

Det indre øre (auris interna)<sup>1</sup>:

Findes i pars petrosa ossis temporale og indeholder receptororganerne for henholdsvis høre- og ligevægtssansen. Denne anatomiske enhed af de to sanseorganer er udviklingsmæssigt <sup>forbundet</sup> begrundet, fordi den hindede labyrinth med begge organers receptorområder udvikles fra et fælles anlæg, den <sup>ets embryologi</sup> ektodermale øreplade.

Det indre øre består af en membranøs (hindet) del og en ossøs (benet) del, hvor sidstnævnte omslutter den membranøse del som en beskyttende kapsel.

Den membranøse labyrinth er fyldt med endolymfen\* i et lukket system uden direkte forbindelse med andre væsker. Imellem den membranøse og ossøse labyrinth findes det perilymfatiske hulrum med perilymfen, der gennem aqueductus cochlearis står i forbindelse med cerebrospinalvæsken i subarachnoidalrummet<sup>2</sup>.

Den hindede labyrinth indeholder de egentlige receptororganer for henholdsvis ligevægt og hørelse, idet der i lokaliserede områder forekommer ansamlinger af epithelceller, der er sensoriske receptorer. Disse innerveres af n. vestibulocochlearis, og ved påvirkning af receptorcellerne udløses aktionspotentialer i nerven, hvorved information om lyd og ligevægt når hjernen.

Den benede labyrinth<sup>3</sup>:

Den benede labyrinth har en længde på 2 cm, og består af 3 dele:

1 **Vestibulum:** Oval kapsel, bagtil overgår den i vestibulum, der bagtil går over i canales semicirculares, mens den fortil fortsætter i cochlea.

Dens laterale væg vender ud mod cavitas tympanica, og heri findes fenestra vestibuli, som aflukkes af stapes' fodplade. Vestibulum indeholder utriculus og sacculus fra den hindede labyrinth. <sup>+ fenestra cochleae</sup>

2 **Canales semicirculares:** Rørformede strukturer, som efter deres orientering i forhold til legemets planer benævnes henholdsvis den forreste <sup>anterior/superior</sup> (øverste), bageste <sup>posterior</sup> og laterale (horisontale) buegang. Heraf står canalis semicircularis anterior i et plan vinkelret på pars petrosas længdeakse, hvor den danner en fremhvelving på knoglens overside. Canalis semicircularis posterior er orienteret i pars petrosas længdeakse, mens canalis semicircularis lateralis ligger i et plan vinkelret på de to andre buegange, og fremkalder prominentia canalis semicircularis lateralis på medialvæggen i cavitas tympanica. Hver af buegangene danner 2/3 af en cirkel og har en længde på 1,5 cm. Af en buegangs to ender er den ene udvidet som ampullen. Man kan således for hver buegang skelne mellem et crus

<sup>1</sup> Se side 87 i Netter.

<sup>2</sup> Se figur 5-12, side 79 i RTQH:

<sup>3</sup> Se side 91 i Netter.

ductus og sacculus endolymphaticus  
 \* endolymfen  $K^+ \uparrow$   $Na^+ \downarrow$   
 perilymfen  $K^+ \downarrow$   $Na^+ \uparrow$   
 ↓  
 cerebrospinalvæsken  
 aqueductus cochleae

→ fortykning på canalis semicircularis

crus ampullare og et crus non-ampullare, som munder selvstændigt ind i vestibulum. Crus non-ampullare fra den forreste og den bageste buegang løber tæt ved indmundingen sammen og danner et fælles crus commune.

3 **Cochlea**<sup>4</sup>: Har stor lighed med et sneglehus. Den består af  $2\frac{1}{2}$  vinding med en højde på 5 mm og en basal diameter på 9 mm. Sneglens akse ligger vinkelret på pars petrosas længdeakse foran og medialt for vestibulum, således at dens basis vender medialt og bagud mod bunden af meatus acusticus internus, mens den spids vender fremad og lateralt med ombøjningsstedet for canalis caroticus.

På et længdesnit<sup>5</sup> ses i sneglens midte en central modiulus, hvormod vindingerne snor sig. Modiulus er kegleformet med basis vendende ind mod bunden af meatus acusticus internus. Den gennemløbes af fine, longitudinelle kanaler, som efterhånden bøjer lateralt mod lamina spiralis ossea, en tynd knoglehylde, som strækker sig halvt ind i cochleas lumen, idet den skrueformet snor sig omkring modiulus. Ved den tilhæftede rand af lamina spiralis ossea dannes canalis spiralis cochleae, som indeholder ganglion spirale. Ud til den frie rand af lamina fortsætter fine kanaler, som indeholder nerverne til og fra sansepithelet.

