

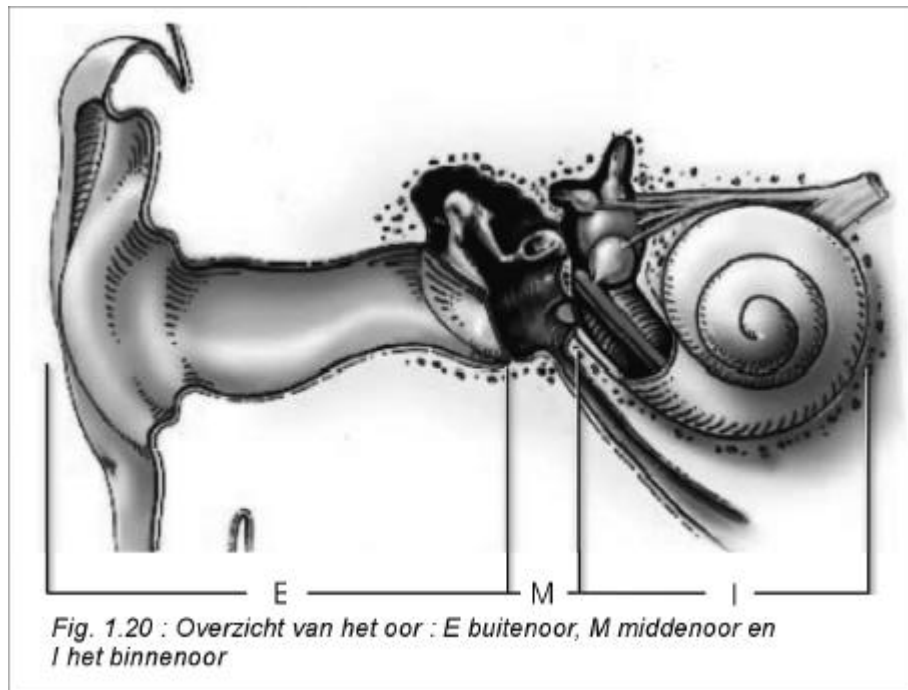
Na het vrij technische hoofdstuk over decibels en aanverwante berekeningen zullen we het deze maand hebben over het orgaan waarmee we allemaal geluid herkennen en onderscheiden, namelijk het oor.

6. Het oor

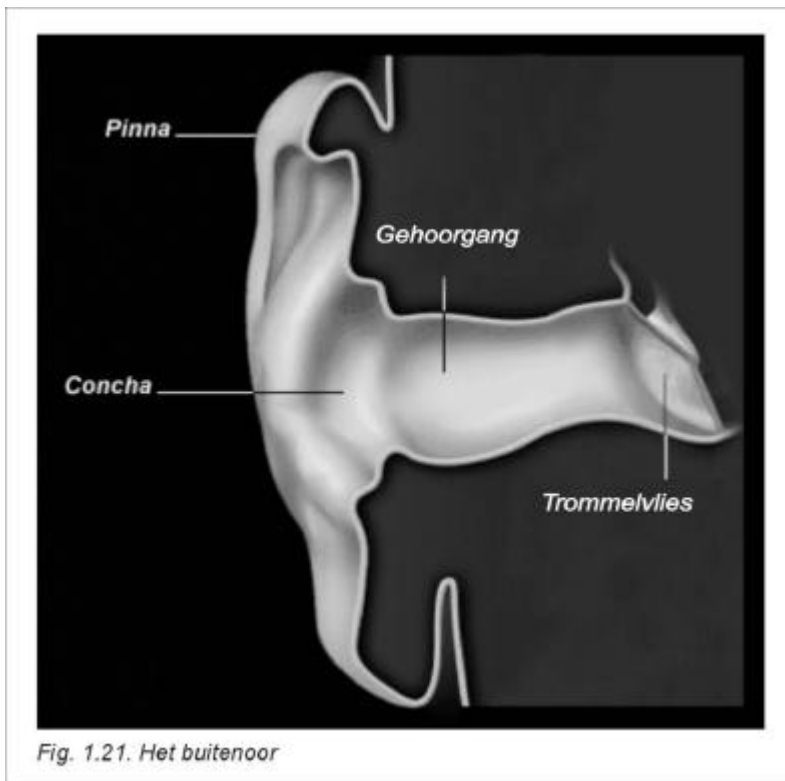
Iedereen heeft al eens horen spreken over trommelvlies, hamer, aambeeld, stijgbeugel en slakkenhuis maar wat is nu net de functie van deze organen en beenderen ?

