mozga, cerebrovaskularnog inzulta). Ugrušci moždane arterije najčešće začepe još u početnom dijelu, prije no što one prodru u moždanu tvar. Slikovitim nazivom zadnje livade neuropatolozi označuju ona područja moždane kore, unutarnje čahure i bazalnih ganglija što su smještene na granici opskrbnih područja dvaju primarnih arterija – ta su područja najteže pogođena ishemijsko-hipoksijskim oštećenjem mozga.

Centralni ogranci polaze od Willisovog prstena i od početnih dijelova prednje, srednje i stražnje moždane arterije, a potom više-manje okomito prodiru u moždano tkivo i prehranjuju međumozak, bazalne ganglije i unutarnju čahuru (rupice prednje rupičaste tvari – *substantia perforata anterior* – na bazi mozga su otvori kroz koje te arterije ulaze u moždano tkivo). Iako i te arterije imaju prekapilarne anastomoze, te anastomoze (kao i u slučaju kortikalnih ograna) obično nisu dovoljne za održavanje primjerenog krvnog optoka u pogođenom području mozga nakon začepljenja nekog centralnog ogranka. Stoga su (barem u funkcionalnom smislu) centralne arterije ipak završne arterije.

*Arteria cerebri anterior* je završni ogranak unutarnje karotidne arterije, što prelazi na medijalnu površinu moždane polutke, zavija nagore i unazad (oko koljena kalozuma) i leži u kalozalnom žlijebu (*sulcus corporis callosi* – stoga je sad nazivamo *a. pericallosa*). Njezini su ogranci *a. frontopolaris* (što prehranjuje medijalni dio čeonog režnja) i *a. callosomarginalis* (što prehranjuje *lobulus paracentralis* i dijelove cingularne vijuge); njezine završne grane prehranjuju *precuneus*. No, od početnog dijela prednje moždane arterije odvajaju se manji ogranci što prehranjuju i glavu kaudatusa i *septum pellucidum*; od tih ograna je klinički značajna **Heubnerova arterija** (*a. striatalis media*) što prehranjuje anteromedijalni dio glave kaudatusa, susjedni dio unutarnje čahure i putamena i dio septalnog područja.

*Arteria cerebri media* je izravni nastavak unutarnje karotidne arterije, prelazi preko prednje rupičaste tvari (*substantia perforata anterior*) na putu do Silvijeve pukotine i potom se u području inzule podijeli u mnogo velikih ograna (*a. temporalis anterior*, *a. orbitofrontalis*, *a. praerolandica*, *a. Rolandica*, *a. postrolandica*, *a. parietalis posterior*, *a. temporalis posterior*). Ti ogranci se lepezasto rasprostiru po lateralnoj površini moždane polutke i prehranjuju lateralni dio orbitalnih vijuga, donju i srednju čeonu vijugu, velik dio precentralne i postcentralne vijuge, gornji i donji tjemeni režnjić, gornju i srednju sljepoočnu vijugu i sljepoočni pol, a često prehranjuju i većinu vijuga na lateralnoj površini zatiljnog režnja. Od početnog dijela arterije odvoje se centralni ogranci (*aa. capsulolenticulares*).

Začepljenja srednje moždane arterije mogu biti smrtonosna, a preživjeli bolesnici trpe od kontralateralne hemiplegije (kljenuti, što je najizraženija na licu i u rukama), gubitak osjeta na suprotnoj strani tijela (često i od astereognozije); kad je pogođena lijeva moždana polutka, često se razviju teški poremećaji jezičnih i govornih funkcija (afazije). Lijeva i desna *a. cerebri posterior* su završne grane bazilarne arterije. Te arterije običu *crus cerebri*, anastomoziraju s unutarnjom karotidnom arterijom (posredstvom *a. communicans posterior*) i potom se pružaju duž lateralne strane mezencefalona uz medijalni rub tentorija i prelaze na donju površinu sljepoočnog režnja. Završni ogranci stražnje moždane arterije su *a. temporalis posterior* (što prehranjuje prednji donji dio sljepoočnog režnja te *gyrus occipitotemporalis* i