Lamina spiralis deler rummet ind for den enkelte vinding ufuldstændigt i to afsnit, et øvre scala vestibuli og et nedre scala tympani.

De to afsnit er fuldstændigt adskilt af lamina basalis, en bindevævsmembran, der i fortsættelse af lamina spiralis ossea strækker sig ud til fæste på den modstående lateralvæg i cochlea. De to scalae er sammenhængende i sneglens spids, helicotrema.

Scala vestibuli begynder i vestibulum ud for fenestra vestibuli og scala tympani ender ud for fenestra cochleae, som vender ud mod cavitas tympani.

Tæt ved begyndelsen af scala tympani indmunder aqueductus cochlearis, hvis ydre munding ligger på undersiden af pars petrosa ved forkanten af fossa jugularis. Herigennem kommunikerer perilymfen<sup>6</sup> inkonstant med subarachnoidalrummet.

Hulrummene i den benede labyrinth er beklædt med periost, men her indenfor findes et lag af perilymfatiske celler, der er af mesodermal oprindelse og har karakter af afladete fibroblaster.

<sup>4</sup> Se figur 25-3, side 748 i G.

<sup>5</sup> Se figur 5-11, side 78 i RTQH.

<sup>6</sup> Perilymfen har et lavt indhold af  $K^+$  og højt indhold af  $Na^+$ .

Den hindede labyrinth:

Opdeles i:

- Den vestibulære labyrinth: Omfatter utriculus og sacculus, der findes inden i vestibulum, samt de 3 hindede buegange, ductus semicircularis, lokaliseret inde i de benede gange, og ductus endolymphaticus og saccus endolymphaticus, som absorberer endolymfen og transporterer den over i kapillærernes bindevævs lag. *→ dræn til subarchnoidalrummet*
- Den cochleære labyrinth: Udgøres af den hindede snegl, ductus cochlearis, der befinder sig i den benede cochlea.

Alle delene af den hindede labyrinth kommunikerer frit med hinanden, men danner tilsammen et lukket system.

Den hindede labyrinth har samme form som den benede, men er betydeligt mindre, da perilymfen udfylder rummet imellem dem. På denne måde er den hindede labyrinth ophængt i væske inden i den benede, men dens position stabiliseres yderligere i buegange og vestibulum af netværket af perilymfatiske celler.

**Den vestibulære labyrinth:**

- Utriculus: Lokaliseret opad og bagtil i vestibulum. Den har en aflang form og modtager bagtil indmundingerne af de 3 hindede buegange.
- Sacculus: Ligger foran og neden for utriculus i vestibulum, som den er forbundet med ved ductus utriculosaccularis. Desuden fortsætter den nedadtil i ductus reuniens, hvorved den forbindes med den vestibulære ende af ductus cochlearis.
- Ductus semicirculares: Udgør alle lidt over en halvcirkel og har nær den ene ende en udvidelse, ampulla, der er lokaliseret i den benede ampulla. De 3 buegange munder ud i utriculus via 5 huller i bagvæggen af denne, idet den forreste og bageste buegang lige før indmundingen løber sammen.

I lateralvæggen af utriculus findes en oval fortykkelse, macula utriculi, der er orienteret horisontalt, og i medialvæggen af sacculus findes en lignende fortykkelse, macula sacculi, der er orienteret vertikalt. De 2 maculae er desuden orienteret vinkelret på hinanden. Endvidere findes der i ampullen af hver buegang en transversel, kamformet fortykkelse, crista ampullaris.

Macula og cristae ampullares er specialiserede områder af den vestibulære labyrinth, der indeholder receptorcellerne for ligevægtssansen, som modtager de terminale tråde af n. vestibularis.

*Obs ligevægt*

**Den vestibulære labyrinths histologiske opbygning:** Utriculus, sacculus og ductus semicirculares har en tynd, gennemskinnelig væg, der består af et bindevævslag, som ud mod perilymfen er beklædt med de afladede perilymfatiske celler.

Ind mod endolymfen findes et enlaget pladeepithel.

På maculae og cristae ampullares er epitelet højt cylinderisk og specialiseret som receptorepithel for ligevægtssansen. Det består af:

• Hårceller: De sensoriske receptorceller, hvoraf man skelner mellem<sup>7</sup>:

- Type-1 hårceller: Pæreformede hårcelle, hvis frie overflade ind mod endolymfen er besat med 50 ubevægelige stereocilier, som gradvist vokser i længden i retning af kinociliumet.

