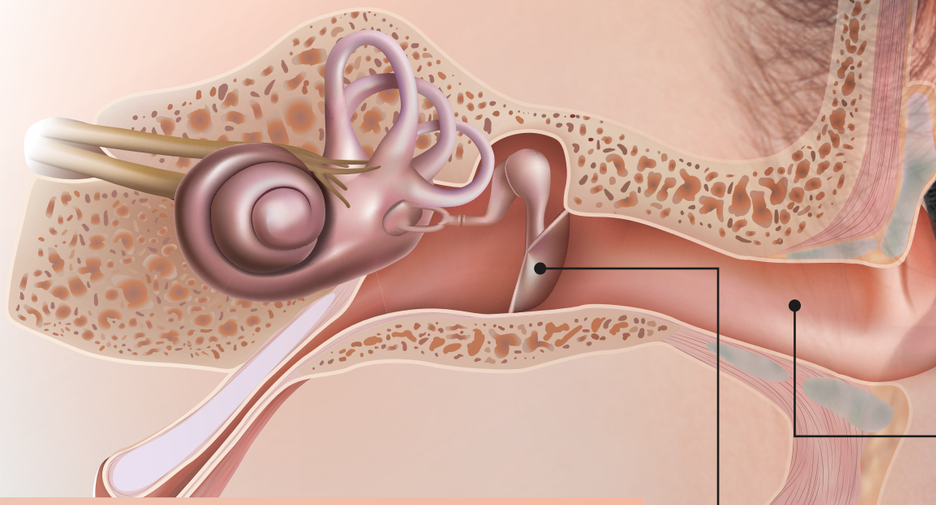
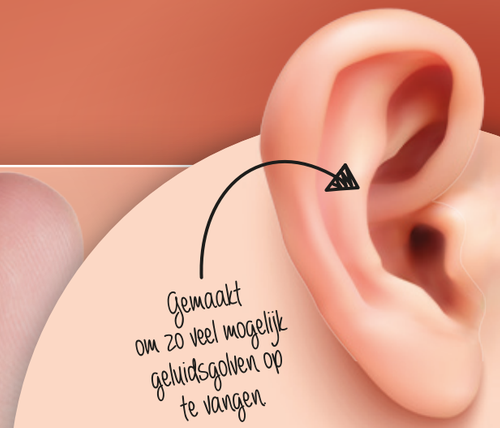
TEKST • GERT-JAN VAN HEUGTEN

DOMINO effect IN JE OREN

HOE BIJZONDER IS HET DAT JE KUNT HOREN!





Pratende mensen, vogelgezang, langsrazende auto's, schallende radio's… Vaak vallen dit soort achtergrondgeluiden je niet eens op. Maar je hoort ze wel, de hele dag (en nacht) door. Voor de meesten is het de gewoonste zaak van de wereld dat je oren al die geluiden opvangen en je hersenen ze verwerken. Maar weet je wat daar allemaal bij komt kijken?

Geluid is niets anders dan trillende lucht. Die trillingen drukken de lucht die zich om het geluid makende object bevindt ritmisch samen. En die samengedrukte lucht verspreidt zich dan als een geluidsgolf, vergelijkbaar met de rimpelingen in een vijver als je er een steentje in gooit. Wanneer deze geluidsgolven je oor bereiken, worden ze door een aantal ingenieuze mechanismen opgevangen en omgezet in elektrische signalen die je hersenen als geluid kunnen interpreteren. Dit gaat volgens een domino-effect: zodra het eerste 'steentje' valt, volgen de andere vanzelf. De onderdelen van je gehoororgaan zijn precies zo geplaatst dat geluidstrillingen naar je brein kunnen worden overgebracht en een betekenis krijgen.