**Slika 20-5.** Crtež vilusa koroidnog spleta prekrivenog jednim slojem kockastog epitela s apikalnim mikrovilima što se izbočuju u likvorski prostor komore. Baza tih stanica počiva na bazalnoj membrani. Neksusi (tight junctions) spajaju apikalna područja epitelnih stanica i sudjeluju u oblikovanju barijere između krvi i likvora. Međustanični prostor između stanica

*gyrus lingualis*) i *a. occipitalis interna*. Ova posljednja se podijeli u tjemenozatiljnu arteriju (*a. parieto-occipitalis*) i kalkarinu arteriju (*a. calcarina*). *A. calcarina* krvlju hrani primarnu vidnu moždanu koru – stoga začepljena stražnje moždane arterije uzrokuju kontralateralnu homonimnu hemianopsiju. Tjemenozatiljna arterija prehranjuje medijalni i donji dio zatiljnog režnja te dio lateralne površine zatiljnog režnja. Centralne (ganglijske) arterije dijelimo (sukladno dijelovima Willisovog prstena od kojih polaze) u četiri skupine: anteromedijalnu, anterolateralnu, posteromedijalnu i posterolateralnu. Anteromedijalne arterije prehranjuju prednji dio hipotalamusa te preoptičko i suprahijazmatsko područje. Anterolateralne (strijatalne) arterije su uglavnom ogranaci srednje moždane arterije; jedna od njih, **Charcotova arterija**, je vrlo podložna prsnućima, pa je nazvana **arterijom moždanog krvarenja**. Preostali, manji dio anterolateralnih arterija su ogranaci prednje moždane arterije, npr. Heubnerova arterija. Te arterije krvlju opskrbljuju *nucleus caudatus*, *putamen*, *globus pallidus lateralis* i susjedna područja unutarne čahure. Posteromedijalne arterije su uglavnom ogranaci stražnje moždane arterije, a prehranjuju hipofizu, infundibulum i tuberalni dio hipotalamusa, prednji i medijalni dio talamusa, mamilarna tijela, subtalampus; dio tih arterija odlazi i do rafe jezgara mezencefalona, crvene jezgre i medijalnog dijela moždanih krakova. Posterolateralne (talamogenikulatne) arterije također su ogranaci stražnje moždane arterije, a prehranjuju lateralno i medijalno koljenasto tijelo, pulvinar i većinu lateralnih jezgara talamusa.

*Arteria choroidea anterior* obično je ogranak unutarnje karotidne arterije, što kroz koroidnu pukotinu (*fissura choroidea*) ulazi u donji rog lateralne moždane komore i prehranjuje tamošnji koroidni splet (*plexus choroideus*), hipokampalnu formaciju i amigdala, dio paliduma, veliki ventralni dio stražnjeg kraka unutarnje čahure i njezin cijeli retrolentikularni dio, kaudalni dio putamena i repa kaudatusa te dio lateralne površine talamusa. Uočite da ta

arterija opskrbljuje na hipoksiju-ishemiju izrazito osjetljive dijelove mozga: hipokampalnu formaciju i *globus pallidus*. *Arteria choroidea posterior* je ogranak stražnje moždane arterije, a ima jedan medijalni i barem dva lateralna ogranka. Medijalni ogranak prehranjuje tektum mezencefalona, koroidni splet treće komore te gornju i medijalnu površinu talamusa. Lateralni ogranaci prehranjuju slična područja kao i prednja koroidna arterija, jer ulaze u koroidnu pukotinu i tamo anastomoziraju s ogradnicima prednje koroidne arterije.

