

Oorsuizen is niet enkel een probleem van het oor

Inleiding

Tinnitus is het horen van een geluid zonder de aanwezigheid van een overeenkomende geluidsbron in de omgeving. Dit fenomeen komt bij 15% tot 20% van de bevolking voor, voldoende dus om aandacht te schenken aan deze aandoening. Een precieze verklaring voor tinnitus is er nog niet, maar het inzicht in het ontstaan en de werking van dit probleem groeit, waardoor nieuwe remedies kunnen worden ontwikkeld.

Algemeen komt oorsuizen meer voor bij mannen dan bij vrouwen en wordt het vaker in het linker dan in het rechter oor waargenomen. Het komt ook frequenter voor bij mensen met gehoorverlies dan bij normaal horenden en vaker bij ouderen dan bij jongeren.

Tegenwoordig zien we in onze praktijk meer en meer jonge mensen met oorsuizen doordat ze te vaak en te langdurig werden blootgesteld aan loeiharde muziek. Gelukkig wordt de laatste tijd meer aan preventie gedaan om gehoorbeschadiging te voorkomen.

De meeste mensen met tinnitus kunnen een normaal leven leiden en hebben slechts beperkt last van het geluid. Voor 20% onder hen is de aandoening echter onleefbaar.

De mate waarin het oorsuizen storend is heeft niets te maken met controleerbare factoren, maar wordt eerder bepaald door de wijze waarop de hersenen werken.

Je kan tinnitus onderverdelen in twee grote groepen: pulsatiele (objectieve) en niet-pulsatiele (subjectieve) tinnitus. De oorzaak van pulsatiele tinnitus, welke synchroon is met de hartslag of de ademhaling, ligt meestal niet in een slecht functionerend auditief systeem, maar is eerder mechanisch van aard, zoals bijvoorbeeld door verhoogde intracraniële druk, verkalking van de halsslagader, sterk doorbloede tumoren, De behandeling bestaat uit het aanpakken van de oorzaak, wat lukt bij 85% van de patiënten.

Bij niet-pulsatiele tinnitus is het vinden van de oorzaak niet altijd zo eenvoudig. De meest voorkomende reden is een verminderd binnenkomen van informatie in het auditief systeem (deafferentiatie), wat niet hetzelfde is als gehoorverlies. Later komen we hier nog uitgebreider op terug.

Onze eigen supercomputer

Om te begrijpen waarom de hersenen belangrijk zijn in het ontwikkelen van tinnitus moeten we eerst begrijpen hoe ze werken.

De hersenen hebben de vorm van een walnoot, duidelijk verdeeld in twee delen: de linker en de rechter hersenhelft of hemisfeer. Elke hemisfeer is op zijn beurt verdeeld in kwadranten: de voorhoofdkwab (frontale cortex), de slaapkwab (temporale cortex), de wandbeenkwab (pariëtale cortex) en de achterhoofdkwab (occipitale cortex). Elk deel heeft zijn specifieke functies en taken, de hersenen bestaan als het ware uit modules. Wij onderscheiden verschillende zones die elk apart instaan voor de verwerking van het zicht, geluid, beweging, gevoel, denken, rekenen, lezen, Als je alle handelingen die je gedurende een minuut uitvoert zou optekenen en analyseren, zal je beseffen hoe gigantisch veel informatie de hersenen verwerken.

Op dit moment ben je aan het lezen, jouw ogen zien de letters in dit boek, deze worden in de occipitale kwab omgezet in een code waarmee de hersenen aan de slag gaan. De vorm, de kleur, de grootte van de letters, alles krijgt een specifieke waarde. De letters vormen woorden die je kan begrijpen, want in het verleden heb je geleerd om de lettersymbolen als een betekenisvol teken te herkennen. Het geheugen wordt dus aangesproken. Je spraakcentrum is actief want jouw 'interne woordenboek' is volop aan het draaien. Jouw ogen bewegen van links naar rechts over het blad zonder dat je duizelig of misselijk wordt, ook dit wordt automatisch geregeld. Het boek dat je in je handen hebt heeft een bepaald gewicht, structuur, vorm, ... Dit laatste wordt door het gebied dat instaat voor het gevoel, de sensorische cortex, verwerkt. Je moet een blad omslaan, daar zorgt de motorische schors, de zone voor beweging, voor. Misschien staat de radio aan op de achtergrond, of rijdt er een wagen door de straat, de gehoorschors registreert alle geluiden op de achtergrond. Jouw aandachtscentrum werkt op volle toeren want je concentreert je op de inhoud van de tekst die moet worden verwerkt. Je denkt na over de gelezen inhoud, wat dan weer de taak is van de frontale cortex, Ik kan nog eindeloos doorgaan met het opsommen van acties die (gelukkig) automatisch gebeuren. Ons brein werkt als een supercomputer die ervoor zorgt dat we in contact staan met onze omgeving en gepast kunnen reageren op veranderingen in die omgeving, zodat we als individu, maar ook als soort, kunnen overleven.

Om al deze taken uit te voeren en alle informatie te verwerken hebben we hersencellen, neuronen, nodig. Onze hersenen bestaan uit ongeveer 100 miljard neuronen. Mannen hebben gemiddeld iets meer hersencellen dan vrouwen. Het gewicht van het mannelijke brein weegt gemiddeld 100 gram meer dan het vrouwelijke. Is de man dan superieur aan de vrouw? Alvorens alle mannen volmondig 'ja' roepen moeten ze beseffen dat er geen verschil is tussen het gemiddelde IQ van mannen en vrouwen! Dit betekent dat de hersenen van vrouwen evenveel capaciteiten bezitten als die van mannen, maar dan met minder neuronen. Het vrouwelijke brein moet dus efficiënter georganiseerd zijn... Mijn echtgenote zal dit met veel plezier beamen!