1. OORSCHELP

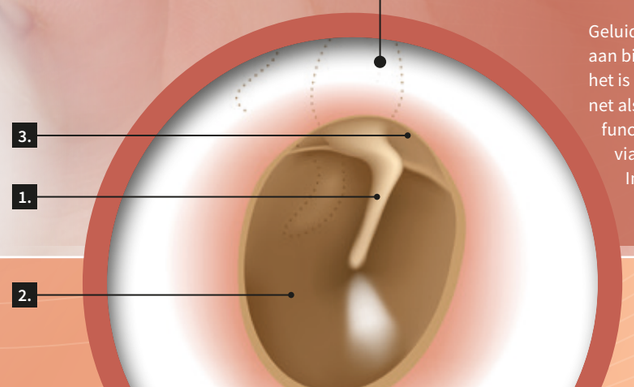
Heb je je weleens afgevraagd waarom je oren eruitzien zoals ze eruitzien? Met al die ribbels en vouwen? De oorschelp is zó gemaakt dat hij geluidsgolven kan opvangen en naar het gehoorkanaal kan leiden. Je oren zijn een soort geavanceerde schotelontvangers. Door de vorm van de oorschelpen kun je geluiden opvangen die van alle kanten komen. Zonder oorschelp zou je een stuk minder horen. Je kunt het effect ook zelf versterken: zet je hand maar eens achter je oor en je zult merken dat het geluid ineens een stuk krachtiger binnenkomt.



2. GEHOORGANG

De geluidsgolven die door je oorschelp zijn opgevangen en gebundeld, komen in je gehoorgang terecht. Dit kanaal is zo'n 2,5 centimeter lang en heeft als functie om de lucht in de gehoorgang laten meetrillen (resoneren). Het gehoorkanaal versterkt het best trillingen van zo'n 3000 trillingen per seconde (hertz). Dat is niet toevallig, want de menselijke stem is het luidst rond de 3000 hertz. Ook hier is alles weer perfect op elkaar afgestemd.

De gehoorgang heeft nog een functie: het beschermen van je trommelvlies tegen beschadigingen van buitenaf. Ook het oorsmeer dat in de gehoorgang wordt aangemaakt, werkt beschermend. Het vangt vuil op en heeft een antibacteriële werking, zodat het de kans op infecties en oorontsteking sterk vermindert. Speciale haartjes in de gehoorgang werken als een soort lopende band om vervuild oorsmeer naar buiten af te voeren.



3. TROMMELVLIES

Geluidsgolven die je gehoorgang zijn gepasseerd, komen aan bij het trommelvlies. Dat doet zijn naam eer aan, want het is inderdaad een strakgespannen vlies dat kan vibreren, net als het vel van een trommel. Het trommelvlies heeft de functie om geluidsgolven op te vangen en door te geven, via de achterliggende hamer 1.

In tegenstelling tot het vlies van een trom die een drummer voor zich heeft, is het trommelvlies in je oor niet vlak. Het loopt kegelvormig naar binnen toe en bestaat uit twee delen: een stijf deel (het zogenaamde pars tensa 2.) en een slap deel (het pars flaccida 3.). Men weet nog niet precies wat de functie van het pars flaccida is, maar men denkt dat het ervoor zorgt dat de spanning op het trommelvlies gelijk blijft bij druk- en temperatuurverschillen.

EVOLUTIE OF ONTWERP?

Wat zou de oor-zaak zijn?

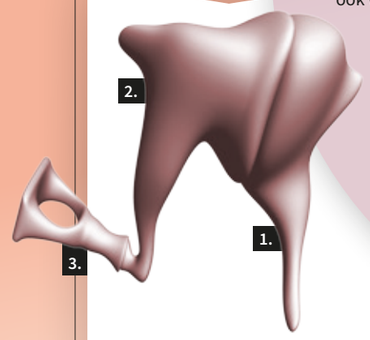
Als je een seculier anatomieboek openslaat lees je waarschijnlijk dat het oor een lange evolutionaire geschiedenis heeft. Maar alle elementjes moeten gelijktijdig aanwezig zijn om goed te kunnen functioneren, wat juist weer wijst op een doelbewust ontwerp. Wat zou de oorzaak van het oor zijn?

