

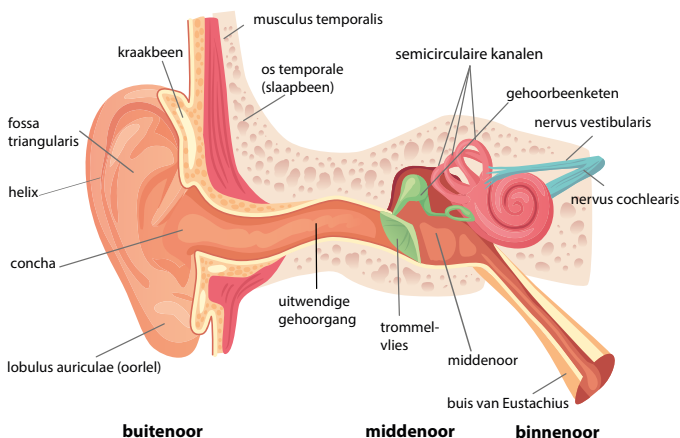
Hoofdstuk 2

Het oor

2.1 Anatomie en fysiologie

Het oor is verdeeld in drie delen: het buitenoor, het middenoor en het binnenoor (figuur 2.1). Het buitenoor bestaat uit de oorschelp en de uitwendige gehoorgang en vangt geluidstrillingen op. Door het trommelvlies worden deze trillingen versterkt doorgegeven aan de gehoorbeenketen in het middenoor. De malleus (hamer), incus (aambeeld) en stapes (stijgbeugel) worden achtereenvolgend in trilling gebracht. De stapes is verbonden met de cochlea (slakkenhuis) in het binnenoor, dat gevuld is met vocht. Luchttrillingen worden hier omgezet in vloeistoftrillingen, die vervolgens worden omgezet in zenuwprikkels. Deze signalen worden door de nervus vestibulocochlearis naar de auditieve cortex gestuurd, waar ze worden verwerkt tot geluid.

In het middenoor zit lucht waardoor de gehoorbeenketen vrij beweeglijk kan trillen. Deze lucht wordt aangevoerd via de buis van Eustachius, ook wel de tuba van Eustachius of tuba auditiva genoemd. Naast de uitwendige gehoorgang is er ook een inwendige gehoorgang waar de nervus facialis (n. VII) en nervus vestibulocochlearis (n. VIII) zich bevinden.



Figuur 2.1 Bouw van het gehoororgaan.

» **Het buitenoor**

Het buitenoor, ook wel bekend als het uitwendige oor, bestaat uit de oorschelp en de gehoorgang. De vorm en grootte van de oorschelp zijn uniek, net als een vingerafdruk. De buitenrand heet de helix, de diepste impressie de concha (cavum conchae) en de voorzijde de tragus (zie figuur 2.1). Het skelet van de oorschelp is opgebouwd uit kraakbeen, met uitzondering van de oorlel (lobulus auriculae). De kraakbeenstructuur is bedekt met huid.

De gehoorgang is gemiddeld zo'n 2,5 cm lang en heeft een diameter van 10 mm. Het buitenste (laterale) deel van de gehoorgang is opgebouwd uit kraakbeen en bindweefsel met daarin talgklieren. Deze klieren produceren samen met afgestorven huidepitheel cerumen (oorsmeer). Cerumen heeft een lage pH-waarde en zorgt daarmee voor een zuur milieu, wat micro-organismen afstoot. In het eerste deel van de gehoorgang zijn haartjes aanwezig die het oorsmeer naar buiten werken en zo bijdragen aan het zelfreinigende vermogen van de gehoorgang. In het diepste (mediane) deel van de gehoorgang zit geen kraakbeen, maar ligt de dunne huid direct op het bot, slechts gescheiden door botvlies. Aan de voorzijde van de gehoorgang bevindt zich het kaakgewricht. Wanneer je de mond opent, verwijdt de gehoorgang en bij sluiten vernauwt deze weer.

Bij mensen heeft de oorschelp een beperkte functie wat betreft het gehoor. De oorschelp vangt vooral hoge tonen op en helpt bij het bepalen van de richting van het geluid. Via de gehoorgang wordt geluid doorgegeven aan het trommelvlies.