Nerveterminalens calyx er de terminale udvidelser af afferente vestibulære nervetråde, og anses for at være mere diskriminerende end type-2 hårceller.

- Type-2 hårceller: Cylinderisk form, som overvejende er identisk med type-1 hårcellerne, men som dog afviger ved den forskellig innervation. Kun den basale del af type-2 hårcellerne har kontakt med vestibulære nerveterminaler, men hver celle er til gengæld innoveret af talrige terminaler som hører til de afferente og efferente vestibulære tråde.

Den efferente innervation af type-2 hårcellerne samt af calyx omkring type-1 hårcellerne menes at være udtryk for, at de sensoriske vestibulære signaler moduleres på det perifere receptorniveau.

• Støtteceller: Højt cylinderiske og strækker sig fra basalmembranen til den luminal overflade. De yder mekanisk støtte til hårcellerne samt ernærer disse.

Udløbere fra hårcellerne strækker sig op i en gelatinøs, glykosaminoglykanholdig substans, der beklæder oversiden af maculae og cristae ampullares<sup>8</sup>.

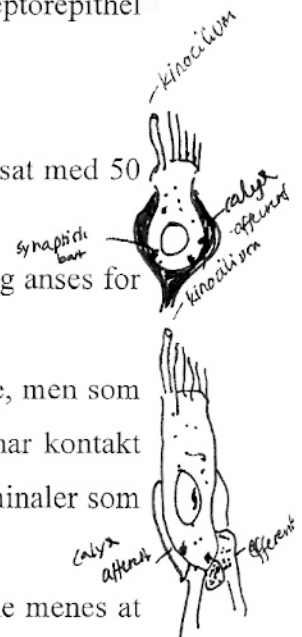
• I maculae er denne masse afladet og ovenpå er der et stort antal statokonier, som består af calciumkarbonat.

Det adekvæte irritament for stimulation af hårcellerne er lineære accelerationer (bil-acceleration) inklusiv tyndekraften. Da statokoniemembranen har en større vægtfylde end endolymfen, vil en lineær acceleration i en hvilken som helst retning, f.eks. bøjning af hovedet, fremkalde en bevægelse af statokoniemembranen i forhold til hårcellerne, hvorved cilierne bøjes. Herved fremkaldes potentialændring i hårcellerne. Bøjning af cilierne i den retning af cellen, hvor kinociliet er lokaliseret fremkalder en depolarisering af hårcellen fulgt af øget impulsfrekvens i den afferente

<sup>7</sup> Se figur 25-7, side 751 i G.

<sup>8</sup> Se figur 25-8, side 753 i G.

mod kinociliet → depol.  
væk kinociliet → hyperpol.



nervetråd, mens bøjning i den modsatte retning fremkalder en hyperpolarisering af hårcellen fulgt af nedsat impulsfrekvens i den afferente nervetråd.

• I crista ampullares er den gelatinøse, glykosaminoglykanholdige masse betydeligt tykkere og betegnes cupula. Den strækker sig kuppelformet ind i ampullen og når med sin øverste del tæt på dennes modstående væg. I forbindelse med strømninger i endolymfen er cupula i stand til at svinge fra side til side.

Det adekvæte irritament for hårcellerne er rotation i plan med den pågældende buegang (anterior = saltbevægelse, posterior = vejrmølle og lateral = kontorstol). Dette fremkaldes, hvis hovedet drejes. Endolymfen vil nu slæbe efter, dvs. bevæge sig relativt i den modsatte retning. Da cupula er fikseret med sin basale del til crista ampullaris og buegangsvæggen, vil dens frie ende blive bevæget i modsat retning af hovedbevægelsen, idet endolymfen presser cupula i modsatte retning.

Den svinger således som en dør, hvorved cilierne bøjes i modsatte retning af hovedbevægelsen. Bøjning af cilierne fremkalder depolarisering og hyperpolarisering på samme måde som i maculae.

**Den vestibulære labyrints funktion:** Statokoniesækkene og de hindede buegange udgør receptororganet for ligevægtssansen. Det adekvæte irritament for bevægelsesaccelerationer, der medfører bøjning af hårcellernes cilier. Herved fremkaldes ændringer i receptorpotential og sekundært i impulsfrekvensen i de afferente vestibulære nervetråde, hvorved CNS tilføres information om hovedets position og bevægelser i rummet. I CNS udløser nerveimpulser ubevidste reflekser, idet balancen opretholdes reflektorisk uden bevidsthedens medvirken.