De oren van alle zoogdieren werken volgens hetzelfde principe als in dit artikel omschreven. Reptielenoren zitten echter anders in elkaar. Die hebben bijvoorbeeld maar één botje in het middenoor, in plaats van drie.
Volgens het evolutiemodel zijn de drie middenoorbeentjes van zoogdieren een kleine 200 miljoen jaar geleden ontstaan vanuit de kaakbeenderen van reptielachtige voorouders. Dat zou erg bijzonder zijn, zeker als je bedenkt dat dat volgens de evolutiestambomen *twee keer* zou moeten hebben plaatsgevonden;

zowel bij zoogdieren als bij de cloacadieren (eierleggende zoogdieren).
Wel hebben bijna alle dieren trommelvliezen. Ook dat spreekt niet voor een gemeenschappelijke, evolutionaire geschiedenis, want volgens evolutiewetenschappers zouden trommelvliezen wel drie tot zes keer afzonderlijk van elkaar zijn ontstaan! Als je aan de andere kant bekijkt hoe prachtig alle componenten van het gehoorsysteem samenwerken, en hoe ze allemaal noodzakelijk zijn om ervoor te zorgen dat je goed kunt horen, dan is het veel logischer om te geloven dat hier een Ontwerper achter zit. Een Ontwerper Die je oren heeft gegeven om te horen, zodat je naar Zijn Woord kunt luisteren. w

4. MIDDENOORBEENTJES

De trillingen die het trommelvlies opvangt worden doorgegeven aan drie botjes: 1. hamer, 2. aambeeld en 3. stijgbeugel, genoemd naar de vorm die ze hebben. Samen heten die ook wel de middenoor- of gehoorbeentjes. De hamer zit aan de ene kant vast aan het trommelvlies. De andere kant staat door middel van een gewricht in verbinding met het aambeeld, en dat is weer met een tweede gewricht verbonden aan de stijgbeugel. Het lijkt misschien omslachtig om dit systeem uit drie botjes te maken wanneer het ook uit één zou kunnen bestaan, maar dat heeft een reden: door het verschil in grootte en vorm wordt de kracht van de trilling versterkt. Dat moet ook wel, want hierna wordt de trilling niet meer door de lucht of door botjes doorgegeven, maar door een vloeistof. De stijgbeugel is namelijk zo gepositioneerd dat die tegen het zogenaamde ovale venster aandrukt. Dit membraan maakt deel uit van het slakkenhuis (zie 6) en vormt de scheiding tussen het middenoor en het binnenoor.