» **Het trommelvlies**

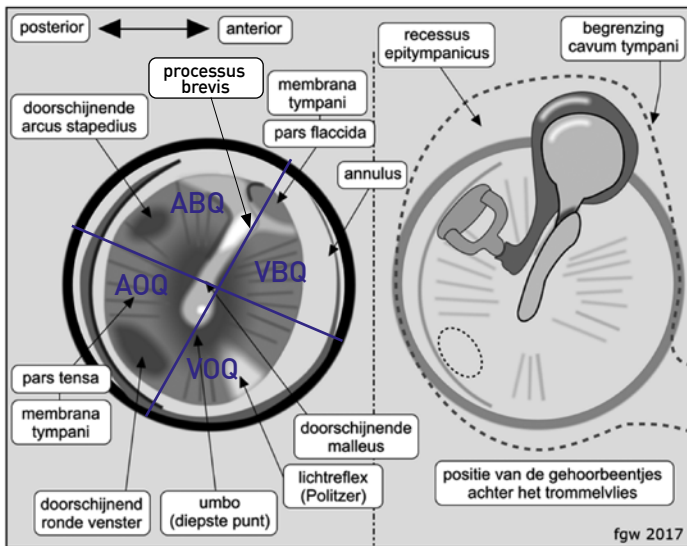
Het trommelvlies is een dun membraan dat het buitenoor en het middenoor scheidt. Het trommelvlies bestaat uit drie lagen, die samen ongeveer 0,1 mm dik zijn. De buitenste laag is een huidepitheellaag, gevolgd door een middelste laag van fibreus bindweefsel en ten slotte een binnenste laag van enkellaags slijmvlies. De middelste bindweefsellag is samengesteld uit een web van collageenvezels en is verbonden met de hamersteel (steel van de malleus), die zich in het middenoor bevindt.

Het trommelvlies heeft een kegelvorm. Het diepste punt wordt gevormd door het uiteinde van de hamersteel, ook wel bekend als de umbo. Door middel van een assenstelsel dat gebaseerd is op de richting van de hamersteel en een loodrechte lijn op de umbo, wordt het trommelvlies verdeeld in vier kwadranten: voorboven, vooronder, achteronder en achterboven (figuur 2.2). Ter plaatse van de hamerhals bevinden zich twee horizontaal verlopende ligamenten (het voorste en achterste ligament van de malleus), die de grens

vormen tussen twee delen van het trommelvlies: pars tensa en pars flaccida (ook wel bekend als het membraan van Schrapnell). De pars flaccida (in het voorboven kwadrant) is slapper dan de andere delen door een minder gestructureerde bindweefsellaag en het ontbreken van een annulus. Deze annulus fibrocartilagineus is een fibreuze streng waarmee het trommelvlies vast zit in een groeve (sulcus) aan het einde van de benige gehoorgang.

Achter het achterboven kwadrant van het trommelvlies bevinden zich de chorda tympani, het lange been van de incus en de stapes. Mediaan van het achteronder kwadrant ligt de nis van het ronde venster. In het vooronder kwadrant is bij belichting een lichtreflex van Politzer zichtbaar (figuur 2.2). Het uitvoeren van een paracentese (doorprikken van het trommelvlies) of het plaatsen van een trommelvliesbuisje is dit het veiligste deel van het trommelvlies, omdat er zich mediaan hiervan (bij normale anatomie) geen structuren bevinden.

Het trommelvlies fungeert als een krachtige versterker: geluidstrillingen die via de uitwendige gehoorgang het trommelvlies bereiken worden 20 keer versterkt doorgegeven aan de gehoorbeenenketen.

