

Det visuelle system:

Det visuelle system udgøres af øjet, hvis nethinde (retina) registrerer lysinput fra omgivelserne og omdanner dem til nerveimpulser, som dernæst overføres via de centrale synsbaner til synsbarken, der er ansvarlig for billedliggørelsen af vores omverden¹.

Et velfungerende visuelt system fordrer endvidere, at øjet kan bevæges præcist mod objekter af interesse, hvilket styres bevidst fra dele af den motoriske cortex, og varetages af III, IV og VI kranienerve. Disse kranienerver sammenknyttes indbyrdes af fasciculus longitudinalis medialis, som sørger for, at øjenbevægelserne samordnes og via talrige afferente input fra det vestibulære system, cerebellum, medulla spinalis, truncus encephali og cortex cerebri formidler reflektoriske øjenbevægelser² i relation til ligevægts- og stillingsændringer samt til bevægelser af det iagttagne objekt.

Det autonome nervesystem regulerer på tilsvarende vis mængden af lys, som lukkes ind i øjet og evnen til at akkommodere via visceromotoriske fibre fra det sympatiske og parasympatiske nervesystem. Sidstnævntes effekter formidles fra hjernestammens nucleus Edinger-Westphalii, som innerverer m. sphincter pupillae og m. ciliares via ganglion ciliare. nuc. oculomotorius
assembler

Øjet³: Omfattes af øjæblet, bulbus oculi, som sammen med de ekstraokulære øjenmuskler og rigeligt fedtvæv er lejret i øjenhulen, orbita. Bulbus oculi kan anskues som en kugle opbygget af 3 vævslag:

- **Tunica fibrosa bulbi:** Yderste lag, består af bindevæv. Danner fortil den gennemskinnelige hornhinde, cornea, der bagtil går over i øjets senehinde, sclera.
- **Tunica vasculosa bulbi (uvea):** Karrigt væv, som danner øjets årehinde, choroidea, som fortil går over i corpus ciliare og regnbuehinden, iris, som omkranser pupillen.
- **Tunica interna bulbi:** Nervevæv, som danner øjets nethinde, retina. Den bageste del af retina indeholder øjets fotoreceptorer, der kan registrere lysinput og omdanne dem til nerveimpulser.

Øjæblets indre rummer øjets linse, som ligger bag iris ophængt til corpus ciliare ved zonulae ciliares.

Corneas bagflade og forsiden af iris afgrænser det forreste øjenkammer, som via pupillen kommunikerer med det bageste, der ligger mellem iris' bagflade og linsens forflade. I disse kamre

¹ Se figur 13.1, side 180 i B.

² Udgør hovedparten af vores øjenbevægelser.

³ Se figur 13.3, side 182 i B.

løber kammervæsken, som har betydning for opretholdelsen af øjets indre tryk og dermed for øjeæblets form.

Bag linsen og foran retina ligger glaslegemet, corpus vitreum.

Discus n. optici: Område, hvor alle ganglicellernes umyelinerede axoner mødes for at perforere øjeæblets væg og fortsætter som myelinerede fibre i n. opticus, samt indeholder a. og v. centralis retinae. Området rummer ikke fotoreceptorer, og denne del af retina er ikke i stand til at registrere lysinput og kaldes derfor den blinde plet, hvilket dog kompenseres ved synsbarkens mellemkomst.

Macula lutea (fovea centralis): Sæde for vores skarpeste syn pga. det overliggende bipolære og ganglicellelag er rykket væk fra fotoreceptorerne her, fotoreceptorerne udgøres kun af tapceller og de enkelte tapceller er kun i kontakt med en enkelt bipolære celle, som igen er i kontakt med en enkelt ganglicelle, hvorved den sensoriske diskriminationsevne øges betydeligt.

Fovea centralis er derfor sæde for vores centrale syn, hvorfor vi altid vil søge at fokusere genstande, som har vores interesse, ind på fovea centralis.

lagttagelse af en genstand indebærer derfor, at genstanden fokuseres ind på begge øjnes fovea centralis.

Retinas histologiske opbygning: Øjeæblets inderste vævslag udgøres af retina, hvis pars optica er sæde for øjets fotoreceptore, tapceller og stavceller⁴. Begge former for fotoreceptorer har i deres ydersegment talrige membranøse indfoldninger (disci), som rummer synspigment (rhodopsin), der ved kontakt med lysens energirige fotoner omlejres til en anden form, hvorved et receptorpotentiale dannes.

● Tapceller: Indeholder synspigmenter, der omlejres ved forskellig lysbølglængde, og kan derfor skelne farver samt har høj billedopløsning. Til gengæld kræver disse fotoreceptorer meget lys for at fungere.

● Stavceller: Kan registrere ringe lysmængder og bruges derfor til orientering i svag belysning, hvorimod de ikke kan skelne farver og stor synsskarphed.

Fotoreceptorlaget kommunikerer indadtil med de bipolære celler, hvis ydre udløbere modtager aktionspotentialerne fra fotoreceptorerne, mens deres indre udløbere leder nerveimpulserne videre til ganglicellerne.