Wel luchtmoleculen die in beweging zijn (= geluid) zullen het trommelvlies laten vibreren. Deze bewegingen, hoe minuscuul ook, zullen de beentjes in het middenoor in beweging zetten om op die manier druk uit te oefenen op een membraan van het binnenoor, het ovaal venster genaamd. De aanpassingen van dit ovaal venster zullen drukverschillen veroorzaken in de vloeistoffen van het slakkenhuis of *Cochlea*. Op hun beurt zullen de bewegingen van de vloeistoffen het *Basilair membraan* laten bewegen. Dit Basilair membraan staat helemaal vol met haarcellen die hun trillingen via zenuwbanen overbrengen naar onze hersenen. Deze interpreteren de zenuwprikkels als geluid. Tot hier in het kort de algemene beschrijving van de werking van ons oor.

Uiteraard gaan we al deze fases eens nader bekijken. Allereerst wordt het oor in 3 grote delen onderverdeeld : het buitenoor, middenoor en het binnenoor. In figuur 1.20. kan je de indeling zien.



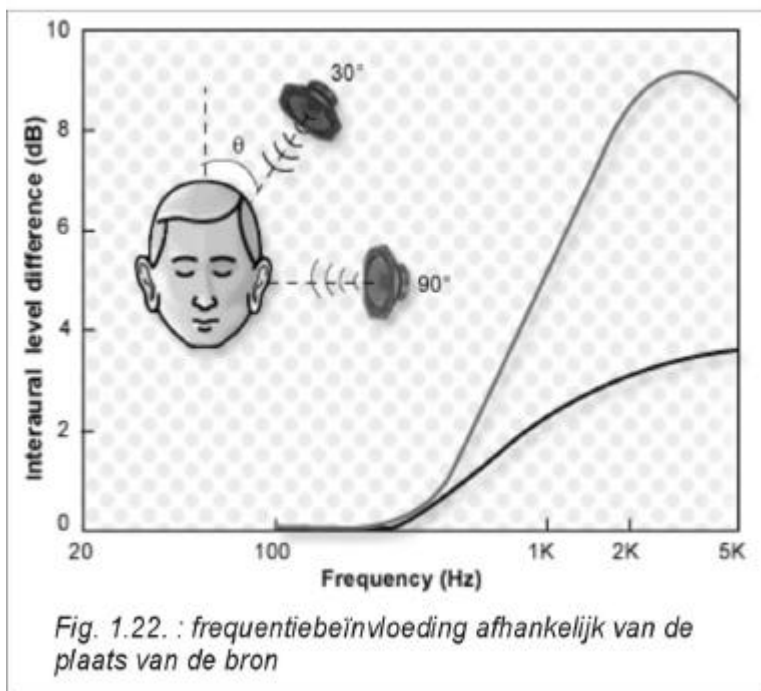
6.1. Het buitenoor



Het buitenoor fungeert als antenne om geluid uit de lucht op te vangen. We hebben allereerst de oorschelp of *Pinna* genaamd. Verder onderscheiden we nog de gehoorgang die door het trommelvlies afgesloten wordt. Geluidsgolven in het buitenoor veroorzaken uiterst kleine bewegingen van het trommelvlies. Een gewone conversatie (+/- 56 dB SPL) veroorzaakt verplaatsingen die geschat wordt op de diameter van een zuurstof molecule ! Dus heel minuscuul.

In figuur 1.20. zien we een schets van het buitenoor

De typische vorm van de pinna (alsook de omtrek van ons hoofd) zal ervoor zorgen dat we geluiden kunnen focussen en ombuigen. Dit laat ons toe om de directiviteit van geluid te bepalen.