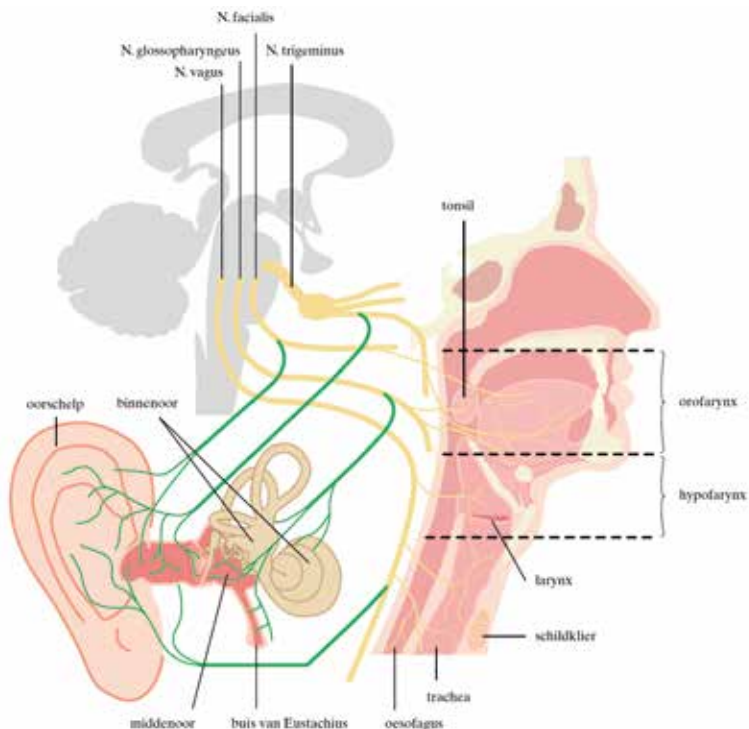


Figuur 2.2 Links: buitenaanzicht van het trommelvlies (rechteroor). Rechts: de structuren die zich direct achter het trommelvlies bevinden. ABQ: achterboven kwadrant, VBQ: voorboven kwadrant, VQO: vooronder kwadrant, AQO: achteronder kwadrant. Bron: audiologieboek.

Vascularisatie en innervatie buitenoor en trommelvlies

Het buitenoor krijgt voornamelijk bloed uit takken van de arteria temporalis superficialis, een aftakking van de arteria carotis externa.

De sensibele innervatie van het buitenoor wordt verzorgd door verschillende spinale en perifere hersenzenuwen. Er bestaat een complexe anatomische relatie tussen de innervatie van het oor en andere structuren in het hoofd-halsgebied (Figuur 2.3). Pathologie in deze andere structuren kan leiden tot referred otalgie (uitstralende oorpijn).



Figuur 2.3 Complexe anatomische relatie tussen de innervatie van het oor en andere structuren in het hoofd-halsgebied. Bron: Artikel Ned. Tijdschr. Geneesk. 2003 17 mei; 147(20).

De ramus auricularis (**Arnoldi, Alderman's nerve**) van de nervus vagus (n. X) zorgt voor de sensibele innervatie van het achterste gedeelte van de uitwendige gehoorgang en de achterzijde van de oorschelp. De n. X innerveert

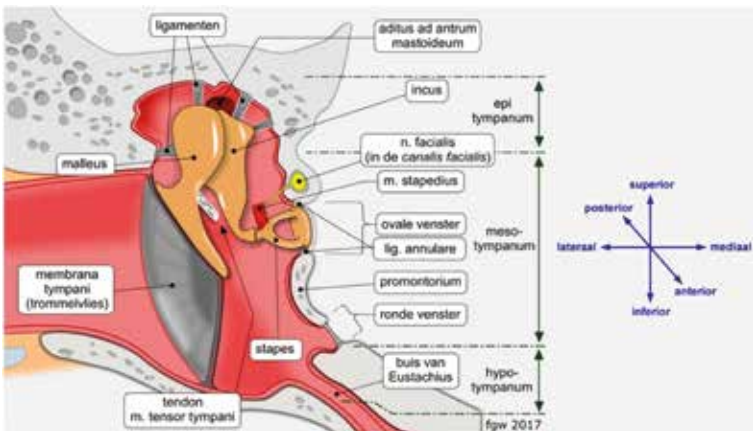
ook het slijmvlies van de epiglottis, de larynx, de trachea, de bronchus, de oesofagus en het hart. Wanneer de uitwendige gehoorgang mechanische geprikkeld wordt, kan dit reflexen van de n. X veroorzaken, wat kan leiden tot hoesten, overgeven en veranderingen in het hartritme.

De nervus intermedius van de nervus facialis (n. VII) zorgt ook voor de sensorische innervatie van de achterzijde van de uitwendige gehoorgang en de achterzijde van de oorschelp. Deze zenuw bevat tevens sensorische vezels voor de smaak, en parasympathische vezels die zorgen voor speekselsecretie door de glandula submandibularis, sublingualis en de kleine speekselklieren.

