

Hjerneventriklerne og plexus choroideus¹: I medulla spinalis persisterer hulrummet fra neuralrøret i form af canalis centralis, men i hjernen udvides kaviteten i form af 4 ventrikler, nemlig de 2 lateralventrikler i de cerebrale hemisfærer, 3. ventrikel i diencephalon og 4. ventrikel i hjernestammens pons og medulla oblongata. Et foramen interventriculare forbinder hver lateralventrikel med den 3. ventrikel, og aqueductus cerebri forbinder 3. og 4. ventrikel. Ventriklerne indeholder cerebrospinalvæske. De beklædes indvendigt med ependym og afgrænses herved fra hjernevævet.

I hver ventrikel grænser ependymet dog også i bestemte områder direkte op til pia mater, og ependym og pia mater danner herved tilsammen en membran, tela choroidea. I den 4. ventrikel danner tela choroidea loftet. Hvert lateralt hjørne af loftet har et hul (foramen Luschkae), og der findes desuden et 3. hul kaudalt i midtlinien (foramen Magendii). Igennem disse huller passerer cerebrospinalvæsken over i subarachnoidalrummet. I den 3. ventrikel danner et tela choroidea ligeledes loftet. Herved fortsætter det fortil via hvert foramen interventriculare i 2 tilsvarende telae i medialvæggen af lateralventriklerne.

Svarende til tela choroideae er pia mater stærkt vaskulariseret, og i visse områder af hver ventrikel danner arterioler og kapillærer karnøgler, som poser ind i ventriklens lumen, betegnet plexus choroideus. Det ependymale epithel er her specialiseret, og her produceres ventriklernes cerebrospinalvæske. Ependymcellerne er kubiske og indeholder talrige mitochondrier. Elektromikroskopisk ses lange, uregelmæssige orienterede mikrovilli på den ventrikulære overflade, og den basale plasmalemma har talrige indfoldninger. Zonulae occludentes på de laterale flader forsegl intercellulærrummet mod lumen.

Cellernes funktion er, at regulere transport af vand og opløste stoffer fra blodet til ventriklerne. Kapillærene under epithalet er fenestrerede.

Cerebrospinalvæsken produceres for ca. 70 % vedkommende via plexus choroideus (resten produceres ved udsivning gennem ependymet andre steder).

Blod-cerebrospinalvæske barriere: Ependymcellerne i plexus choroideus udøver en nøje kontrol med, hvilke substanser der får lov at passere over i cerebrospinalvæsken. Denne barriere er særdeles vigtig, idet der er meget nær fri passage imellem hjernevævet og cerebrospinalvæsken, hvorfor substanser, der når over i denne, kan påvirke neuroner direkte forskellige steder i CNS.

¹ Se side 102-103 i Netter.

Bispørgsmål: Blod-hjerne og blod-cerebrospinalvæske barrierernes mikroskopiske anatomi.

Le Gjerum.

Cerebrospinalvæsken er en klar, farveløs væske. Liggende som en "vandkappe" i subarachnoidalrummet omgiver den fuldstændig CNS og beskytter dette imod stød. Mængden af cerebrospinalvæske er hos den voksne ca. 150 mL, som hele tiden udskiftes.

Blod-hjernebarrieren: Manglende passage af substanser, som skyldes en selektiv barrierer, blod-hjernebarrieren og findes i hele CNS. Blod-hjernebarrieren er endnu ikke udviklet hos helt tidlige fostre og mangler i den mature hjerne svarende til plexus choroideus.

Proteiner i karsystemet forhindres i at trænge over i hjernevævet af zonulae occludentes imellem kapillærendothelcellerne. Som følge heraf kan stofferne kun passerer ind i hjernevævet igennem endothelcellerne, som danner hovedgrundlaget for barrierefunktionen. Denne er dog selektiv, idet passagen af en lang række substanser gennem kapillærendothelet er reguleret.

Stærkt vandopløselige substanser har generelt svært ved at passere, men for en del af disse findes der specifikke transportere i endothelcellernes plasmalemma, f.eks. for glukose samt de aminosyrer, som hjernen ikke selv kan syntetisere. Nogle transportere virker den modsatte vej og fjerner substanser fra hjernen, og på denne måde medvirker kapillærendothelet til opretholdelsen af homeostasen i hjernevævet. Fedtopløselige substanser passerer let, bl.a. en række narkosemidler, men også alkohol. Medikamenter, der ikke er fedtopløselige, passerer derimod i reglen vanskeligt over i hjernevævet.

Den ydre begrænsning af blod-hjernebarrieren dannes af arachnoidea pga. zonulae occludentes mellem cellerne i det arachnoidale epithel.

Blod-hjernebarrierens funktion er at beskytte hjernevævet ved effektivt at forhindre eller regulere passagen af potentielt skadelige stoffer ind i hjernevævet. Blodet indeholder således til stadighed varierende mængder af neuroaktive substanser, bl.a. aminer, som forhindres i at nå over i hjernevævet og påvirke dette på ukontrolleret måde. Men også reguleringen af passagen af ioner som natrium-, kalium-, klor-, calcium- og ammoniumioner samt brintioner er nødvendige, da ændringer i koncentrationen af disse påvirker nervecellernes membranpotential, og dermed deres aktivitet.