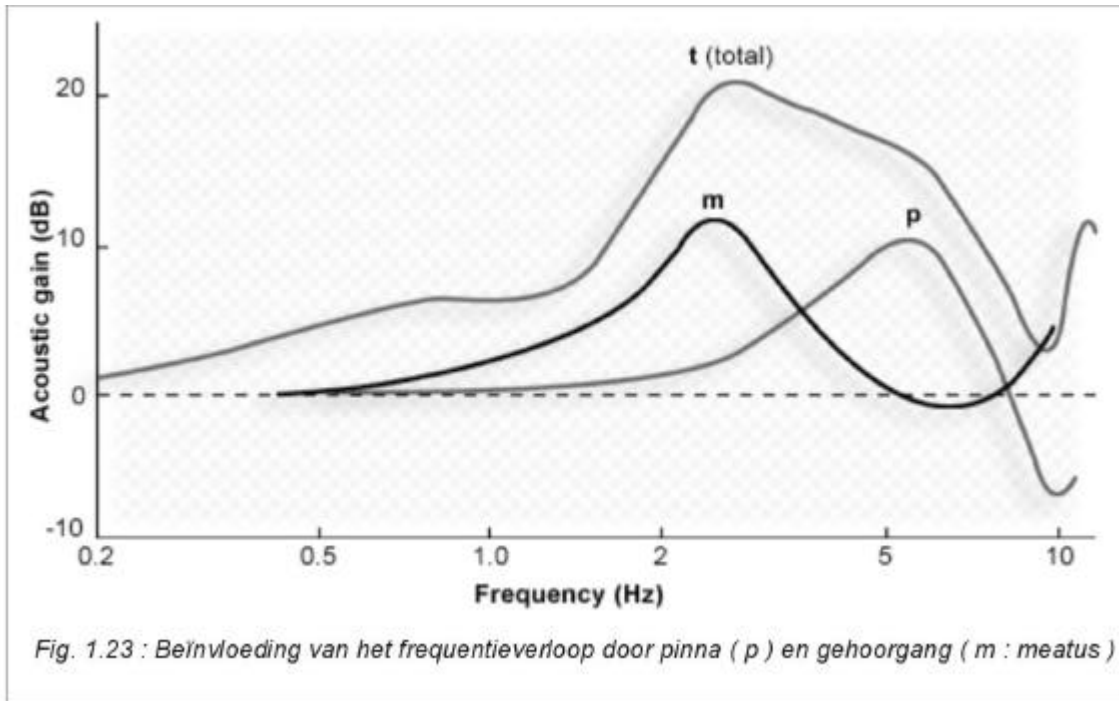


We hebben twee oren en dat heeft ook zijn nut : veronderstel een geluidsbron staat rechts van ons. De tijd die nodig is om van de bron ons rechter oor te bereiken zal verschillend (korter) zijn van de tijd tot het linker oor. Door het interpreteren van dit tijdsverschil en het “schaduw effect” van ons hoofd, kunnen onze hersenen bepalen of de bron links of rechts van ons staat. Maar de bepaling tussen geluid van boven of onder wordt enkel veroorzaakt door de pinna. Ook het “schaduw effect” van de schelp zal ervoor zorgen dat wij geluiden achter ons kunnen lokaliseren. Alleen kunnen we achter ons niet zo goed waarnemen of de bron zich links - of

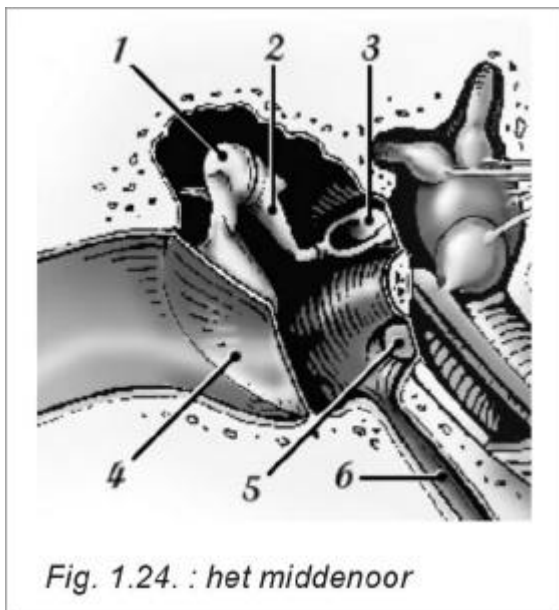
rechtsachter bevindt. In figuur 1.22. kan je zien hoe de frequenties door de oorschelp beïnvloed worden naargelang de invalshoek van de bron verandert. De hoge (lichte) curve is het frequentieverloop van de luidspreker die op 90° staat. De donkere curve is die van de

luidspreker op 30°. We zien een verschil van zowaar 8 dB op 2,5 kHz ! Je zal nu ook begrijpen waarom mensen met gehoorproblemen steeds het centrum van één oor (het minst aangetaste) in de richting van de bron draaien.

Verder zal de gehoorgang, die een eigen resonantiefrequentie heeft (+/- 3 kHz), het geluid gevoelig versterken, maar ook aanpassen. In figuur 1.23. zien we de metingen van een natuurgetrouwe kunststof kopie van het buitenoor. Helaas zien we het niet zo goed op deze tekening, maar op de curve van de gehoorgang is er ook nog 2^{de} grote versterking op 10 kHz. De totaalcurve loopt wel verder door en daar zien we de piek heel duidelijk.



