

Cortex cerebri's indre struktur og histologiske opbygning<sup>1</sup>:

Telencephalons overflade er dækket af cellerig grå substans, cortex cerebri. Herunder finder man en veludviklet hvid substans, der er opbygget af nervefibre, som knytter områder inden for hjernebarken og hemisfæerne sammen med hinanden via associations- og kommissurforbindelser samt knytter hjernebarken til lavereliggende strukturer som thalamus, hjernestamme og rygmarv via projektforsbindelser.

Indlejret i dybden af den hvide substans findes basalganglierne og thalamus, mens lateralventriklerne fra deres kommunikationssted med 3. ventrikel via foramen interventriculare strækker sig buet gennem hemisfærenes indre fra frontallappen gennem parietal- og occipitallappen ned mod temporallappens forreste pol.

**Hjernebarkens histologiske opbygning:** Cortex cerebri kan generelt inddeles i 6 cellelag og betegnes neocortex, mens kortikale områder som hippocampus samt de retrohippokampale områder har en simplere opbygning og benævnes henholdsvis archicortex og paleocortex, idet disse områder henregnes til den ældste og mest "primitive" del af hjernebarken.

De 6 cellelag i neocortex benævnt fra overfladen:

- Lamina molecularis.
- Lamina granularis externa.
- Lamina pyramidalis externa.
- Lamina granularis interna.
- Lamina pyramidalis interna.
- Lamina multiformis.

Lamina molecularis indeholder mange fibre, som knytter de forskellige kortikale områder sammen, mens de granulære cellelag primært indeholder nerveceller, som påvirkes af afferente fibre, og således har deres største udstrækning svarende til sensorisk cortex. Pyramidecellelagene indeholder pyramideceller, som giver ophav til hjernebarkens efferente forbindelser, og er således mest udviklede svarende til motorisk cortex, hvor man svarende til lamina pyramidalis interna finder nogle karakteristiske kæmpe pyramideceller (Betz'ske celler). Lamina multiformis er et fiberrigt blandingslag, hvor man både finder granulaceller og pyramideceller.

---

<sup>1</sup> Se figur 10.5, side 149 i B.

**Granulær og agranulær cortex<sup>2</sup>:** Udviklingsgraden af hjernebarkens forskellige cellelag muliggør en afgrænsning af hjernebarken i mindre cytoarkitektoniske områder, Brodmanns områder, som ofte korrelerer til områdets funktioner.

Man kan således skelne mellem granulær cortex, hvor de granulære cellelag, dvs. lamina granularis externa og interna, er særligt veludviklede og ofte repræsenterer sensoriske cortexområder som den primære synsbark og gyrus postcentralis (primære somatosensoriske cortex), mens områder, hvor pyramidecellelagene, dvs. lamina pyramidalis externa og interna, dominerer på bekostning af de granulære cellelag, betegnes agranulære cortex og typisk repræsenterer motorisk hjernebark såsom den primære motoriske cortex i gyrus precentralis eller dennes umiddelbart foranliggende præmotoriske og supplementær motoriske cortex.

Kortikalt område:	Funktion:	Cortextype:	Brodmanns område:
Gyrus precentralis.	Primær motorisk cortex.	Agranulær.	4.
Området umiddelbart foran gyrus precentralis.	Præmotorisk og supplementær motorisk cortex.	Agranulær.	6.
Gyrus postcentralis.	Primær somatosensorisk cortex.	Granulær.	1, 2 og 3.
Omkring sulcus calcarinus.	Primær synsbark.	Granulær.	17.
Resten af occipitallappen.	Accessorisk synsbark.	Granulær.	18 og 19.
Gyri temporales transversari.	Auditorisk cortex.	Granulær.	41 og 42.
Gyrus angularis og gyrus supramarginalis (Wernickes område).	Receptive sprogcenter.	Granulær.	39 og 40.

<sup>2</sup> Se figur 10.6, side 150 i B.

Bageste del af gyrus frontalis inferior (Brocas område).	Ekspressive sprogcenter.	Agranulær.	44 og 45.
--	--------------------------	------------	-----------

Store dele af hjernebarken er ikke relateret til nogen specifik sans eller funktion, da disse områder modtager nerveimpulser fra flere forskellige specifikke områder i resten af hjernebarken. Disse områder er derfor snarere i stand til at integrere forskelligartet information og herved formidle komplekse handlingsmønstre. Sådanne områder i hjernebarken betegnes associationscortex, og de er formentlig en forudsætning for menneskehjernens utrolige abstraktionsevne.