**Den cochleære labyrint:** Udgøres af den hindede snegl. Denne er et spiralsnoet rør, der er beliggende i den benede cochlea, langs dennes ydre væg. Dens basale ende ligger i vestibulum og er forbundet med sacculus ved ductus reuniens. Den øverste blinde ende er beliggende apikalt i den benede cochlea.

Ductus cochlearis indeholder endolymfen og er på tværsnit nogenlunde trekantet og kan beskrives med<sup>9</sup>:

• **Loft:** Udgøres af Reissners membran (membran vestibularis), der strækker sig fra den fortykkede periost på lamina spiralis til periost på indersiden af cochleas ydervæg. Det adskiller ductus cochlearis fra scala vestibuli.

ps. lukket system registrering af lineær bevægelse  
 ductus endolymphaticus, saccus endolyum. hårceller i sacculus og utriculus macula  
 "runtlige" bevægelser crista ampullaris

<sup>9</sup> Se figur 25-9, side 755 i G og side 91 i Netter.

- Ydervæg: Dannes af lig. spirale cochleae, der er den fortykkede periost på den indvendige overflade af cochlea ud for ductus cochlearis. Hovedparten af lig. spirale er specialiseret i form af stria vascularis, der strækker sig fra tilhæftningen af Reissners membran ned til en afrundet udbuling i ductus cochlearis, prominentia spiralis.
- Gulv: Dannes af lamina spiralis ossea og membrana basilaris. Gulvets underside vender ned mod scala tympani, mens oversiden vender ind mod ductus cochlearis. Oversiden bærer det Cortiske organ, der er receptororgan for høresansen.

### Den cochleære labyrints struktur<sup>10</sup>:

• Reissners membran: Består af 2 afladede epithellag, adskilt af en fælles basallamina. Epithelet op mod scala vestibuli udgøres af de perilymfatiske celler, mens det ned mod ductus cochlearis udgøres af et enlaget pladeepithel, som har betydning for væske- og elektrolyttransport.

• Stria vascularis: Består af lig. spirale (tykt lag af periost), der ud for stria vascularis er beklædt med et flerlaget epithel ind mod ductus cochlearis. Epithelet er sammensat af basalceller, der danner et basalt og intermediært lag af celler, og et yderste cellelag af marginale celler, der medvirker til dannelsen af endolymfen.

• Lamina spiralis ossea: Den ydre rand af lamina spiralis ossea gennembøres af nervetrådene i n. cochlearis og opdeles herved i en øvre og en nedre knogleplade.

- Den øvre knogleplade: Periost er fortykket ind mod ductus cochlearis ved limbus laminae spiralis.

• Membrana basilaris: Bærer det Cortiske organ, der er fæstnet til oversiden af membranen. Epithelcellerne i det Cortiske organ adskilles ved en basalmembran fra bindevævet i membrana basilaris. Undersiden af denne er beklædt med perilymfatiske celler, der har karakter af afladede fibroblaster.

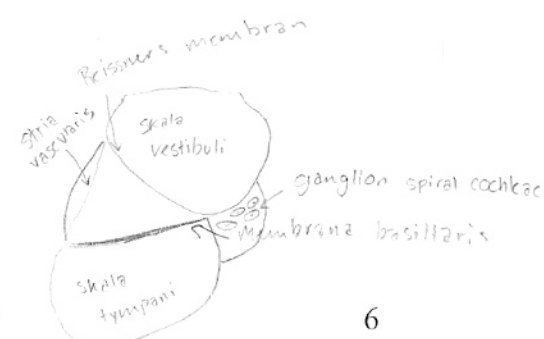
Perifert for den Cortiske tunnel består filamenterne af hørestringene. Svarende til den forskellige længde og stivhed af hørestringene vil et bestemt område af membrana basilaris komme i maksimal svingning afhængigt af frekvensen af lyden.

**Det Cortiske organ<sup>11</sup>**: Fortykket epithel på oversiden af membrana basilaris, som udgør receptororganet for hørelsen. Epithelcellerne kan opdeles i:

**De cochleære hårceller**: Deles i indre og ydre hårceller.

<sup>10</sup> Se figur 25-10, side 756 i G.

<sup>11</sup> Se figur 25-11, side 758 og figur 25-12, side 759 i G.