De nervus auriculotemporalis van de nervus mandibularis (n. V3) zorgt voor de sensibele innervatie van de tragus, de binnenzijde van de oorschelp, de voorkant van de uitwendige gehoorgang en de buitenzijde van het trommelvlies. Verder innerveert de n. V3 de tonsil, het voorste twee derde deel van de tong (via nervus lingualis), het ondergebit (via nervus alveolaris inferior), de wangmucosa (via nervus buccalis), het temporomandibulaire gewricht en de glandula parotis (via nervus auriculotemporalis).

De helix en oorlel worden geïnnerveerd door de nervus auricularis magnus en de nervus occipitalis minor, beide afkomstig van de plexus cervicalis C2 en C3.

» Het middenoor



Figuur 2.4 Het middenoor is opgedeeld in het epi-tympanum, het meso-tympanum en het hypo-tympanum en bevat 3 gehoorbeentjes en 2 middenoorspiertjes. Bron: audiologieboek

Het middenoor, ook wel de trommelholte (cavum tympani) genoemd, is een afgesloten ruimte van ongeveer 1 cm³. Hier bevinden zich de drie gehoorbeentjes, namelijk de malleus, incus en stapes, en twee spiertjes. Het middenoor is opgedeeld in drie delen: het epitympanum (koepelholte), het mesotympanum en het hypotympanum. Het mesotympanum is het deel van het middenoor achter het trommelvlies. Het epitympanum is het deel boven het niveau van het dak van de gehoorgang en het hypotympanum het deel onder het niveau van de bodem van de gehoorgang (figuur 2.4).

Gehoorbeenketen

De gehoorbeenketen bestaat uit drie botjes: de malleus (hamer), de incus (aambeeld) en de stapes (stijgbeugel). De malleus heeft een steel die in het trommelvlies zit, een hals die opgehangen is met twee ligamenten en een kop die zich in het epitympanum bevindt en verbonden is met de incus. Het laterale uitsteeksel van de hamersteel heet de processus brevis (of processus lateralis mallei) en is zichtbaar als een wit knobbeltje in het trommelvlies (zie pijl in figuur 2.5). De incus hangt met twee ligamenten vast in het epitympanum, één aan het corpus en één aan het korte been. Het lange been bevindt zich in het mesotympanum en is verbonden met de bovenbouw van de stapes via de processus lenticularis. De bovenbouw van de stapes is verbonden met de voetplaat via een voorste en achterste pootje (crus). De voetplaat hangt met een ligament (ligament annulare) vast in het ovale venster (zie figuur 2.4).



Figuur 2.5 Normaal trommelvlies, links
Pijl: processus brevis

Geluidstrillingen worden van het trommelvlies naar de gehoorbeenketen doorgegeven en door een hefboomwerking versterkt. Vervolgens wordt de trilling via het ovale venster door de stijgbeugel doorgegeven aan de cochlea.

Begrenzungen

Het middenoor heeft zes begrenzingen: lateraal, mediaal, superior, posterior, inferior en anterieur. De buitenwand van het middenoor (**lateraal**) bestaat uit het trommelvees. De binnenwand van het middenoor (**mediaal**) grenst aan verschillende onderdelen van het labrynt, namelijk het horizontale half-cirkelvormige kanaal (laterale kanaal), de nervus facialis, het ovale venster, het promotorium en het ronde venster. Het dak (**superior**) van het middenoor wordt gevormd door het tegmen tympani. Dit is een flinterdunne botstructuur die het middenoor scheidt van de middelste schedelgroeve. De **posterieure** wand (achterwand) verbindt het middenoor met zijn koepelholte (atticus) en het antrum, de eerste cel van het mastoid (rotsbeen). Bij de bodem (**inferior**) van het middenoor komt de nervus tympanicum (nervus Jacobsoni) het middenoor binnen. Hier loopt ook de bulbus jugularis (vena jugularis interna). Tenslotte is de **anterieure** wand (voorwand) een dun botschot tussen het middenoor en de arterie carotis interna, die de opening naar de buis van Eustachius (ostium tympanicum) bevat.

Het middenoor en het mastoid zijn grotendeels bedekt met een dun laagje slijmvlies. Alleen aan de anterieure zijde van het middenoor en in de buis van Eustachius bevindt zich trilhaarepitheel met sereuze en mucineuze klieren. Bij kinderen zijn de mucineuze klieren in de meerderheid, bij ouderen de sereuze klieren.