Met andere woorden: naast het aantal neuronen zijn de verbindingen tussen de hersencellen belangrijk. Hoe beter de organisatie van het neurale circuit of netwerk, hoe juister en sneller de informatie kan worden doorgegeven over langere afstand, wat cruciaal is om te overleven.

Een geavanceerd netwerk

Het moet evolutionair een hele klus geweest zijn om miljarden cellen met elkaar te laten communiceren. Denk maar eens aan het spelletje dat velen van ons zullen hebben gespeeld in de jeugdbeweging of in de klas: de eerste krijgt een boodschap ingefluisterd die vervolgens op haar beurt wordt toegefluisterd aan een buurman, enzoverder. Twintig kinderen verder is de boodschap, tot grote hilariteit van iedere deelnemer, volledig vervormd en lijkt ze in de verste verten niet meer op de originele. Deze wijze van informatieoverdracht zou onmogelijk werken bij de hersenen. De kans op fouten zou zo groot zijn dat we niet adequaat zouden kunnen anticiperen op onze omgeving. Een andere manier om verbindingen te leggen zou een netwerk kunnen zijn waarbij alle cellen één of meerdere connecties maken met elkaar. Hoe meer verbindingen, hoe belangrijker de cel of groep cellen. We noemen dit ook 'hubs'. Zo zouden veel connecties kunnen worden gemaakt die informatie relatief snel van de ene naar de andere zijde doorgeven. Dat hele systeem zou echter een kluwen van draden worden, een onoverzichtelijk web, evolutionair enorm duur en onvoldoende effectief. De natuur zoekt altijd naar de meest voordelige oplossing, kosten mogen immers niet opwegen tegen baten. Zoals een goede moeder heeft Moeder Natuur ook hier weer een oplossing gevonden: 'small-world netwerk' (fig.1). Het principe van 'hoe groter, hoe belangrijker' blijft gelden, maar de manier

van verbinden gebeurt meer gestructureerd. Niet elke groep cellen wordt met alle andere hubs verbonden. Er ontstaan in ons brein echter kleine, dicht bij elkaar liggende groepjes die onderling verbonden zijn. Deze clustertjes maken een verbinding met een grotere hub die op zijn beurt weer met enkele andere kleine groepjes is geconnecteerd. Deze 'kleine wereldjes' zijn verbonden met andere kleine wereldjes via een nog grotere hub, Dankzij dit systeem kan lokale informatie snel worden uitgewisseld in de 'kleine wereld' en wordt het 'internationale' netwerk niet overbelast. Enkel belangrijke informatie wordt snel en rechtstreeks van de ene naar de andere grote hub doorgestuurd, waardoor de kans op fouten maken significant afneemt.

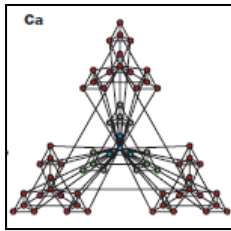


Fig. 1 *Small-world network.*

Ik maak graag de vergelijking met een landkaart. Daarop zie je een bepaald land dat bestaat uit grote steden, gemeenten en dorpen met daartussen een heel wegennetwerk. De grote steden worden met elkaar verbonden door autostrades waarover het verkeer zich snel kan verplaatsen (behalve in de ochtendspits). Tussen de gemeenten lopen kleinere gewestwegen en de dorpen worden verbonden door lokale wegen en weggetjes. Dit wegennetwerk noemen we in de hersenen de anatomische verbindingen of de 'structurele connectiviteit', het verkeer kan je vergelijken met de informatie die wordt overgebracht en noemen we de 'functionele connectiviteit'. We maken een onderscheid tussen de structurele en de functionele verbindingen. Het is immers niet omdat er een weg aanwezig is dat er ook veel verkeer passeert. Zo heeft elk circuit een eigen functie en is het soort netwerk dat geactiveerd is bepalend voor de soort informatie die verwerkt wordt. Elk netwerk bevat meerdere hubs en communiceert volgens een specifiek elektrisch ritme, eigen aan het circuit. Je kan het vergelijken met een radiofrequentie. Een radiozender zendt informatie uit via een bepaalde golflengte, jouw radio ontvangt die frequentie en je hoort de nieuwste release in de Top 10. Wanneer je de frequentieband van jouw radio verandert, zal je het programma van een andere radiozender te horen krijgen zonder dat je een nieuwe radio hebt moeten aankopen. Net zoals jouw radio verschillende zenders kan ontvangen, is elk hersengebied betrokken bij meerdere netwerken, afhankelijk van de uit te voeren taak.

Schade aan netwerken of hubs, bv. door een hersenbloeding, kan bepaalde functies uitschakelen. Wanneer het letsel beperkt is tot een kleine verbindingsbasis zal het gevolg veel minder waarneembaar zijn dan wanneer een hoofdweg wordt afgesneden. Hetzelfde geldt voor de hubs, de schade aan een grootstad heeft algemeen veel meer impact op de werking van het hele land dan schade aan een plattelandsdorpje.