6.2. Het binnenoor.



Achter het trommelvlies vinden we een holle ruimte, de *trommelholte* genaamd. In deze ruimte bevinden zich drie beentjes, namelijk hamer (*malleus*), aambeeld (*incus*), en stijgbeugel (*stapes*). De hamer is aan de binnenkant van het trommelvlies bevestigd en zal op die manier alle vibraties via aambeeld en stijgbeugel doorsturen naar het *ovale venster*, een membraan in het slakkenhuis. Figuur 1.24. maakt een ander duidelijk.

1. hamer
2. aambeeld
3. stijgbeugel
4. trommelvlies
5. rond venster
6. buis van Eustachius

De buis van Eustachius zal zorgen voor een drukevenwicht tussen binnen- en buitenlucht. Deze buis loopt van de trommelholte tot in de keel. Bij het slikken wordt de opening in de keel geopend en komt de buitenlucht uit de keel in de trommelholte. Nu begrijp je ook waarom slikken helpt wanneer we in een vliegtuig last hebben van grote drukverschillen.

Maar wat is nu juist de functie van het middenoor? Wel in de inleiding hebben we gezien dat het slakkenhuis (*Cochlea*) met een vloeistof gevuld is. We weten dat luchtmoleculen uiterst licht zijn en aldus makkelijk in beweging kunnen gebracht worden. Vloeistofmoleculen daarentegen hebben een veel grotere massa en zijn aldus veel moeilijker in beweging te brengen. Bovendien moet je maar eens een luidspreker boven een wateroppervlak plaatsen. Je zal zien (horen) dat het geluid praktisch volledig weerkaatst wordt.

De oppervlakte ratio (25/1) van het trommelvlies (80 mm²) ten overstaan van het ovale venster (3mm²) zorgt voor een adequate energie overgang tussen geluidsdruk in lucht en vloeistof. Ook de gehoorbeentjes zorgen voor een factor 3:1. Deze beide vergelijkingen geven ons net de energie overdracht die nodig is om de vloeistoffen in de cochlea in beweging te brengen. In feite vervult het middenoor de functie van een impedantie aanpassing.

Een tweede eigenschap van het binnenoor is de akoestische reflex. Minuscule spiertjes die aan de gehoorsbeentjes bevestigd zijn moeten ervoor zorgen dat we bij te grote energieoverdracht de druk op het ovale venster kunnen verminderen. Deze bescherming is echter vrij gelimiteerd omdat er bijna geen bescherming optreedt voor geluiden boven de 1 a 2 kHz. Bovendien is deze reflex niet effectief bij korte krachtige geluiden zoals geweer – of kanonschoten e.d.m. De akoestische reflex is wel vrij effectief in het beperken van de eigen stem, met name bij zangers is deze eigenschap heel belangrijk.

Mijn zoon Sam had op beide oren een vrij grote daling van zijn gehoor. Bij een eerste audiometrie bleek er een verlies te zijn van +/- 35 dB dat zich voornamelijk situeerde in de lagere frequenties. Bij een tweede test werd de overdracht naar de hersenen gemeten d.m.v. een beengeleidingsaudiogram. Bij deze meting worden de reacties van de hersenen nagegaan bij trillingen die op de schedel aangebracht worden. Beide tests wezen uit dat hij hoogstwaarschijnlijk last had van een te grote kalkaangroei in het middenoor. Een keuze uit 2 oplossingen drong zich op :

1. ofwel gebruik maken van een hoorapparaat of
2. kiezen voor een operatieve ingreep waarbij de stijgbeugel vervangen wordt door een kleine prothese die er a.h.w. uitziet als een soort zuiger. Deze ingreep is echter niet zonder risico, bij 0,9 % van de gevallen loopt de operatie verkeerd af en is het gehoor voor dit oor volledig verloren. Om die reden worden beide oren nooit samen behandeld.

Sam koos resoluut voor de tweede oplossing, hij is vorige maand geopereerd en heeft ondertussen één oor dat volledig hersteld is. Aanvankelijk had hij nog wat last van een soort echo – galm en een continu lage ruis in zijn gehoor, maar ook dat is ondertussen verholpen. Binnen vijf maanden wacht nu hem de tweede ingreep.

Op onderstaande foto's kan je nog een vergroting zien van de gehoorbeentjes en de stijgbeugel. Bij deze had ik dan ook graag professor Remy Pujol van de universiteit van Montpellier, professor Robert Harrison van de universiteit van Toronto en professor Ingeborg Dhooghe van het Universitair Ziekenhuis Gent in het bijzonder, willen bedanken voor hun medewerking.



Tot zover mijn bijdrage van deze maand, volgende keer hebben we het uitgebreid over het binnenoor, de luidheid – en verstaanbaarheidscurves en de gevaren voor gehoorbeschadiging.