De buis van Eustachius is een structuur die het middenoor met de nasofarynx verbindt. Achter de trechtervormige opening, genaamd torus tubarius, in de nasofarynx ligt een groeve die de fossa van Rosenmüller wordt genoemd. De buis van Eustachius zorgt ervoor dat de luchtdruk in het middenoor in evenwicht blijft met de buitenlucht. Normaal gesproken opent de buis zich periodiek tijdens het slikken, kauwen en gapen door het aanspannen van de musculus tensor palatini en levator veli palatini. Ook kun je actief de druk in je oren 'klaren'. Als de buis gedurende een langere tijd niet voldoende opent, ontstaat er een onderdruk in het middenoor doordat de lucht wordt geresorbeerd. Het vocht dat door het trilhaarepitheel wordt geproduceerd, wordt dan tevens niet goed afgevoerd naar de nasofarynx, waardoor een otitis media met effusie kan ontstaan. Bij snelle drukwisselingen, zoals in de bergen, in een vliegtuig of tijdens duiken, moet de buis van Eustachius goed openen om de druk in het middenoor en de buitenwereld te egaliseren.

Vascularisatie en innervatie middenoor

Het middenoor wordt van bloed voorzien door de arteria tympanica inferior, een aftakking van de arteria carotis interna, en door de arteria tympanica pos-

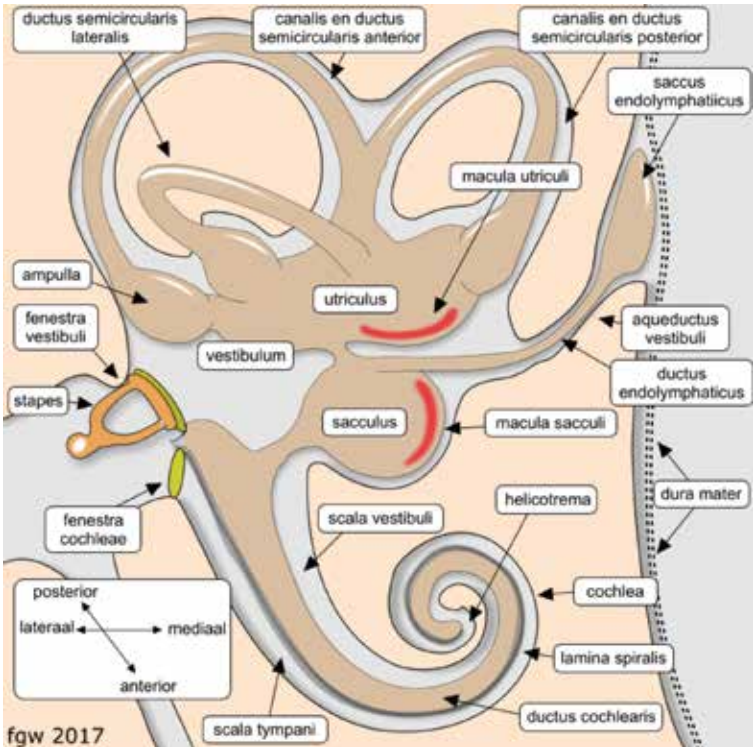
terior, een aftakking van de arteria maxillaris. De veneuze drainage van het middenoor vindt plaats via de plexus tympanicus, die uiteindelijk uitmondt in de vena jugularis interna.

In het middenoor bevinden zich twee kleine spiertjes: de musculus stapedius en de musculus tensor tympani. De musculus stapedius ontspringt in een kanaal naast de buis van Eustachius en zijn pees loopt door een opening in de eminentia pyramidalis (processus pyramidalis) om zich vast te hechten aan de kop van de stapes. De **nervus stapedius**, een aftakking van de nervus facialis, zorgt voor de motorische aansturing van de musculus stapedius. Wanneer (onverwachte) geluiden van meer dan 85 dB worden waargenomen, treedt de stapediusreflex in werking, waarbij de pees zich samentrekt en een geluidsdempend effect van ongeveer 15 dB optreedt. De musculus stapedius werkt samen met de musculus tensor tympani. Ook deze zorgt namelijk bij luide geluiden voor het verhogen van de spanning van het trommelvlies, waardoor het geluid iets gedempt wordt. De musculus tensor tympani loopt vanaf de canalis tensor tympani via processus cochleariformis naar de hals van de hamer loopt. De motorische innervatie van de musculus tensor tympani wordt verzorgd door de **nervus auriculotemporalis** (tak van n. V3), die ook voor de sensibele innervatie van andere structuren in het hoofd-halsgebied verzorgt (Figuur 2.3).