De hersenen als voorspeller

Om ons staande te houden in de omgeving en snel te reageren op veranderingen moeten de hersenen de omgevingssituatie voorspellen. Dit gebeurt volgens het Bayesiaans principe: ons brein bereidt zich voor op de meest waarschijnlijke voorvallen in onze buurt. Daarom gaat ons sensorisch systeem actief op zoek naar prikkels in onze omgeving. Op basis van de ingewonnen informatie wordt een voorspelling gemaakt, gebaseerd op opgeslagen informatie in ons geheugen, die op haar beurt constant wordt aangevuld met nieuwe informatie. De belangrijkste reden van die werkwijze is het uitschakelen van 'onzekerheden' in de omgeving. De hersenen zijn als het ware een voorspellingsmachine die de meest waarschijnlijke optie vooropstelt.

Constant aanwezige prikkels vormen geen 'onzekerheid' en kunnen dus worden genegeerd: ze zijn het niet waard om door te dringen tot ons bewustzijn. Denk maar aan de kleren die je draagt. Elke plooi in jouw hemd of T-shirt wordt door je gevoelschors in de hersenen geregistreerd, maar omdat deze prikkel constant is, zijn we ons er niet meer van bewust.

Nieuwe, onverwachte prikkels zijn daarentegen wel belangrijk genoeg om tot ons bewustzijn door te dringen. Het is trouwens extra informatie die ons geheugen kan gebruiken om onze kennis te upgraden en die later gebruikt kan worden om betere voorspellingen te kunnen maken.

Orakelen houdt wel een zeker risico in want het gevaar bestaat dat de profetie niet klopt.

Ik denk dan telkens aan mijn horoscoop. Elke maand zal overvloed mijn pad kruisen en vind ik de liefde van mijn leven. Als dit elke keer waar zou zijn geweest, was ik nu schatrijk, maar was ik op de vlucht voor mijn harem.

De hersenen kunnen, net zoals ik door de voorspellingen van mijn horoscoop, op het verkeerde been worden gezet. Illusionisten zijn zelfs zo bedreven in het 'bedriegen van de voorspelling' dat ze ons kunnen doen geloven dat ze werkelijk toverkracht bezitten.

Plotse wendingen zijn belangrijk, ze houden ons alert waardoor we onze interesse in de omgeving behouden en onze aandacht niet verliezen. Niemand zou lang geboeid kunnen luisteren naar een muziekstuk dat zich telkens herhaalt, zonder refrein of tussenstuk. Een film zonder spanning of spitsvondige wendingen zal weinig volk naar de bioscoop lokken, behalve dan mensen met inslaapstoornissen. Als we onze aandacht op iets willen vestigen en vooral vasthouden, moet het onderwerp interessant zijn en blijven, zo niet zal ons systeem op zoek gaan naar nieuwe items in de bredere omgeving.

Onze hersenen gaan dus actief op zoek naar nieuwe informatie. Vroeger ging men ervan uit dat ons brein enkel reageerde wanneer het werd geprikkeld. Nu weten we dat dit niet klopt. Onze hersens scannen de omgeving zoals een radar en bij gebrek aan informatie zullen ze dit zelf invullen. Dit zou je kunnen testen thuis: je sluit je af in een volledig donkere kamer, je neemt een laserpen en richt die op de muur. De pen leg je neer op een tafel zodat ze niet beweegt. Wanneer je lang genoeg staart naar het lichtpuntje op de muur bestaat de kans dat je de indruk krijgt dat dit puntje zich verplaatst. Misschien heb je de neiging om in paniek weg te lopen omdat je denkt dat een geest met jouw lampje begint te spelen. Helaas voor wie zich paranormaal begaafd noemt is het in realiteit slechts een speling van het eigen brein. De hersens verwachten dat het decor van onze omgeving in beweging is maar in werkelijkheid is het lichtpuntje statisch. Dit klopt niet volgens de voorspelling want in een natuurlijke omgeving is bijna alles in beweging. Denk maar aan het voortdrijven van de wolken in de lucht, de wind die het bladerdak roert en het gras doet buigen. Daarom zal het brein de beweging van het lichtpuntje zelf invullen.

Dit vervolledigen van ontbrekende informatie kan leiden tot een fantoomgevoel. Het komt voor dat een patiënt zijn geamputeerde lidmaat nog steeds voelt. Het opwekken van dit spookgevoel kan je zelf uitproberen met het volgende trucje. Ik gebruik het graag tijdens de consultatie om patiënten uit te leggen hoe de hersenen ons kunnen bedriegen.

Je moet hiervoor wel met z'n tweeën zijn. Je legt bijvoorbeeld je rechterhand met gespreide vingers op de tafel, de middenvinger plooi je onder jouw hand. Je ziet dus jouw hand met vier vingers. De missende vinger vervang je door een vinger van je partner en legt een blad over de twee handen. Je mag enkel de vingers zien, niet de handen. Nu ga je, terwijl je goed naar de vingers kijkt, met de wijsvinger van jouw vrije hand wrijven over de zichtbare vingers. Wanneer je de vinger van je partner aanraakt voelt dit aan alsof het jouw eigen vinger is. Jouw hersenen zijn op dat moment in de war. Ze verwachten een gevoel, maar krijgen geen informatie waardoor ze deze 'voorspelfout' corrigeren door het gemiste gevoel zelf in te vullen. Deze 'correctie' kan een rol spelen in de ontwikkeling van tinnitus.

Tinnitus als resultaat van 'onzekerheid'

In onze gehoorschors zitten auditieve cellen gerangschikt volgens de frequenties van ons gehoorspectrum. Elke specifieke toon zal bij een specifieke groep hersencellen een reactie uitlokken omdat deze neuronen genetisch voorgeprogrammeerd zijn om te reageren op een specifieke toon. Door het verminderen of ontbreken van informatie vanuit het gehoor wordt een vorm van auditieve 'onzekerheid' gecreëerd. Dit is één van de meest voorkomende oorzaken van tinnitus.