5. BUIS VAN EUSTACHIUS

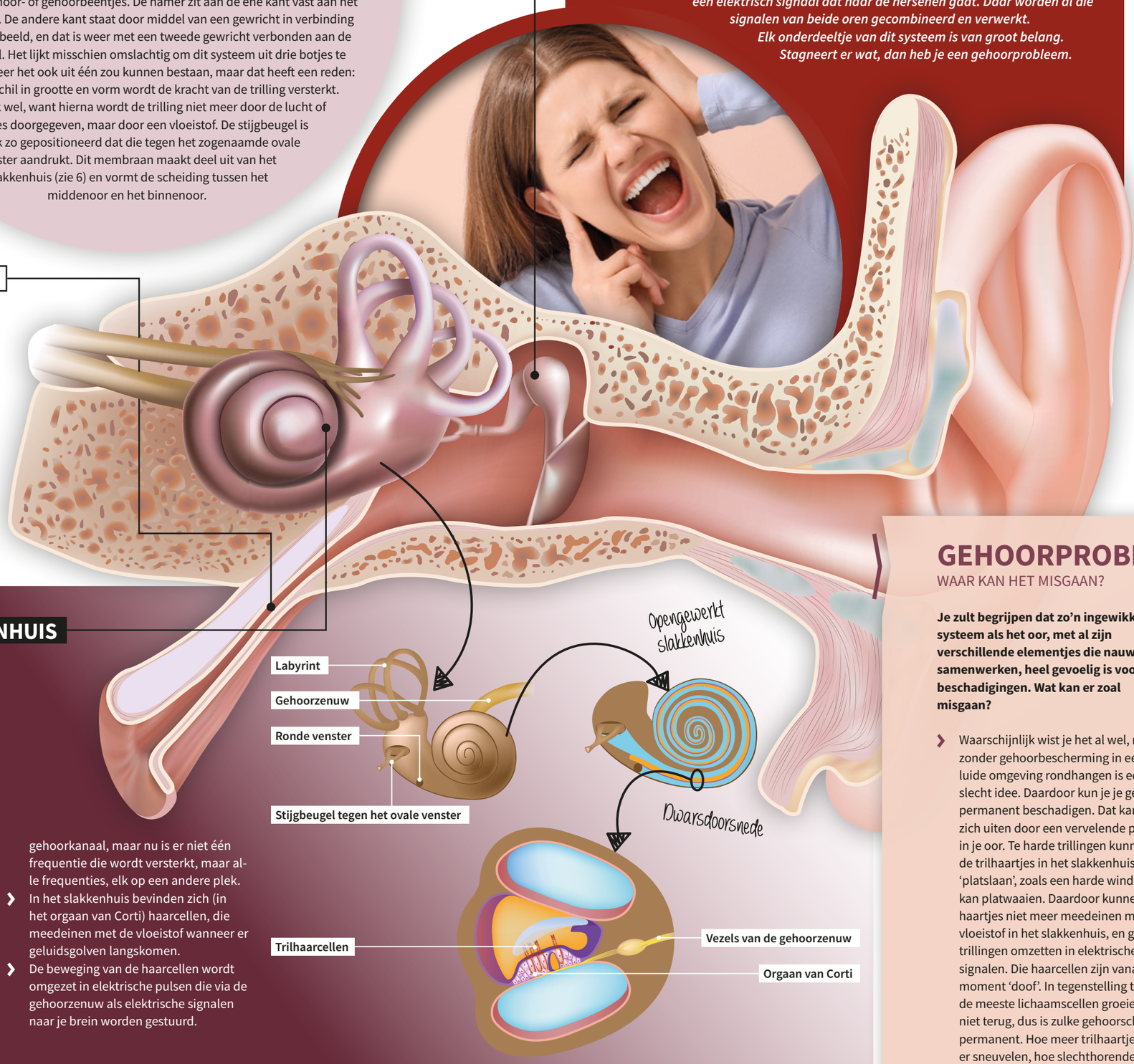
Voordat de geluidstrillingen verder reizen naar het binnenoor, is er nog een belangrijk onderdeel van het middenoor dat de aandacht verdient: de buis van Eustachius. Dit is een slapwandige buis tussen je middenoor en je keel die doorgaans dichtgedrukt zit. Maar als je gaapt of slikt gaat hij even open. Hierdoor krijgt het middenoor dezelfde druk als het buitenoor. Dat dit kan is prettig, want drukverschillen kunnen je trommelvlies onder spanning zetten en pijn veroorzaken. Misschien heb je dit weleens ervaren bij een verkoudheid of oorontsteking, in een vliegtuig of onder water.

6. SLAKKENHUIS

Na het buitenoor en het middenoor komen de geluidstrillingen aan bij het binnenoor. Dat bestaat uit twee delen: het labyrint (dat je helpt om je evenwicht te bewaren) en het slakkenhuis. Dat slakkenhuis heeft wel wat weg van een opgerolde xylofoon. Aan het begin van de xylofoon worden de hoge tonen waargenomen, en aan het eind de lage. Dit gaat als volgt:

- In het slakkenhuis zitten twee vloeistoffen in van elkaar gescheiden ruimtes.
- De voetplaat van de stijgbeugel brengt de vloeistof achter het ovale venster in beweging.
- Geluidsgolven verplaatsen zich door de vloeistof.
- Door de vorm en samenstelling van het slakkenhuis worden verschillende geluidsfrequenties op verschillende plekken versterkt. Denk weer aan het gehoorkanaal, maar nu is er niet één frequentie die wordt versterkt, maar alle frequenties, elk op een andere plek.
- In het slakkenhuis bevinden zich (in het orgaan van Corti) haarcellen, die meedeinen met de vloeistof wanneer er geluidsgolven langskomen.
- De beweging van de haarcellen wordt omgezet in elektrische pulsen die via de gehoorzenuw als elektrische signalen naar je brein worden gestuurd.