*Gornji sagitalni sinus prima krv iz površinskih moždanih vena, a v. cerebri interna i v. cerebri magna primaju krvi iz dubokih moždanih vena*

Površinske moždane vene imaju tijek različit od arterija. One (kao sitni ogranaci) izlaze iz moždane tvari i oblikuju pijalni splet od kojeg polaze krupnije moždane vene. Te su vene isprva smještene unutar pije, potom prolaze kroz subarahnoidni prostor i ulijevaju se u venske sinuse dure. Sinusi dure oblikuju sustav povezanih kanala, smještenih između dva lista dure i obloženih endotelom. Moždane vene mogu biti površinske ili dubinske, a nemaju venskih zalistaka. **Površinske vene** odvođe krv iz moždane kore i subkortikalne bijele tvari, a ulijevaju se u gornji sagitalni sinus ili u nekoliko bazalnih sinusa (kavernozni, petrozni, poprečni). **Dubinske moždane vene** odvođe krv iz dubokog dijela bijele tvari, iz bazalnih ganglija i gornjih dijelova međumozga, a ulijevaju se u unutarnju moždanu venu (*v. cerebri interna*) ili u veliku moždanu venu (*v. cerebri magna*). No, površinske i dubinske vene spojene su brojnim anastomozama, što omogućuje prelijevanje venske krvi iz jednog u drugo područje čak i pri trombozi neke krupnije vene. No, kad se krupna vena naglo začepi, taj zaštitni mehanizam zakazuje, pa u odgovarajućem dijelu mozga često dolazi do obilnog krvarenja, npr. tijekom porođajnih trauma u novorođenčadi.



Najznačajnije dubinske vene su: lijeva i desna **unutarnja moždana vena**, **Galenova vena**, tj. *v. cerebri magna (Galen)* i **Rosenthalova vena**, tj. *vena basalis*. **Unutarnje moždane vene** su parne i smještene blizu središnje crte u koroidnoj teli krova III. komore (unutar *velum interpositum*). Te vene započinju u području interventrikularnih otvora i sežu unatrag gornjom i medijalnom površinom talamusa, a potom se uliju u Galenovu venu (u području cisterne gornjih i donjih kolikula). Te dvije vene primaju sljedeće prитоke: *venae thalamostriatae*, *venae choroideae*, *venae septales*, *vena epithalamica* i *vena ventricularis lateralis*. Spomenute prитоke odvođe vensku krv iz bazalnih ganglija, bijele tvari u području stijenki moždanih komora, koroidnog spleta lateralnih moždanih komora i susjednih dijelova hipokampalne formacije, prozračne pregrade (*septum pellucidum*) i prednjih dijelova korpus kalozuma, bijele tvari čeonog režnja, gornjeg dijela međumozga, donjeg dijela talamusa, hipotalamusa, te bijele tvari parahipokampalne vijuge.

Galenova vena je kratka i seže prema natrag ispod splenijuma. U nju se ulijevaju lijeva i desna unutarnja moždana vena, lijeva i desna bazalna vena, lijeva i desna zatiljna vena te *vena callosalis posterior*. Sama Galenova vena ulijeva se u prednji dio ravnog sinusa (*sinus rectus*). Rosenthalova vena započinje uz medijalnu stranu prednjeg dijela sljepoočnog režnja, a odvodi krv iz orbitalne čeone kore, prednjih dijelova kalozuma i cingularne vijuge, moždane kore inzule i njezine okoline, donjih dijelova strijatuma, velikog donjeg dijela talamusa, hipotalamusa, te dio krvi iz mezencefalona i područja oko donjeg roga lateralnih moždanih komora.

### Moždano deblo i mali mozak arterijsku krv primaju preko vertebralnog bazilarnog sustava

Vertebralni bazilarni sustav prehranjuje cijelo moždano deblo (osim najkranijalnijeg dijela *crura cerebri*), a sastoji se od ovih dijelova:

1. lijeve i desne vertebralne arterije, čiji su ogranci *a. spinalis dorsalis*, *a. spinalis ventralis*, *a. cerebellaris posterior inferior* i *a. meningea posterior*;
2. bazilarne arterije (*a. basilaris*, što nastaje spajanjem lijeve i desne vertebralne arterije), čiji su ogranci *a. cerebellaris inferior anterior*, *a. labyrinthi*, *a. cerebellaris posterior* i brojni paramedijani i obodni (cirkumferencijski) ogranci za most;
3. lijeve i desne stražnje moždane arterije (*a. cerebri posterior*), a to su završne grane bazilarne arterije što prehranjuju mozak ali su ujedno glavni izvor arterijske krvi za mezencefalona.
4. Paramedijani ogranci bazilarne arterije prehranjuju bazu mosta (tu su silazni motorički putovi i jezgre mosta), pa zbog toga tromboza tih arterija često uzrokuje poremećaje gutanja (disfagija) i govorenja (disartrija) i razne oblike kljenuti, npr. hemiplegiju ili tetraplegiju; pseudobulbarnu paralizu, parezu konjugiranih pokreta očiju s otklonom pogleda na stranu suprotnu od lezije, obostranu oftalmoplegiju.
5. Kratki obodni ogranci bazilarne arterije prehranjuju usku klinastu zonu duž anterolateralne površine mosta (tu su: *tractus corticospinalis*, *lemniscus medialis*, *fibrae pontocerebellares* i *nuclei pontis*, te dio aksona V. i VII. moždanog živca), pa stoga tromboza tih arterija na jednoj strani može uzrokovati istostrane neurološke

simptome poremećaja malog mozga, istostrani Hornerov sindrom i gubitak osjeta na suprotnoj strani tijela.

6. Iznenađna tromboza same bazilarne arterije je po život opasno stanje, uzrokovano masivnim oštećenjem mosta, praćeno jakom glavoboljom, povraćanjem i brzim gubitkom svijesti, a neurološki simptomi su najčešće obostrani i uključuju: stanje duboke kome, generalizirani gubitak mišićnog tonusa (mlitavost udova), proširene ili vrlo sužene i nereaktivne zjenice.

*Vensku krv iz moždanog debla i malog mozga odvođe različiti venski sustavi*

Vensku krv iz ventralnih dijelova mosta odvođe vene što se ulijevaju u parne uzdužne venske spletove smještene uz bazilarnu arteriju. Velike vene, što odvođe krv iz koroidnog spleta IV. komore, najvećeg dijela mosta i kranijalnog dijela produljene moždine, ulijevaju se u sigmoidni sinus. Vene što odvođe krv iz kaudalnih dijelova produljene moždine ulijevaju se u ventralnu i dorzalnu spinalnu venu. Brojne vene što krv odvođe iz mezencefalona prate odgovarajuće arterije, oblikuju opsežne pijalne spletove i ulijevaju se u bazalne vene. Bazalne vene se potom ulijevaju u Galenovu venu ili unutarnju moždanu venu. I vene malog mozga prate odgovarajuće arterije, a ulijevaju se u Galenovu venu ili izravno u ravni sinus (*sinus rectus*) i bočni sinus (*sinus lateralis*), a manjim dijelom i u gornji i petrozni sinus.

### Moždane komore oblaže ependim, a u njima su smješteni koroidni spletovi što izlučuju cerebrospinalnu tekućinu

**Ependim** (*ependyma*) je sloj epitelnih stanica što oblažu stijenke moždanih komora i središnji kanal kralježnične moždine. Ispod tog sloja smješten je **subependimni sloj**, što odvaja ependim od periventrikularnog neuropila, a sastavljen je poglavito od nastavaka astrociti i mikroglije. Ependim se razvije od fetalne ventrikularne zone – nakon što u toj zoni prestane proliferacija preteča neurona i glije (neurogeneza i gliogeneza), preostale stanice se diferenciraju u ependimne stanice.

Uz ependimne stanice, u stijenci komora postoje i **tanicit**, što svojim nastavcima sežu od ventrikularne do vanjske površine mozga. Taniciti su nazočni u stijenjkama III. komore, Silvijevog akvedukta, dnu IV. komore i središnjem kanalu kralježnične moždine.

Uz ependimne stanice i tanicite, u stijenci komore mogu se zapaziti još tri vrste stanica:

- 1) neuroni što kontaktiraju likvor (njihovi su nastavci, a ponekad čak i same, u izravnom dodiru s likvorom),
- 2) neurosekrecijski neuroni,
- 3) žljezdane epitelne stanice.