Bij zeer licht gehoorverlies is de impact op de gehoorschors beperkt tot slechts een kleine groep neuronen. De compensatie gebeurt door aan de auditieve cellen die de input missen, toegang te geven tot de informatie van naburige neuronen. Door dit compensatoir mechanisme zal het 'gehoorverlies' niet worden weergegeven in het gewone audiogram. Strikt genomen kunnen we in dit geval niet spreken van gehoorverlies, functioneel is het gehoor immers volledig normaal. We gebruiken eerder de term: 'deafferentiatie' (verminderd binnenkomen van informatie in de hersenen).

Het is dus niet omdat het audiogram geen verlies aantoont dat de cochlea niet beschadigd kan zijn. In de vakliteratuur wordt dit ook wel verborgen gehoorverlies genoemd. Het is zelfs aangetoond, zowel bij dieren als bij mensen, dat wanneer een derde van de gehoorzenuw wordt doorgesneden, het audiogram een normaal beeld kan geven.

Wanneer het verlies groter is, groeit de informatievraag evenredig en moet een grotere zone van de auditieve cortex aangesproken worden. Is het gehoorverlies te groot om te compenseren met input vanuit belendende auditieve cellen, dan wordt de missende informatie uit het geheugen, de hippocampus, gehaald.

De deur naar ons geheugen, de parahippocampus, geeft de gehoorschors toegang tot het auditief geheugen in de hippocampus waar tijdelijke (auditieve) informatie voor langere tijd wordt opgeslagen. Verschillende beeldvormende onderzoeken tonen aan dat bij tinnitus, als gevolg van ernstig gehoorverlies, de parahippocampus is geactiveerd, maar dat bij minder of geen gehoorverlies de auditieve cortex belangrijker is.

Tinnitus kan verschillende vormen aannemen. De toonhoogte, het volume, de bandbreedte, ... kan verschillen van persoon tot persoon. Ik heb tijdens de consultatie mensen horen spreken over het waarnemen van opstijgende vliegtuigen, stofzuigers, brandalarmen, cirkelzagen, fluittonen,

ruistonen, Sommigen nemen het geluid in één oor waar, anderen lokaliseren het in beide oren of ergens midden in het hoofd.

Er bestaan verschillende routes langs waar auditieve informatie vanuit de cochlea naar de hersenschors wordt overgebracht. Het geluid, dat uit trillingen in de lucht bestaat, wordt via het oor, het trommelvlies en de gehoorbeentjes doorgegeven naar de cochlea. Daar worden de trillingen door haarcellen omgezet in elektrische prikkels die via de gehoorzenuw naar de hersenstam worden vervoerd.