Domino-effect in vogelvlucht: geluidstrillingen worden door je oorschelp opgevangen, versterkt en naar je gehoorkanaal geleid. Vervolgens komen de trillingen bij het trommelvlies aan. Het trommelvlies zet een serie botjes in beweging die de trillingen doorgeven aan het slakkenhuis. Dat orgaantje scheidt het geluid in de verschillende toonhoogten (frequenties), die elk afzonderlijk worden omgezet in een elektrisch signaal dat naar de hersenen gaat. Daar worden al die signalen van beide oren gecombineerd en verwerkt.
Elk onderdeeltje van dit systeem is van groot belang. Stagneert er wat, dan heb je een gehoorprobleem.



7. HERSENEN

Het laatste stukje van het 'oor' zijn je hersenen. De verschillende haarcellen uit het slakkenhuis werken voor verschillende frequenties. Welk signaal je hersenen opvangen wordt dus bepaald door welke haarcellen er worden geactiveerd. In die grijze supercomputer worden alle signalen van beide oren verwerkt en geïnterpreteerd. Daardoor kun je bijvoorbeeld horen of iemand links achter je een paar munten laat vallen, of dat de radio in de auto rechts van je hard aanstaat. Het mooie daarvan? Je hersenen verwerken die signalen onbewust. De meeste vallen je niet eens op, tenzij je erop gaat letten. Een tikkende klok, een startende auto verderop in de straat, fluitende vogels in de bomen… Al die geluiden leggen dezelfde weg af, van de bron naar je hersenen, via een complex systeem van mini-orgaantjes. Wonderlijk toch?

• **WEET MEER:**
www.weet-magazine.nl/weet-meer

GEHOORPROBLEMEN

WAAR KAN HET MISGAAN?

Je zult begrijpen dat zo'n ingewikkeld systeem als het oor, met al zijn verschillende elementjes die nauwkeurig samenwerken, heel gevoelig is voor beschadigingen. Wat kan er zoal misgaan?

- Waarschijnlijk wist je het al wel, maar zonder gehoorbescherming in een luide omgeving rondhangen is een slecht idee. Daardoor kun je je gehoor permanent beschadigen. Dat kan zich uiten door een vervelende piep in je oor. Te harde trillingen kunnen de trilhaartjes in het slakkenhuis 'platslaan', zoals een harde wind graan kan platwaaien. Daardoor kunnen de haartjes niet meer meedeinen met de vloeistof in het slakkenhuis, en geen trillingen omzetten in elektrische signalen. Die haarcellen zijn vanaf dat moment 'doof'. In tegenstelling tot de meeste lichaamscellen groeien ze niet terug, dus is zulke gehoorschade permanent. Hoe meer trilhaartjes er sneuvelen, hoe slechthorender je wordt. De haarcellen slijten sowieso al gedurende je leven. Daardoor zijn bejaarden vaak hardhorend en hebben ze een gehoorapparaat nodig.
- Ontstekingen en infecties kunnen ervoor zorgen dat je tijdelijk minder goed hoort.
- Het trommelvlies zelf kan ook beschadigd raken. Een gaatje in je trommelvlies groeit meestal wel weer dicht. Bij kinderen met oorontsteking wordt daarom soms expres een gaatje gemaakt en een buisje geplaatst, om de druk aan beide zijden gelijk te houden. Maar soms kan de schade permanent zijn. Zodra het gat te groot is, doordat het bijvoorbeeld meer dan de helft van het trommelvlies beslaat, groeit je trommelvlies niet meer uit zichzelf dicht.

Dit zijn maar een paar voorbeelden van wat er zoal mis kan gaan in je oor. Elk van de beschreven elementen kan beschadigd raken en zorgen voor gehoorverlies. Gelukkig is het hele systeem zo ontworpen dat de schade in de meeste gevallen weer kan herstellen. w