Svarende til de områder, hvor blod-hjernebarrieren mangler, dvs. plexus choroideus samt de såkaldte circumventrikulære organer, er kapillærerne af den fenestrede type, hvilket menes at bevirke ret fri passage af substanser i disse begrænsede områder.

Centralnervesystemets hinder, blodkar og væskerum²:

Meninges omhyller hjernen og rygmærven, synsnerven og de første stykker af hjerne- og spinalnervernes rødder. Der er 3 lag af hjerne-rygmærvehinder, inderst pia mater, udenfor denne arachnoidea og endelig den tykke og sene dura mater. Alle 3 hjernehinde består af bindevæv.

Dura mater: Består hovedsageligt af fibrøst bindevæv og indeholder et stort antal sensoriske nerver og blodkar. Den indre overflade beklædes af en hinde af fladt, mesenchymalt epithel. Den dybe overflade af dura er adskilt fra arachnoidea af det subdurale rum, som indeholder væske.

Dura mater omkring hjernen og medulla spinalis går over i hinanden svarende til foramen magnum. Dura mater spinalis omkring rygmærven adskilles af et epiduralt rum fra den indre periostbeklædte overflade af hvirvlerne. Det epidurale rum indeholder blodkar, hovedsageligt vener, samt en del fedt. Dura mater encephali omkring hjernen er derimod sammenhængende med den indre periostbeklædning på kranieknoglerne. Der er her normalt ikke noget epiduralt rum. Desuden danner dura omkring hjernen duplikaturer, bl.a. imellem den højre og venstre hjernehemisfære, falx cerebri og mellem cerebrum og cerebellum, tentorium cerebelli³.

Arachnoidea: Beliggende inden for dura mater. Den består af et tyndt bindevævslag, som på den indre og ydre overflade er beklædt med et enkelt lag afladene celler. Arachnoideas spindelvævsagtige udseende skyldes talrige trabekler, der forbinder arachnoidea og pia mater. Rummet imellem pia mater og arachnoidea betegnes subarachnoidalrummet. Det indeholder cerebrospinalvæske, der strømmer af sted imellem trabeklerne. Da den mere membranagtige del af arachnoidea følger dura uden at dykke ned i furerne i overfladen af hjernen, mens pia nøje følger overfladen af hjerne og rygmærve, varierer i størrelse. Særligt store udvidelser kaldes cisterner⁴. Cisterna magna i vinklen mellem cerebellum og medulla oblongata er så stor, at det er muligt at udtage en prøve af cerebrospinalvæsken efter punktur med en kanyle.

Arachnoidea indeholder ikke blodkar.

Pia mater: Tyndt bindevævslag, der beklæder overfladen af hjerne og rygmærve. Pia mater er ud mod subarachnoidalrummet beklædt med et lag af flade celler, der er i kontinuitet med det arachnoidale epithel. Ned mod nervevævet findes ligeledes et enkelt lag af piale celler, der er

² Se side 94 i Netter.

³ Se side 97-98 i Netter.

⁴ Se side 103 i Netter.

forbundne med desmosomer og nexus'er. Under dette lag findes et subpialt rum, der indeholder spinkle bundter af kollagen samt små forgreninger af arterier og vener, og som adskiller pia mater fra basalmembranen. Karrene i det subpiale rum forløber til og fra hjernen og rygmarven. Hvor arterierne løber ind i nervevævet, slår pia sig over på arterien, og aflukker herved subarachnoidalrummet fra det subpiale rum.

Når hjernevenerne forlader hjernens overflade, tømmer de sig overvejende i store venøse sinus. Disse er lokaliserede i opspaltninger af dura mater, specielt svarende til duplikaturerne. De forskellige sinus i kraniet tømmer sig efter sammenløb til slut i vv. jugulares internae på halsen⁵.

Cerebrospinalvæske fra subarachnoidalrummet passerer ligeledes over i de durale sinus. Dette sker via granulationes arachnoidales, der er fingerlignende udposninger af subarachnoidalrummet. På granulatoppen mangler dura helt, og det arachnoidale epithel er i direkte kontakt med endothelet i sinus. Således passerer cerebrospinalvæsken her over i sinus og dermed over i blodbanen.

Hovedparten af cerebrospinalvæsken omkring medulla spinalis menes at fjernes via mikroskopiske granulationes arachnoidales, der tømmer sig i venerne omkring de spinale nerverødder.

Der er ingen lymfekar i CNS. Væske fra kapillærene siver gennem vævet, men opsamles ikke i lymfekarillærene. Noget af væsken synes dog at kunne drænes gennem det perivaskulære rum langs karrene, der passerer igennem lamina cribrosa til næsehulen.

⁵ Se side 97 i Netter.