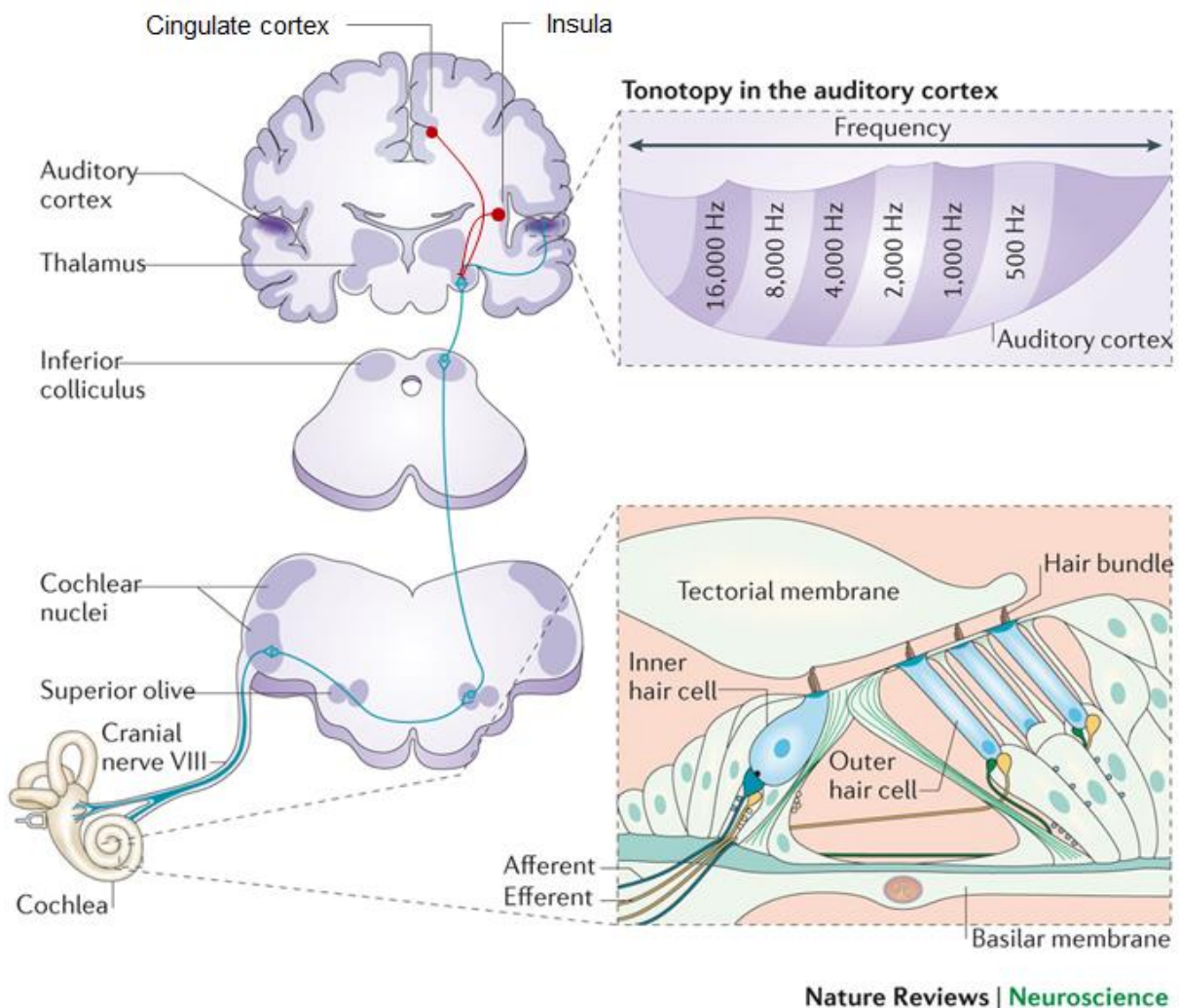


Fig. 2 Van oor tot hersenen (Sven Vanneste, Dirk De Ridder: nature review neuroscience, 2015)

Een eerste baan loopt vanuit de hersenstam recht naar de gehoorschors. Deze 'laterale route' geeft informatie over de frequentie, de richting en de intensiteit van het geluid.

Een tweede baan leidt naar andere hersenzones dan de auditieve cortex, zoals de insula en de anterieure cingulate cortex, gebieden die ook geactiveerd worden bij andere sensorische prikkels zoals bijvoorbeeld bij pijn. Deze mediale route geeft ons meer informatie over het gedragsmatige belang van het geluid en doet dat door weer te geven hoe aangenaam of vervelend we een geluid vinden en zal eveneens bepalen hoeveel aandacht we er aan geven. De insula speelt immers een rol in de werking van ons autonome zenuwstelsel (stress of ontspanning), terwijl de anterieure cingulate cortex ons aandachtscentrum is. Niet elk vervelend geluid vinden we even erg of niet alle pijn is

onuitstaanbaar, er bestaat dus een systeem in de hersenen dat onderdrukkend werkt als een soort rem. Hiervoor is het voorste deel van het cingulum (het pregenuale deel) verantwoordelijk. Dit afremmend systeem is waarschijnlijk actiever bij mensen die minder last ondervinden van hun tinnitus.

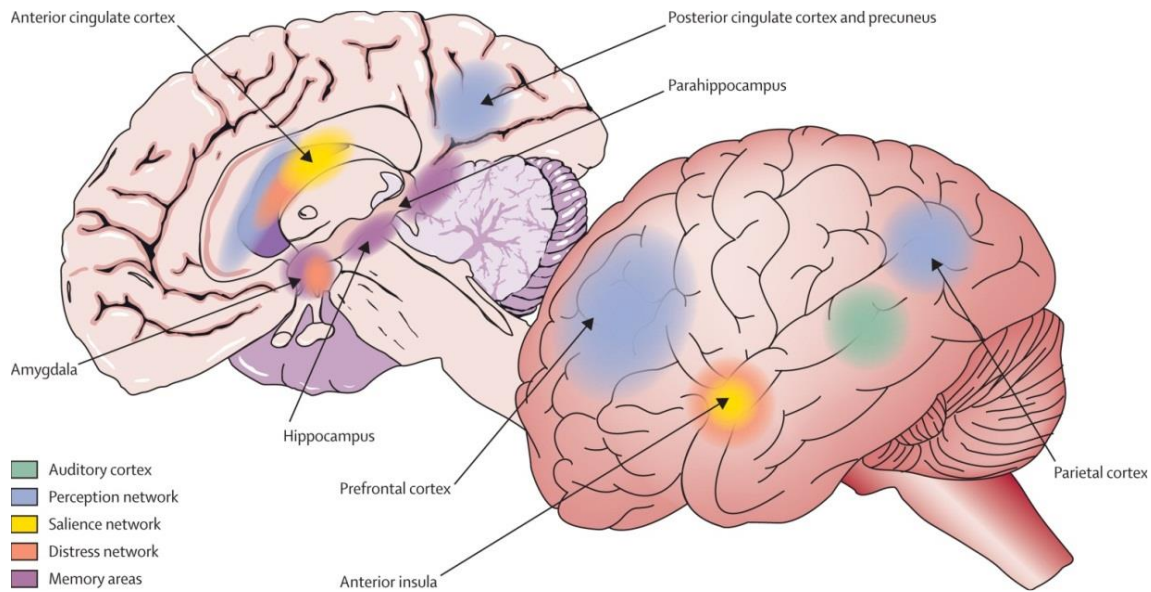


Fig. 3 *Auditieve en niet-auditieve hersengebieden. Groen: auditieve cortex.*

Blauw: Zones voor het bewust waarnemen van prikkels.

Geel: Aandachtscentra.

Paars: Geheugen gebieden.

(Berthold Langguth , Peter M Kreuzer , Tobias Kleinjung , Dirk De Ridder. The Lancet Neurology)

Het karakter en de mate waarin het oorsuizen als storend wordt ervaren heeft dus vooral te maken met welke hersengebieden betrokken zijn in het 'tinnitusnetwerk'. Normaliter zijn functionele netwerken in de hersenen relatief flexibel. Het tinnitusnetwerk daarentegen is zeer robuust waardoor het moeilijker wordt om de ontstane connecties te ontkoppelen.