#### Lillehjernens indre struktur og histologiske opbygning:

Overfladen er dækket af cellerig cortex cerebelli, mens man i den hvide substans i dybden herfor finder de intracerebellare kerner, nuclei cerebelli, som lateralt fra benævnes nucleus dentatus, nucleus emboliformis, nucleus globosus og nucleus fastigii<sup>3</sup>.

Corpus medullare cerebelli (lillehjernens hvide substans), danner en trælignende struktur. Den rummer de afferente fibre til lillehjernebarken samt Purkinjecellernes axonale udløbere til de intracerebellare kerner og sidstnævntes efferente fibre, som også (sammen med de fibre, der løber direkte fra Purkinjecellerne til de vestibulære kerner) regnes som cerebellums fraførende fibre.

Cortex cerebelli er opbygget af 3 lag, som indefra benævnes<sup>4</sup>:

- **Stratum granulosum:** Indeholder granulaceller, hvis axoner løber op i lillehjernebarkens nervefiberlag, stratum moleculare.
- **Stratum purkinjense:** Indeholder Purkinjecellernes cellelegemer, hvorfra de afgiver deres axon, som løber i dybden for at kontakte de intracerebellare kerner eller evt. ende direkte i de vestibulære kerner.
- **Stratum moleculare:** Granulacellerne deler sig retvinklet i 2 grene (parallelfibre), som løber parallelt med lillehjernevindingernes længderetning.

Lillehjernebarkens afferente fibre kan inddeles i mosfibre og klatrefibre, som påvirker lillehjernebarkens Purkinjeceller på 2 fundamentalt forskellige måder:

- **Klatrefibre:** Afgår fra complexus olivaris inferior og løber op til forholdsvis få Purkinjeceller, som de til gengæld omklammer og danner talrige synapser med.

<sup>3</sup> Se figur 7.2C, side 108 i B.

<sup>4</sup> Se figur 7.4, side 111 og figur 7.5, side 112 i B.

●Mosfibre: Inkluderer resten af lillehjernens afferente forbindelser<sup>5</sup> og danner synapser med granuleceller i stratum granulosum og kan herved via korncellernes parallelfibre kontakte talrige Purkinjefibre som til gengæld kun vil påvirkes svagt af hver enkelt parallelfiber.

#### Rygmarvens indre struktur<sup>6</sup>:

Rygmarven har generelt den samme anatomiske opbygning i hele sit forløb.

Centralt findes canalis centralis med cerebrospinalvæske, der omgives af rygmarvens grå substans, substantia grisea, som danner en H-lignende struktur, der fortløbende strækker sig som 3 søjler af grå substans (columnae anterior, intermedia et posterior) på hver side af midtlinjen gennem hele rygmarvens længde<sup>7</sup>.

**Den grå substans:** På tværsnit kan på hver side af midtlinjen i den grå substans ses:

●Et forhorn, cornu anterior<sup>8</sup>, som bl.a. rummer de somatomotoriske nervecellelegemer i lamina spinalis IX. Ud for intumescens cervicalis og lumbosacralis inddeles yderligere i en medial og en lateral gruppe, som innerverer henholdsvis den proksimale (grovmotoriske) og den distale (finmotoriske) del af ekstremitetsmuskulaturen.

Udgøres af laminae spinales VII-IX.

●Et baghorn, cornu posterius, der er sæde for talrige mindre nervecellelegemer med relation til de indkommende sensoriske fibre.

●Et lateralhorn, cornu laterale, kun ud for rygmarvssegmenterne T1-L2 og S2-S4, som bl.a. er sæde for de visceromotoriske nervecellelegemer, der afgiver henholdsvis sympatiske præganglionære visceromotoriske nervefibre (T1-L2) og parasympatiske præganglionære visceromotoriske nervefibre (S2-S4).

Udgøres af lamina spinalis VII og X.

Talrige interneuroner og en betydelig forgrening af nervecellernes udløbere bevirker, at der foregår en betydelig funktionel kommunikation imellem de beskrevne 3 horn/søjler.

<sup>5</sup> Fra rygmarv, ligevægtsapparat, hjernestamme og storhjerne.

<sup>6</sup> Se figur 5.5, side 76 i B.

<sup>7</sup> se side 158 i Netter.

<sup>8</sup> Svarende til columna anterior.