⁴ Se figur 13.4, side 183 i B.

Overførslen af nerveimpulser mellem fotoreceptorerne og gangliecellerne via de bipolære celler modificeres yderligere af interneuroner, horisontalceller og amakrine celler, som herved muliggør en betydelig intern bearbejdning af de visuelle input i retina.

Fra gangliecellerne afgives myelinerede axoner, som konvergerer mod discus nervi optici, hvor de trænger igennem øjæblets væg for som n. opticus at fortsætter ind mod chiasma opticum.

Gangliecellerne overfører de lysgenererede nerveimpulser fra retina til resten af hjernen, idet disse celler udgør starten på de centrale synsbaner.

Antallet af tapceller og stavceller aftager ud mod periferien af retina, hvorimod graden af konvergens tiltager. Den perifere del af retina, som repræsenterer den perifere del af vores synsfelt, er derfor særdeles følsom over for indkommende lys og dermed over for pludseligt forekommende objekter.

Retina afspejler vores synsfelt: Den del af vores omverden, som vi kan se til alle sider, hvis vi holder hovedet og øjnene stille, mens vi fikserer på et givent punkt, betegnes vores synsfelt⁵.

Da indkommende lysinput brydes i cornea og linsen, vil genstande, som findes opadtil i synsfeltet, blive erkendt af fotoreceptorer i den nedre del af retina, mens genstande nasalt i synsfeltet erkendes af fotoreceptorer i den temporale del af retina⁶.

De centrale synsbaner: Gangliecellernes centrale udløbere mødes i discus n. optici, hvor de danner n. opticus. N. opticus fortsætter gennem kraniets canalis opticus, hvorefter den løber sammen med den modsidige n. opticus og danner chiasma opticum, hvor de nervefibre, som leder visuel information fra de nasale halvdele af retina udveksles. De nu blandede fibre fortsætter bagud som tractus opticus, som derfor indeholder fibre fra samsidige temporale og modsidige nasale retina.

Tractus opticus løber til corpus geniculatum laterale, under sit forløb afgiver tractus opticus fibre til visuelle reflekscentre i tectum, som via sine forbindelser til nucleus Edinger-Westphalii og fasciculus longitudinalis medialis er involveret i en række visuelle reflekser. I corpus geniculatum laterale foregår en bearbejdning af de visuelle input.

Fra corpus geniculatum laterale afgives radiatio optica, der løber gennem den bageste del af cerebrum for at ende i occipitallappens primære synsbark. *area 17*

⁵ Se figur 13.7, side 186 i B.

⁶ Se figur 13.8, side 188 i B.

Den primære synsbark (Brodmanns område 17) er lokaliseret omkring occipitallappens sulcus calcarinus og især er kendetegnet ved en massiv udvikling af hjernebarkens lamina granularis interna. 4. LAG

Den primære synsbark modtager de visuelle input fra de modsidige halvdele af synsfeltet⁷. Dog er området for det centrale syn massivt overrepræsenteret.

Den primære synsbark omdanner i samarbejde med de tilstødende dele af den accessoriske synsbark (Brodmanns område 18 og 19), de modtagne nerveimpulser til billeder af vores omgivelser, ligesom vurdering af afstande, farver, mønstre og bevægelighed kræver bearbejdning i occipitallappens primære og accessoriske synsbark.

Det neuroanatomiske grundlag for øjets bevægelser: Iagttagelse af en given genstand kræver, at øjnene indstilles, således at lysinput fra genstanden rammer de 2 øjnes fovea centralis på samme måde, idet der ellers vil opstå dobbeltsyn. Øjnenes bevægelser skal derfor være uhyre præcise og samordnede, således at vi udnytter vores binokulære syn. Hele 3 kranienerver er derfor involveret i bevægelsen af øjnene⁸, ligesom samordningen af de to øjnes bevægelser formidles via hjernestammens fasciculus longitudinalis medialis, der knytter III, IV og VI kranienerve sammen i et funktionelt samspil, som yderligere kan moduleres af reflekscentre i cerebrum, cerebellum, ligevægtsapparatet, medulla spinalis og truncus encephali⁹.

Aktiviteten i III, IV og VI samordnes via fiberforbindelser, der som fasciculus longitudinalis medialis løber gennem hjernestammen og sammenknytter øjets kranienervekerner. FLM modtager og formidler ligeledes information til øjets kranienervekerner fra cerebellum, det vestibulære system, truncus encephali, medulla spinalis og cerebrum, hvilket er forudsætningen for reflektoriske øjenbevægelser i relation til stillingsændringer og øvrige sensoriske stimulation.

I relation til FLM har man i niveau med nucleus n. abducentis i pons lokaliseret et horisontalt blikcenter for horisontale følgebevægelser, mens man tilsvarende i niveau med nucleus n. oculomotorii har et vertikalt blikcenter, som formidler vertikale samordnede øjenbevægelser.