Op basis van verschillende beeldvormingstechnieken zoals een kwantitatieve (=digitale) EEG en functionele MRI hebben prof. Sven Vanneste en prof. Dirk De Ridder deze verschillende netwerken in kaart kunnen brengen. Dit wijst erop dat tinnitus niet zomaar een 'fantomgeluid' is, maar dat het ook kan worden geassocieerd met klachten zoals angst, stress, depressie, geheugen- en concentratiestoornissen, afhankelijk van de betrokken netwerken.

Om te beginnen moet het tinnitusnetwerk hubs bevatten die gelinkt zijn aan het circuit dat het bewustzijn vormt. Zonder deze connectie wordt het oorsuizen gewoonweg niet bewust waargenomen.

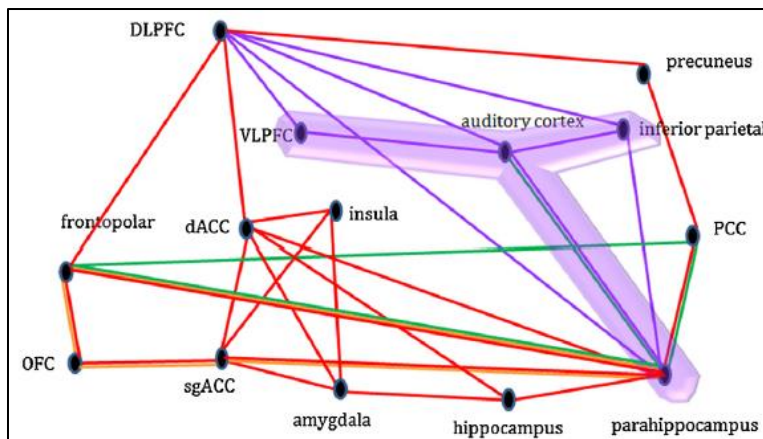


Fig. 4 Schematische voorstelling van het tinnitusnetwerk. Elke gekleurde lijn geeft een netwerk weer. De 'hubs' kunnen in meerdere routes een rol spelen waardoor het karakter van het netwerk verandert.
 Paars: Bepaalt de intensiteit van de tinnitus.
 Groen: Bepaalt het karakter van de tinnitus.
 Oranje: Bepaalt de gemoedstoestand van de patiënt.
 Rood: Bepaalt de ernst van de hinder van de tinnitus.
 Hoe actiever het rode netwerk, hoe storender de tinnitus is.
 (Dirk De Ridder, Sven Vanneste)

De aard van de tinnitus wordt bepaald door activatie van gebieden in de voorhoofdskwab, de parahippocampus en de posterieure cingulate cortex.

Technisch gezien kan je niet spreken over 'de luidheid van de tinnitus' omdat de intensiteit van een geluid bepaald wordt door de amplitude van een geluidsgolf. Tinnitus is geen fysiek geluid dat zich via trillingen in de lucht kan verplaatsen.

Hoe luid de tinnitus wordt waargenomen wordt grotendeels bepaald door de sterkte van de elektrofysiologische verbinding tussen de auditieve cortex en de parahippocampus. Hoe sterker de verbinding hoe luider het oorsuizen.

Het is niet het geluidsniveau dat bepaalt hoeveel last men heeft van de tinnitus. We zien soms mensen die hun oorsuizen quasi boven alle achtergrondgeluiden uit horen maar er beperkt hinder van ondervinden. Terwijl er evengoed mensen zijn die hun tinnitus enkel in stille ruimtes waarnemen maar toch psychologisch decompenseren.

Tinnitus en stress: de kip of het ei

De hinder en de aandacht nemen toe naarmate er zich sterkere verbindingen vormen met het stressnetwerk (precuneus, insula, subgenuale en dorsale anterieure cingulate cortex). Mensen die gestresseerd zijn op het moment dat de tinnitus ontstaat, hebben meer kans om er ernstige hinder van te ondervinden.

Tijdens de consultatie zien we heel vaak tinnituspatiënten met symptomen van langdurige stress ten gevolge van werkgerelateerde burn-out, relationele problemen of andere externe stressoren. Stress heeft een zwaar onderschatte invloed op het ontstaan en bestendigen van oorsuizen. Niet alleen externe spanningen kunnen een katalysator zijn voor tinnitus, maar ook 'de angst voor het oorsuizen' op zich kan een negatieve rol in de beleving spelen.

Wanneer iemand gestresseerd is, wordt het niet-specifieke stressnetwerk geactiveerd, wat zich kan koppelen aan het tinnitusnetwerk wat dan weer kan leiden tot een toename van de tinnitus. Mensen kunnen op die manier in een vicieuze cirkel belanden. Tinnitus geeft stress en stress doet de tinnitus luider klinken waardoor de angst en de spanning weerom toeneemt.

Ik zie tijdens de consultaties (te) vaak mensen die bevooroordeeld zijn door verschillende doomsenario's verspreid via het internet en door de media. Drama's, zoals zelfmoord en euthanasie, bestaan en mogen niet worden ontkend, maar ze mogen ook niet worden veralgemeend... niet alle mensen met tinnitus belanden in deze verschrikkelijke spiraal. Uiteraard zullen dramatische gebeurtenissen de belangstelling van de media en het grote publiek gemakkelijker opwekken, wat het probleem dan weer bespreekbaarder maakt. De kanttekening hierbij is dat deze gebeurtenissen, doordat ze veelvuldiger worden genoemd, gemakkelijker in het collectief geheugen worden opgeslagen. Daardoor hebben ze een sterker (negatief) effect op de emoties van mensen wanneer ze met tinnitus, bij zichzelf of bij een naaste, worden geconfronteerd. Mijn oudste dochter maakte mij 's nachts, na haar eerste fuif, in paniek wakker want ze hoorde haar oren suizen. Ik stelde haar gerust en vertelde haar dat dat eigenlijk niet zo heel abnormaal was. Toevallig hadden ze die week op school 'voorlichting' over gehoorschade gekregen, de leerkracht vertelde dat de meeste mensen die oorsuizen oplopen zelfmoord plegen! Deze foutieve informatie kan mensen kraken op een moment dat men ze juist moet geruststellen.