**Rexeds laminae I-X:** Cytoarkitektonisk inddeling<sup>9</sup> af rygmarvens grå substans.

- Lamina spinalis I / nucleus marginalis: Spidsen af baghornet.
- Lamina spinalis II / substantia gelatinosa: I dybden for lamina spinalis I. Mange tilførende smertefibre ender her, hvorved substantia gelatinosa sammen med den dybereliggende nucleus proprius bliver sæde for betydelig modulation af indkommende smerteimpulser.
- Lamina spinalis III og IV / nucleus proprius: Dybereliggende. Sæde for modulation af indkommende smerteimpulser.
- Lamina spinalis V, VI og VII / nucleus dorsalis<sup>10</sup>: Baghornets basis. Modtager proprioceptivt input fra sansereceptorer i hud, muskler og led samt kontaktes af centrale descenderende motoriske baner. Området har betydning for reguleringen af motorik og stilling.
- Lamina spinalis X / substantia gelatinosa centralis: Omkring centralkanalens.

**Hvid substans / substantia alba<sup>11</sup>:** Omgiver den grå substans. Indeholder talrige nervefibre, der transporterer information inden for det samme rygmarvssegment eller mellem rygmarvens forskellige segmenter og højereliggende niveauer i CNS.

Den inddeles i en forstreng, en bagstreng og en sidestreng (funiculus anterior, posterior og lateralis)<sup>12</sup>, svarende til substansens relation til de mediane og laterale indkærvninger på rygmarvens overflade samt rygmarvens grå substans. I den mest rostrale del af rygmarven deles bagstrengen endvidere via sulcus intermedius posterior i en medial fasciculus gracilis og en lateral fasciculus cuneatus.

Funktionelt inddeles nervefibrene i bestemte områder af rygmarvens hvide substans i specifikke baner, som varetager forskellige motoriske og sensoriske funktioner<sup>13</sup>:

Endelig sammenknyttes nervecellerne i rygmarvens grå substans af talrige interneuroner, hvis fibre bl.a. kan krydse midtlinjen som commissura alba anterior og posterior, eller ascenderende/descenderende intersegmentalt som propriospinale fibre i fasciculus proprius anterior, lateralis og posterior. Herved forbindes forskellige niveauer af rygmarven såvel intra- som intersegmentalt. Det sikrer en omfattende informationsudveksling, hvilket er forudsætning for en velordnet og koordineret rygmarvsfunktion.

<sup>9</sup> Baseret på cellelegemernes størrelse, form og tæthed.

<sup>10</sup> Nucleus dorsalis er kun betegnelsen for lamina spinalis VII.

<sup>11</sup> Se side 158 i Netter.

<sup>12</sup> Se figur 5.2C, side 72 i B.

<sup>13</sup> Se figur 5.6, side 77 i B.

### Nervevæv:

**Glia:** Nervevæv består af neuroner og ikke-neuronale støtteceller, betegnet glia, hvis antal oftest er langt større end neuronernes.

Glia omfatter de egentlige gliaceller, der findes imellem neuronerne i centralnervesystemet, samt ependym, som beklæder hulrummene i hjernen og rygmærven.

**Gliaceller<sup>14</sup>:** Der skelnes mellem astrocytter, oligodendrocytter og mikroglia<sup>15</sup>.

●Astrocytter: Stjerneformede celler med mange cytoplasmatiske udløbere. Nogle af udløberne er i kontakt med et blodkar i form af karakteristiske perivaskulære fodprocesser.

Astrocytterne har en mekanisk støttefunktion og fungerer som "stillads" for vandring af neuroner under nervesystemets udvikling. Herudover adskiller de neuronerne og disses udløbere fra hinanden. De udøver også en regulerende indflydelse på den neuronale aktivitet ved at fjerne neurotransmittere, bidrage med forstadier af disse til neuronerne og regulere det ekstracellulære ionmiljø. Desuden producerer de laktat ud fra glukose, idet neuronerne forbrænder laktat (i stedet for glukose direkte).

Cytoplasmaet indeholder talrige intermediære filamenter bestående af glial fibrillary acidic protein, der kun forekommer i astrocytter.

Inddeles i:

- Fibrøse astrocytter: Indeholder mange gliale filamenter, og findes overvejende i hvid substans og har færre, længere og mindre forgrenede udløbere.
- Protoplasmatiske astrocytter: Findes overvejende i grå substans og har udløbere af højest varierende form.