De **nervus tympanicus**, ook wel bekend als de nervus Jacobsoni, is een tak van de nervus glossopharyngeus (n. IX). Deze zenuw verzorgt de sensorische innervatie van de binnenzijde van het trommelvlies, het slijmvlies van het middenoor en de buis van Eustachius. De nervus tympanicus loopt over het promotorium. Het achterste eenderde deel van de tong, de tongbasis, tonsil, palatum en slijmvlies van de farynx wordt ook geïnnerveerd door de n. IX (figuur 2.3). Een dentogeen, oraal, faryngeaal of craniomandibulair focus kan dus ook een uitstralende oorpijn geven.

» Het binnenoor

Het binnenoor bestaat uit het gehoororgaan (cochlea, slakkenhuis) en het evenwichtsorgaan. Het evenwichtsorgaan bestaat uit statoliet organen (sacculus en utriculus) en drie halfcirkelvormige (semicirculaire) kanalen, namelijk het horizontale (laterale), posterieure (inferieure) en superieure (anterieure) kanaal. Het binnenoor is volledig omgeven door bot, bekend als het otisch kapsel. Het binnenoor is gevuld met vocht en de vloeistofruimtes worden verdeeld in een benig en een vliezig labrynt. Het benig labrynt is gevuld met perilymfe (buitenvloeistof) en omgeeft het vliezig labrynt welke is gevuld met endolymfe (binnenvloeistof) (figuur 2.6).



Figuur 2.6 Het benige (blauwgrijs) labrynt omgeeft het vliezige (bruinigrijs) labrynt. Bron: audiologieboek

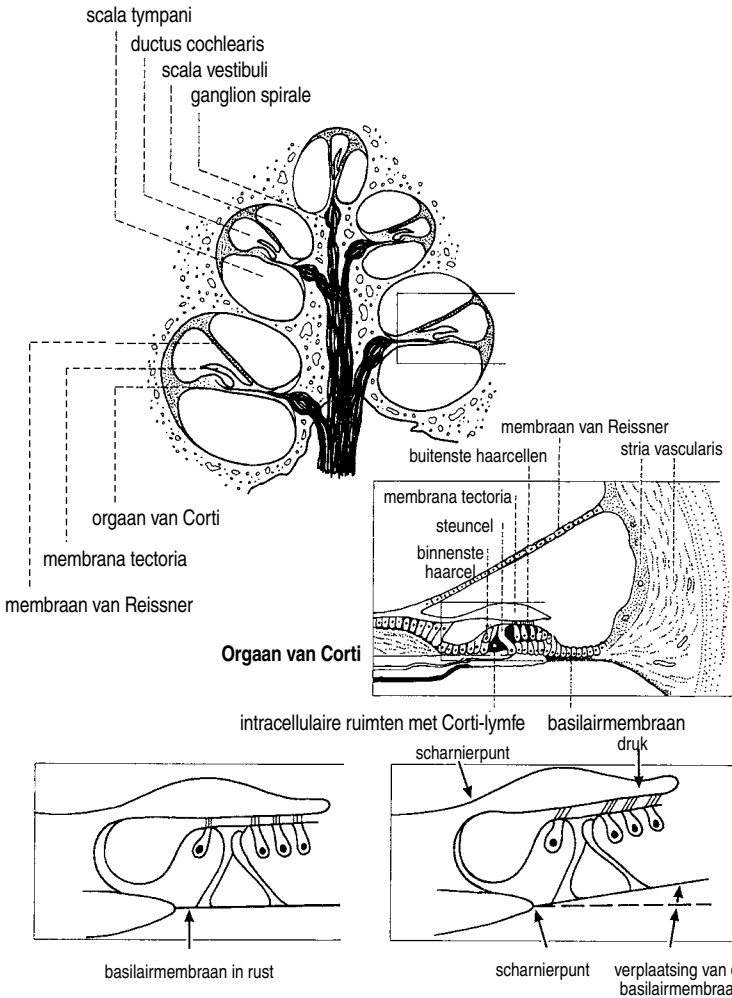
De cochlea is een buis die 2,5 maal is gewonden rondom een centrale as, de modiolus. Deze buis is verdeeld in drie compartimenten door twee membranen, namelijk het membraan van Reissner en het basilair membraan. De compartimenten worden de scala vestibuli, de scala media (ook bekend als de ductus cochlearis) en de scala tympani genoemd. De scala vestibuli communiceert met het ovale venster en het daarachter gelegen vestibulum (vestibulum labyrinthi). De scala tympani communiceert met het ronde venster. Aan de top (apex) van de cochlea staan de scala vestibuli en scala tympani met elkaar in verbinding via het helicotrema (figuur 2.6). De perilymfe, een natriumrijk vocht, vult de scala vestibuli en de scala tympani die allebei behoren tot het benige labrynt. Dit vocht komt uit de subarachnoïdale ruimte en wordt aangevoerd via de ductus perilymphaticus (cochleair aquaduct of aqua-