Een forum met een goede moderator en een juist evenwicht tussen positieve en negatieve belevingen, maar vooral zonder sensationele scenario's, kan als online versie van een zelfhulpgroep juist heel waardevol zijn.

Ik pleit voor een nauwe samenwerking tussen NKO artsen, audiologen, psychologen, neuromodulatie deskundigen, psychiaters, neurochirurgen, Ik ben ervan overtuigd dat, wanneer diverse behandelmethodes op elkaar worden afgestemd en eventueel tegelijkertijd worden toegepast, we een grotere groep mensen met tinnitus kunnen helpen.

Kan tinnitus worden behandeld?

Men zegt vaak dat er geen werkzame remedie bestaat voor tinnitus. Helaas hebben deze criticasters gelijk, er bestaat geen wetenschappelijke bewezen behandeling (evidence based). Maar tegen de achtergrond van de kennis van netwerken groeit het besef dat 'DE tinnituspatiënt' niet bestaat, maar dat er verschillende subgroepen van tinnituspatiënten bestaan. Je kan onderverdelingen maken volgens fysieke tinnituskenmerken (toonhoogte, toonsoort, links, rechts of bilateraal, ...), volgens psychologische kenmerken (ernst van de psychologische belasting, stress, angst, depressie, ...), De verschillen tussen al deze subgroepen reflecteren zich ook in de resultaten van bestaande behandelwijzen. Wat voor de ene groep werkt zal op de andere tinnitusgroepen geen effect hebben. Er is dus een verschil tussen 'statistisch significant' en 'klinisch relevant'. Wanneer je neuromodulatie toepast bij alle tinnituspatiënten, zal het statistische resultaat teleurstellend zijn. Indien je het toepast bij de juiste doelgroep heb je plots meer dan 50% kans op verbetering, wat zeker klinisch relevant is. Dit geldt evengoed voor hoorapparaten, Tinnitus Retraining Therapy (TRT), medicatie, Soms lees je in de bevindingen van studies dat men een statistisch significant resultaat heeft behaald. Maar wanneer je, op vlak van luidheid, een gemiddelde daling opmeet van 8/10 naar 7/10 is dit niet levensverbeterend voor de patiënt, dus niet klinisch relevant. Het zal nog veel wetenschappelijk werk vergen om alle subgroepen in kaart te brengen en om de meest geschikte behandelingsmogelijkheden voor elke specifieke groep te beschrijven.

De zoektocht naar de 'Heilige Graal' van de tinnitusbehandeling is nog niet voorbij en misschien bestaat 'De Oplossing' gewoonweg niet, maar zullen er in de toekomst meerdere oplossingen mogelijk zijn.

Sommige vormen van oorsuizen zijn moeilijker te behandelen dan andere. De duurtijd van de tinnitus kan een negatieve rol spelen, maar ook de aard van de tinnitus zelf. Zo zien we bijvoorbeeld dat wanneer het oorsuizen altijd constant blijft en niet verandert door stress, externe geluiden, doorheen de dag, bij vermoeidheid, ..., dit minder gemakkelijk te behandelen is dan wanneer er zich wel variaties voordoen. Ook de persoonlijkheid en de psychologische context van de 'patiënt' kunnen een invloed hebben op het effect. Controle freaks, mensen met obsessieve compulsieve stoornis, patiënten met zelfmoordgedachten hebben de neiging om minder snel te reageren op een therapie. Vaak is het voor hen nodig om verschillende behandelingen, zoals cognitieve gedragstherapie, medicatie, neuromodulatie, ... te combineren.

Eerst en vooral moet worden nagegaan of de oorzaak van de tinnitus kan worden gevonden en in welke mate het oorsuizen een effect heeft op het psychologisch welzijn van de patiënt. Wanneer een oorzaak gevonden wordt, kan de therapie zich hier op richten. Valt de reden niet aan te tonen (wat meestal voorkomt), dan is de behandeling eerder symptomatisch gericht. Het zou onlogisch zijn om een elektrode in de hersenen te implanteren terwijl de patiënt tinnitus heeft ten gevolge van een gewone oorprop.

TRT en hoorapparaten

Eerder heb ik het belang van een juiste voorlichting benadrukt. De meest gekende manier is Tinnitus Retraining Therapy (TRT). Hierbij legt men uitgebreid uit wat tinnitus is, hoe het zich ontwikkelt en geeft men de patiënt tips om met het storende geluid om te gaan. Naast een degelijke voorlichting zal men werken met ruisgeneratoren en hoorapparaten om de aandacht zoveel mogelijk van de tinnitus weg te trekken. Op die manier tracht men het oorsuizen los te koppelen van het stressnetwerk en het aandachtscentrum waardoor de angst kan afnemen en de mogelijkheid ontstaat om te leren wennen aan de tinnitus. Denk maar aan de kleren die je draagt: de prikkel is er, maar omdat het een constant signaal is, reageren de hersenen niet meer en wordt de informatie niet meer bewust verwerkt. TRT zal dus de 'distress' (hinder) tegenover de tinnitus reduceren maar heeft geen rechtstreekse invloed op de tinnitus intensiteit. Toch kan ook de luidheid na verloop van tijd afnemen. Wanneer je je niet meer stoort aan de tinnitus zal je minder bewust worden van zijn aanwezigheid.