U odraslom mozgu, ependim se sastoji od jednog sloja pločastih, kockastih ili stupičastih stanica (ovisno o mjestu), a te stanice na ventrikularnoj površini imaju brojne cilije. To su jednostavne ependimne stanice; no prema nekim autorima uz te stanice i ependimne tanicite postoji još i treća vrsta stanica – **ependimni astrociti** (njihov se bazalni nastavak nekoliko puta razgrana).

Ponekad se na ventrikularnoj površini zapažaju i **supraependimne stanice**, čiji se brojni i razgranati nastavci pružaju po površini ependima i prodiru u nabore i šupljine unutar ependima.

Bazalni nastavci tanicita sežu barem do subependimnih kapilara i uz njih se priljube završnim nožicama, no od endotelnih stanica ih tu odvaja bazalna lamina. Svaki tanicit ima tijelo, vrat i rep. Tijelo leži u ependimu i sadrži jezgru, a često ima i brojne lateralne produljke citoplazme. Takve produljke ima i vrat, što je uronjen u periventrikularni neuropil, gdje dodiruje krvne žile. Rep tanicita nema nastavaka i prolazi kroz hipotalamus, a završava malim lukovičastim proširenjima bilo na krvnim žilama bilo na pijalnoj površini mozga. Nadalje, taniciti se javljaju u grupicama, što su vezane uz cirkumventrikularne organe. Za razliku od običnih ependimnih stanica, što imaju brojne cilije i malo mikrovila, taniciti imaju brojne mikrovile i malo cilija.

**Intraventrikularni aksonski završeci** su skupine neuronskih nastavaka smještene između bokova susjednih ependimnih stanica, a mjestimice čak leže na slobodnoj ventrikularnoj površini ependima. Ti su aksoni najvjerojatnije serotoninški (supraependimni živčani završeci).

Funkcije ependima (manjim dijelom dokazane, a većim dijelom pretpostavljene!) su ove:

- 1) uključenosnost u kretanje likvora (neki vjeruju da cilije tih stanica pokreću likvor u određenom smjeru),
- 2) hvatanje mikroorganizama, staničnog debrisa i makromolekula što plutaju u likvoru komora,
- 3) potporna uloga,
- 4) proliferacija (posebice u subependimnom sloju u kutu između kaudatusa i palijuma, uz lateralnu komoru,
- 5) osjetne funkcije – “bilježe neko svojstvo likvora”?
- 6) sekrecija – mogu svoj sadržaj isprazniti u likvor,
- 7) prenošenje tvari između likvora i krvi, posebno u području eminencije medijane.

**Koroidni splet** (*plexus choroideus*) je krvožilni nabor pije, s vanjske strane pokriven epitelom deriviranim iz ependima (*lamina epithelialis*). Krvne žile tog nabora pije su uklopljene u vezivnu stromu. Neki udžbenici samo te žile i stromu označavaju kao *plexus choroideus*, a to dvoje zajedno s epitelom nazivaju *tela choroidea*. To je zapravo točnije nazivlje, no mnogi sve tri komponente označuju kao koroidni splet.

Postoje 4 koroidna spleta, po jedan u krovu III. i IV: komore te po jedan u medijalnoj stijenci svake lateralne komore. Splet se svojim slobodnim rubom izbočuje u komoru, a površina mu je silno uvećana nebrojenim resicama. Koroidni splet se najčešće opisuje tako da zasebno opišemo koroidni epitel, a zasebno prokrvljenu srž vezivnog tkiva.

**Koroidni epitel** je jednoslojan kuboidan, a na luminalnoj strani stanice imaju grupice cilija i mnoštvo mikrovila. Ponekad se na slobodnoj površini koroidnog epitela vide ameboidne stanice, **Kolmerove stanice** (što su nedvojbeno makrofagi; sinonim je epiplexus cells).

Koroidne epitelne stanice počivaju na bazalnoj lamini, a ispod nje je nešto blijedih stanica čiji spljošteni nastavci oblikuju tanki sloj. Ispod tog staničnog sloja je **vezivna srž koroidnog spleta**, sastavljena od rahle mreže kolagenih vlakana (njih prave fibroblasti smješteni u stromi). Glavninu srži zauzimaju krvne žile – uz male arterije i arteriole, tu su i veliki venski sinusi i kapilare. Te su kapilare vrlo velikog promjera (za mozak) i imaju vrlo tanke i fenestrirane endotelne stijenke.