ductus cochlea). De scala media, behorend tot het vliezige labrynt, is gevuld met endolymfe, een kaliumrijk vocht dat wordt geproduceerd door de stria vascularis.

Wanneer geluidstrillingen via de stapes het ovale venster bereiken, ontstaat er een golfbeweging in de vloeistof in de cochlea die in amplitude toeneemt. De vloeistof in het binnenoor kan niet samengedrukt worden door het otisch kapsel. Hierdoor zal een naar binnen gerichte beweging bij het ovale venster resulteren in een identieke beweging naar buiten bij het ronde venster. Dit creëert een drukverschil tussen de scala vestibuli en scala tympani, waardoor het basilair membraan gaat bewegen. Op dit membraan bevindt zich het eigenlijke gehoororgaan, het orgaan van Corti, dat trillingen omzet in actiepotentialen.

Het **orgaan van Corti** ligt op de basilair membraan in de scala media en bestaat uit één rij binnenste haarcellen, drie rijen buitenste haarcellen (zintuigcellen), de tectoriaal membraan (membrana tectoria of dekmembraan), zenuwvezels en steuncellen (figuur 2.7). De haarcellen liggen op de basilair membraan en zijn met hun uiteinde verbonden via de tectoriaal membraan. Een geluidsstimulus resulteert in een drukverschil tussen de scala vestibuli en scala tympani en daardoor een beweging van de basilair membraan. De hierop gelegen haarcellen verschuiven dan ten opzichte van de tectoriaal membraan. Deze mechanische verplaatsing prikkelt de haarcellen, waardoor depolarisaties in de synapsen aan de basis van de binnenste haarcellen ontstaan. Hierdoor ontstaan actiepotentialen in de neuronen van de nervus vestibulocochlearis (n. VIII). Al bij zachte auditieve stimuli gaan de buitenste haarcellen ritmisch contraheren, waardoor de bewegingen van de basilair membraan versterkt worden en de binnenste haarcellen sterker gestimuleerd worden. De n. VIII brengt de opgewekte actiepotentialen over aan de temporele auditieve cortex en loopt samen met de n. VII door de inwendige gehoorgang.

De micromotiliteit van de buitenste haarcellen vergroot de frequentieselectiviteit. De basilair membraan werkt als een afgestemde klankbodemp. Elke geluidsfrequentie heeft zijn eigen plaats op de basilair membraan waar zijn amplitude maximaal is, dat bewuste deel van de basilair membraan is dus verantwoordelijk voor het opvangen en verwerken van een specifiek deel van het geluidsfrequentie spectrum. Deze zogenaamde tonotopie wordt veroorzaakt door verschillen in stijfheid van basilair membraan en door verschillen in vloeistofweerstand en vloeistofmassa. De basilair membraan is aan de basale kant smal en stug en aan de apicale kant breed en slap. Naar de apex toe is de cochlea smaller, dus is er een toename van de vloeistofweerstand. Hoogfrequente geluiden worden daardoor het best waargenomen basaal in de cochlea (vlak bij de stapes), terwijl dit voor laag frequente geluiden juist apicaal is.



Figuur 2.7 Een geluidsstimulus resulteert in een drukverschil tussen de scala vestibuli en scala tympani wat een beweging van de basilair membraan veroorzaakt. De hierop gelegen haarcellen verschuiven dan ten opzichte van de tectoriaal membraan waardoor een actiepotentiaal wordt gegenereert. Links in rust en rechts tijdens een geluidsstimulus.