Hovedparten af vores øjenbevægelser er knyttet til reflektorisk aktivitet udløst via de ovennævnte centre, idet direkte forbindelser fra motorisk cortex til de motoriske øjenmuskelkerner ikke findes. Viljestyrede øjenbevægelser udløses i stedet via et præmotorisk område i hjernebarken, "the frontal

⁷ Dvs. samsidige temporale retina og den modsidige nasale retina.

⁸ Se figur 13.10, side 190 i B.

⁹ Se figur 13.11, side 190 i B.

eyefield”, som sammen med dele af den supplementær motoriske cortex via sine forbindelser til blikcentre og FLM formidler overførslen af bevidste input til øjets kraniehjernenerver.

Klinik:

● Akkomodation¹⁰: Betegner en proces, hvor øjet ved ændring af linsens form fokuserer det indkommende lys præcist på nethinden.

Således er nærsynethed (myopi) kendetegnet ved, at det indkommende lys brydes for stærkt og samles foran nethinden, mens langsynethed (hypermetropi) betegner den modsatte tilstand, hvor det indkommende lys brydes for svagt og derfor samles bag nethinden.

Selve akkomodationsprocessen formidles ved kontraktion af m. ciliaris, hvorved linsens ophængning i zonulatråde afslappes. Herved ændrer den elastiske linse sin form, således at den bliver tykkere og herved kan bryde lyset mere.

M. ciliares innerveres parasymptisk via postganglionære visceromotoriske nervefibre fra ganglion ciliare, som kontaktes synaptisk af præganglionære visceromotoriske tråde fra nucleus Edinger-Westphalii (IIIew).

Med alderen mister linsen sin elasticitet, hvorved evnen til at se ting på nært hold mistet. Denne tilstand betegnes presbyopi (gammelmandssyn).

● Katarakt (grå stær): Uklarheder i øjets brydende medier vil medføre, at lysinputtene ikke når retina, hvorved synet bliver uklart. Ses ofte med alderen og kan afhjælpes ved fjernelse af linsen.

● Glaukom (grøn stær): Trykket i øjet er øget med risiko for trykskader af retinas nervøse komponenter som følge af for kraftig produktion og/eller hæmmet afløb af øjets kammervæske.

● Farveblindhed (achromatopsia): Manglende eller ufuldstændig evne til at erkende farver. Erkendelsen af farver (dvs. lys med forskellige bølgelængde) er baseret på tapcellernes indhold af forskellige former for synspigment med forskellig følsomhed over for lys af bestemte bølgelængder. Da generne, som koder for rødt og grønt synspigment, findes tæt på hinanden svarende til X-kromosomet kan ulige overkrydsning i meiosen resultere i, at disse gener tabes.

● Papilødem: Discus n. optici vil ved oftalmoskopi fremtræde opsvulmet, papilødem. Da n. opticus er derivet fra CNS, er denne nerve i hele sit forløb omgivet af de 3 hjernehindere, som først fortaber sig i øjeæblets væg svarende til dets bageste pol. Disse anatomiske forhold betinger, at øget intrakranielt tryk kan forplante sig til discus n. optici via hulrummet mellem hjernehindere, spatium subarachnoidale.

¹⁰ Se figur 13.12, side 191 i B.

- Synsfeltsudfald¹¹: Da de centrale synsbaner strækker sig fra øjets nethinde bagud til occipitallappen, er det ikke sjældent, at intrakranielle patologiske tilstande kommer til at afficere en del af disse baner. Det vil ofte medføre et karakteristisk synsfeltsudfald, da synsfeltet har en specifik repræsentation i nethinden, som bevares i de centrale synsbaner (retinotopi).
- Total læsion af n. opticus vil således medføre monokulær blindhed, hvorimod læsion af chiasma opticum, hvor nervefibrene fra de nasale halvdele af retina krydser, vil medføre tab af begge øjnes temporale synsfelt, bitemporal hemianopsi.
- Læsioner i tractus opticus vil derimod, da den fører fibre fra samsidige temporale retina og modsidige nasale retina, give anledning til et modsidigt udfald i begge øjnes synsfelter, modsidig homonym hemianopsi.
- Totale læsioner af radiatio optica vil give et tilsvarende synsfeltsudfald, men her ser man pga. radiatio opticas store udstrækning ofte, at kun dele af dette massive fiberbundt er afficeret. En læsion af fibrene i Meyers loop vil således kun afficerer nerveimpulserne fra den nedre modsidige kvadrant af begge øjnes retina og hermed resultere i en modsidig øvre homonym kvadrantanopsi.
- På tilsvarende vis vil selektiv læsion af de forreste dele af området omkring occipitallappens sulcus calcarinus medføre, at cortexområdet, som servicerer macula lutea og hermed det centrale syn, går fri (macula sparing), mens der "kun" optræder et modsidigt homonymt synsfeltsudfald svarende til det perifere synsfelt.

¹¹ Se figur 13.13, side 193 i B.