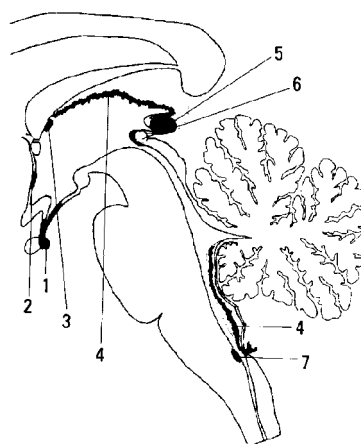
**Psamomi** (*psammoma*) koroidnog spleta su koncentrična slojevita tjelešca što se povećavaju s uzrastom čovjeka, a

sadrže kolesterol, kalcijev karbonat i kalcijev i magnezijev fosfat. Ne znamo im niti porijeklo niti funkciju.

### U određenim područjima stijenki moždanih komora smješteni su posebni cirkumventrikularni organi

**Cirkumventrikularni organi** su specijalizirane strukture smještene u mediosagitalnoj ravnini na strateškim mjestima u stijenci moždanih komora. Građeni su od mnogo krvnih žila i promjenljivog broja neurona, a ključno im je svojstvo da nemaju krvnomoždane barijere (naime, za razliku od drugih moždanih područja, kapilare tih struktura imaju fenestrirani endotel i velike perivaskularne prostore u kojima su nastavci neurona). Cirkumventrikularni organi su (sl. 20-6): *organum vasculosum laminae terminalis* (OVLT), *organum subfornicale* (SFO), *organum subcommissurale*, *area postrema* (AP), te *corpus pineale* i *neurohypophysis* + *eminencia mediana*. Skoro svi navedeni organi su neparni i smješteni u stijenci III. komore; jedino je AP parna i smještena u kaudalnom dijelu stijenske IV. komore. No, valja spomenuti da bi neki autori u cirkumventrikularne organe uvrstili još i koroidne spletove moždanih komora.

*Organum vasculosum laminae terminalis* (**OVLT**): taj cirkumventrikularni organ je moćno prokrvljen, ali ujedno sadrži i najmanje neurona, čvrsto je prirastao uz gornji rub hijazme (stoga je drugi nazvi za OVLT *crista supraoptica*), a blago se izbočuje u III. komoru s njezine prednje stijenke, tj. završne pločice (*lamina terminalis*). U čovjeka je taj organ zapravo rudimentaran, pa njegovu funkciju poglavito poznajemo na temelju pokusa načinjenih na životinjama (primjerice, u kunića je dobro razvijen i visok čak 1,2 mm). OVLT je mjesto izlučivanja određenih hipotalamičkih neuropeptida u likvor, npr. somatostatina, LHRH i motilina, pa po tome slično području eminencije medijane. Uz to, oba područja imaju dobro ograničeno neurohemalno područje, tj. područje u kojem specifični neuroni djeluju kao senzori za određene peptide, proteine i amine iz krvi. No, postoje i bitne razlike: krvožilni splet OVLT nije povezan s eminencijom medijanom, ali je povezan s preoptičkom jezgrom hipotalamusa i razvije se već prenatalno; neuronske veze oba područja su također dosta različite. Aferentne veze OVLT su mnogo moćnije razvijene od eferentnih: OVLT prima aferentna vlakna iz SFO, lateralnog preoptičkog



**Slika 20-6.** Cirkumventrikularni organi su: 1. neurohypophysis + eminentia mediana; 2. organum vasculosum laminae terminalis (OVLT); 3. organum subfornicale (SFO); 5. corpus pineale; 6. organum subcommissurale i 7. area postrema (4 = plexus choroideus).

područja i lateralnog hipotalamusa, prednjih, dorzomedijalnih i ventromedijalnih neuroendokrinih jezgara hipotalamusa te lokus ceruleusa; eferentne aksone OVLT šalje uglavnom u dorzomedijalnu, supraoptičku i paraventrikularnu jezgru hipotalamusa. Vjeruje se da je OVLT uključen u sljedeće funkcije: *homeostazu vode u organizmu, pijeće i žeđ, lučenje ADH i regulaciju krvnog tlaka* (naime, stanice OVLT su osjetljive na angiotenzin II, a kad ih razorimo, u pokusne životinje neće se pojaviti pojačano pijeće vode u odgovoru na preopterećenje natrijevim kloridom).