I forbindelse med beskadigelse af hjernevæv øger astrocytterne i første omgang deres funktioner med at optage udsivede ioner og transmittersubstanser fra de beskadigede neuroner. Dette kan pga. osmotisk virkning af de optagne stoffer føre til opsvulmning af astroglia-cellerne, der ved store læsioner evt. kan få et omfang, der bevirker øget volumen af hjernen med såkaldt hjerneødem til følge. Astrocytterne udgør imidlertid også nervesystemets ardannende celler. I forløbet af opheling opfylder de derfor de opstående vævsdefekter og bliver da meget fiberrige.

●Oligodendrocytter: Har færre og mindre forgrenede udløbere end astrocytter. De danner myelinet i centralnervesystemet, og er homologe med de Schwannske celler i periferien. De inddeles i:

- Satellittære oligodendrocytter: Forekommer direkte op ad nervecellegemer i grå substans.

<sup>14</sup> Se figur 14-19, side 359 i G.

<sup>15</sup> Bliver mindre i størrelse og med færre udløbere ovennævnte rækkefølge.

- Interfascikulære oligodendrocytter: Findes overvejende i hvid substans liggende på række mellem nervefibrene.

• **Mikroglia:** Små med lille, mørk kerne og spinkle udløbere med små spinac. De forekommer overalt i CNS og i størst antal i grå substans. Ved beskadigelse af nervevævet kan de residente mikroglia-celler omdannes til reaktiv mikroglia, der er aktivt fagocytterende og desuden fungerer som professionelle antigen-præsenterende celler. De er de første celler, som reagerer på beskadigelse i CNS.

En inflammatorisk reaktion i CNS har samme formål, men forløber anderledes end i andre væv: Der ses ingen eller kun sjældent indvandring af neutrofile granulocytter, og selve immunreaktionen forløber langsommere og mindre udtalt. Dette kan være udtryk for en beskyttelsesforanstaltning, hvorved nervevævet ikke udsættes for en voldsom påvirkning af cytotoxiske substanser secerneret af neutrofile granulocytter og aktiverede makrofager. Optræden af ødem i forbindelse med inflammation vil også hurtigt kunne få katastrofale følger pga. øget intrakranielt tryk.

**Ependym:** Enlagede kubiske epithel, der beklæder den indre overflade af hjerneventriklerne og canalis centralis i medulla spinalis. Ependymcellernes ventrikulære overflade er beklædt med cilier, som muligvis øger cerebrospinalvæskens strømningshastighed. Cellernes laterale overflader er forbundne subapikalt ved nexus'er og spredte desmosomer, men med undtagelse af den ependymale beklædning af plexus choroideus er der ikke nogen tæt aflukning af intercellulærrummet i form af okkluderende kontakter. Følgelig kommunikerer intercellulærrummet i nervevævet med den ventrikulære cerebrospinalvæske, det selv små proteinmolekyler er i stand til at passere mellem cellerne.

**Ganglier:** Betegnelsen for en ansamling af nervecellelegemer uden for centralnervesystemet. Ganglier findes dels som fortykkelse på sensoriske hjernenerver, hjernenervegangler, og på de dorsale rødder af spinalnerver, spinalganglier, dels i form af autonome ganglier.

**Hjernenervegangler og spinalganglier:** Indeholder nervecellelegemerne af sensoriske neuroner. Den enkelte ganglieceller er omgivet af et lag af satellitceller, der ligger tæt op ad neuronet overflade<sup>16</sup>. Gangliecellerne i både hjernenerve- og spinale ganglier har én T-formet udløber, hvis centrale gren løber ind i CNS, mens den perifere gren forløber i den perifere nerve.

---

<sup>16</sup> Satellitcellerne svarer til de Schwannske celler omkring nervefibrene.

Nervecellelegemer i de sensoriske ganglier modtager ikke synapser, således at det sensoriske ganglion blot er en ansamling af nervecellelegemer med tilknyttede centrale og perifere udløbere.

**Autonome ganglier:** Nogle parasympatiske ganglier er lokaliseret i væggene af de organer, deres axoner innerverer. Disse ganglier har ingen egen bindevævs-kapsel og deres cellelegemer er beliggende i bindevævet i det organ, i hvis væv de befinder sig.

De autonome ganglier indeholder synapser, idet det første neuron i det 2-neuronale viscerale efferente system i ganglierne danner synapse med gangliecellerne, der er det andet neuron.

Nogle autonome ganglier indeholder også interneuroner og kan modtage sensoriske tråde fra viscera, tydende på, at sådanne ganglier også kan fungere som reflekscentre for simple viscerale reflekser.