- afferente til det cortiske organ indstiller hårcellerne til en ønsket frekvens  
Forberedelse til eksamen på 3. semester.



med samme frekvens i scala vestibuli og scala tympani, idet kompressionen af perilymfen ved indsving af stapes fodplade medfører udsving af membranen i fenestra cochleae. Pga. tryksvingningernes høje frekvens er disse imidlertid ikke i stand til at passere hele strækningen fra fenestra vestibuli op gennem scala vestibuli, helicotrema og ned gennem scala tympani til fenestra cochleae for hvert indsving af stapes og hele den modsatte vej for hvert udsving.

Ifølge travelling wave-teori, sker der ved indsving af stapes' basis i stedet det, at den fremkaldte trykstigning i den mest basale del af cochlea forplanter sig gennem Reissners membran, ductus cochlearis og membrana basilaris til den basale del af scala tympani. Ved denne forplantning af trykbølgen fra scala vestibuli til scala tympani fremkaldes en nedadgående svingning i det første, basale stykke af membrana basilaris, og som følge af elastisk spænding i hørestringene fremkalder det elastiske tilbageslag fra disse en bølgebevægelse i membrana basilaris, der udbreder sig i retning af helicotrema.

Strukturen af membrana basilaris tiltager i længde, men aftager i stivhed i retning fra basis til helicotrema, hvorfor resonansfrekvensen er lavest i apex og stiger til maksimum ved basis. Vibrationsbølgen i membrana basilaris vil nå maksimalt udsving ud for det sted i membranen, hvis resonansfrekvens er identisk med lydfrekvensen.

Svingningerne i et bestemt område af membrana basilaris fremkalder excitation af hårcellerne ud for dette område, hvilket sekundært fremkalder aktionspotentialer i de afferente cochlearistråde og dermed et lydindtryk svarende til den pågældende tonefrekvens.

Det adækvate irritament for excitation af hårcellerne er bøjning af cilierne, der fremkalder ændringer i hårcellernes membranpotential. Denne bøjning fremkaldes ved, at hårcellen er fikseret til membrana basilaris, mens cilierne er fikseret til membrana tectoria. Membrana basilaris og det Cortiske organ bevæger sig som en enhed, og ved en nedadgående bevægelse af membrana basilaris bevæges membrana reticularis nedad og udad, hvorved cilierne bøjes indad.

De indre hårceller innerveres af 95 % af de afferente tråde i n. cochlearis, mens kun 5 % af trådene når de ydre hårceller, og det menes derfor, at de indre hårceller er de primære lydreceptorer.

De ydre hårceller modtager derimod en betydelig efferent innervation, som menes at have høreforbedrende effekt, dels ved at virke som forstærkning af lydene som følge af nedsættelse af den naturlige tilstedeværende dæmpning af membrana basilaris, des ved at dette sker for bestemte frekvenser.

Kar- og nerveforsyning i det indre øre:

**Arterier<sup>12</sup>:**

- A. labyrinthi: Forsyner det meste af det indre øre, afgår fra a. basilaris. Den løber gennem meatus acusticus internus og deler sig i flere grene, som følger nerverne til labyrinten og cochlea.
- A. stylomastoidea: Forsyner de semicirkulære kanaler, og er en sidegren fra enten a. occipitalis eller a. auricularis posterior.

**Vener:**

- Tømmer sig i vv. labyrinthi, der tømmer sig i sinus petrosus inferior eller sinus sigmoideus.
- Veneafløbet fra vestibulærapparatet varetages af vv. vestibulares, der tømmer sig i sinus petrosus superior eller i sinus transversus.

**Lymfekar:** Fines ikke i det indre øre.

**Innervation<sup>13</sup>:**

Det indre øre innerveres af n. vestibulocochlearis, som udgøres af n. vestibularis, som er tilknyttet ligevægtssansen, og n. cochlearis, som er den egentlige hørenerve.

Nerven kommer til syne ved underkanten af pons lige lateralt for n. facialis. Herfra løber den lateralt sammen med n. facialis gennem cisterna cerebellopontina i fossa cranii posterior, kommer dernæst i meatus acusticus internus og fortsætter til innervation af sansecellerne i det indre øre. Til n. vestibularis og n. cochlearis er knyttet sensoriske ganglier, hvoraf ganglion vestibulare ligger i bunden af meatus acusticus internus, mens ganglion spirale ligger i canalis spiralis.

---

<sup>12</sup> Se side 130 i Netter.

<sup>13</sup> Se side 118 i Netter.