**Organum subfornicale (SFO):** taj je organ smješten između interventrikularnih otvora i ispod forniksa (za koji je pričvršćen). Na bokovima tog organa pričvršćuju se koroidni spletovi III. komore. U čovjeka je SFO velik poput glavice pribadače, no njegove funkcije također poznajemo uglavnom na temelju pokusa sprovedenih na životinjama. SFO sadrži brojne receptore za angiotenzin II, a prima aferentna vlakna iz preoptičkog područja i prednjeg područja hipotalamusa, dok eferentne aksone šalje u paraventrikularnu i supraoptičku jezgru hipotalamusa, paraimbički dio čone moždane kore, hipotalamus i mediobazalni telencefal. Vjeruje se da SFO ima istaknutu ulogu u *homeostazi tjelesnih tekućina*. Naime, aktivacija SFO neurona angiotenzinom II (iz krvi) uzrokuje otpuštanje vazopresina iz neurohipofize, što potiče osjećaj žeđi i pijeće vode.

**Area postrema (AP):** taj je organ slične građe kao i SFO, a smješten je na prijelazu IV. komore u središnji kanal kralježnične moždine, tik ispred obeksa. AP je okružena poljima završnih razgranjenja aksona što sadrže neurofizin, oksitocin i vazopresin (no, niti jedan od tih peptida nije nazočan u samoj AP). Vjeruje se da AP djeluje kao *kemoreceptorna zona što okida refleks povraćanja u odgovoru na emetične tvari* (= tvari koje izazivaju povraćanje, npr. apomorfina, glikozidi digitalisa) što cirkuliraju krvlju. No, AP je također uključena u neuronske krugove što su uključeni u homeostazu tjelesnih tekućina i energetske homeostazu organizma, te regulaciju srčano-kružnog sustava. AP prima značajan visceralni aferentni ulaz posredstvom vagusa (uključujući osjetne informacije iz grudnih i trbušnih organa); nadalje, baroreceptori karotidnog sinusa odašilju osjetne informacije u AP posredstvom IX. moždanog živca; napokon, AP prima brojne aferentne aksone iz hipotalamusa. Glavne eferentne projekcije AP su usmjerene u susjednu jezgru solitarnog trakta i ventrolateralni dio medijalne i lateralne parabrahijalne jezgre.

**Organum subcommissurale (OSC):** za razliku od ostalih cirkumventrikularnih organa, OSC je slabo prokrvljen i ima krvno-moždanu barijeru. No, stanice OSC imaju sljedeće zanimljivo svojstvo: one izlučuju mukopolisaharide u likvor, a ti mukopolisaharidi potom oblikuju **Reissnerovo vlakno**, što seže od Silvijeve akvedukta sve do kaudalnog kraja središnjeg kanala kralježnične moždine (funkcija tog vlakna je posve nepoznata).

Cirkumventrikularni organi sadrže neurone na koje mogu utjecati:

- aferentni aksoni, što u te organe dolaze iz drugih područja mozga ili s periferije;
- tvari otopljene u cerebrospinalnoj tekućini i
- tvari otopljene u krvnoj plazmi – vjeruje se da te tvari imaju posebno istaknutu ulogu u funkcijama cirkumventrikularnih organa.

Cirkumventrikularni organi su poglavito kemosenzitivne zone, što snimaju promjenjive koncentracije cirkulirajućih hormona i drugih tvari u krvi. Eferentni aksoni iz cirkumventrikularnih organa odlaze u druga moždana središta, pa djeluju kao početne karike ("ulazi") centralnih regulacijskih neuronskih krugova.