Hoorapparaten kunnen worden toegepast om tinnitus te onderdrukken wanneer er sprake is van gehoorverlies. Slechts een beperkte groep mensen ondervindt hiervan een goed effect. Zoals ik eerder al heb aangegeven is er een verschil tussen statistische en klinische relevantie. Meta-analyses (verschillende studies gerelateerd aan dit onderwerp bij elkaar) tonen geen significant effect op de hele groep tinnituspatiënten. Toch is het klinisch relevant voor 20% van de patiënten. Hoorapparaten kunnen de geluidsfrequenties, die door het gehoor van de patiënt zelf minder goed worden opgevangen, versterken tot 8000 Hz. Hoorapparaten zijn minder succesvol wanneer de tinnitustoon hoger is dan 8000Hz t.g.v. het verlies van de tonen boven deze frequentie. Een ander nadeel is dat ze enkel werken wanneer er voldoende achtergrondgeluid in de omgeving aanwezig is. In een stille ruimte is er geen geluid om te versterken waardoor de tinnitus weer luider kan gaan klinken. Dit kan eventueel worden opgelost door een ruisgenerator toe te voegen aan een hoorapparaat.

Neuromodulatie

Ook al heeft men het gevoel dat de tinnitus in het oor zit, het genereren van het geluid gebeurt dus eerder centraal, ergens onderweg tussen de cochlea en de hersenen. Aangezien tinnitus een netwerkfenomeen is in de hersenen waarvan de connecties tussen de verschillende hersengebieden de ernst van de tinnitus bepalen, kan oorsuizen soms worden behandeld door de werking van de hersenen te 'sturen' door gebruik te maken van elektrische stroom of magnetische pulsen: 'Neuromodulatie'.

Het moduleren van hersenactiviteit klinkt als iets uit een science fiction thriller waar men een mens verandert in een ongevoelig, slaafs wezen dat elke opdracht zonder morren uitvoert. Een droom van sommigen, een vrees van velen ... Gelukkig is de realiteit anders. Het is niet de bedoeling, en dat mag het ook nooit worden, dat neuromodulatie ooit wordt aangewend om het karakter en de persoonlijkheid van een iemand te veranderen, zodat het doen en laten van de mens kan worden gecontroleerd door een 'superbaas'.

De geschiedenis van neuromodulatie begint eigenlijk al heel vroeg, al zou je denken dat dit een nieuw idee is, ontsproten aan geleerde geesten van geweldige professoren.

Zelfs zonder dat er in de oudheid sprake was van klimaatsveranderingen kwamen onweersbuien met donder en bliksem frequent voor. Angstig als de mensen waren, schreven ze deze natuurkrachten toen toe aan een of andere goddelijke toorn. Maar zonder het te beseffen waren dat hun eerste confrontaties met elektriciteit.

Meer dan 2500 jaar geleden beschreven de Egyptenaren dat bepaalde vissen, zoals de sidderaal en de siddermeerval, zichzelf bij gevaar konden verdedigen door een schok toe te dienen aan hun belager. Deze vissen werden de Donders van de Nijl genoemd en werden beschouwd als de goddelijke beschermers van alle andere vissoorten.

De Egyptenaren ontdekten dat deze stroomstootjes niet alleen pijnlijk konden zijn, maar dat ze ook een verlichtend effect konden hebben bij hoofdpijn en zenuwpijnen. Iemand met pijn kon toen worden behandeld door plaats te nemen in een bad waarin de toenmalige 'neuromoduloog' een sidderaal liet zwemmen. Ook de Grieken en de Romeinen kenden deze techniek en pasten die niet alleen bij hoofdpijn toe, maar gebruikten ze ook ter verzachting van pijn bij bevallingen en na chirurgische ingrepen.

Door de interesse in natuurwetenschappen in de 18^e eeuw nam ook de kennis ervan toe.

Men ontdekte positieve en negatieve geladenheid, de condensator, de bliksemafleider en de voorloper van de batterij: 'de zuil van Volta'. In 1780 ontdekte Luigi Galvani dat hij met elektriciteit de poten van dode kikkers kon bewegen. Later, in het begin van de 19^e eeuw, amuseerde Aldini het grote publiek door ledematen van ter dood veroordeelden op dezelfde manier als de kikkerpoten te laten bewegen. In die tijd ontstond het welbekende verhaal van Frankenstein. Er was immers geen gebrek aan inspiratie door al die experimenten.



Fig. 5 Aldini stimuleert ledematen van ter dood veroordeelden (1802).

In 1875 ontdekte Richard Caton (Liverpool) dat hij door middel van elektroden elektrische golven kon meten vanop de blootgelegde hersenen van konijnen en apen. In 1924 kon Hans Berger, een Duitse fysioloog, de allereerste keer de hersenactiviteit bij een mens meten. Het Elektro-Encefalogram (EEG) was geboren, één van de meest opmerkelijke en vooruitstrevende uitvindingen in de geschiedenis van de neurologie.

Met de komst van het EEG kreeg men op relatief korte tijd een gigantische hoeveelheid informatie over de elektrische activiteit van de hersenen, vooral van mensen met psychiatrische aandoeningen. De drive om te willen beïnvloeden, controleren en genezen van psychiatrische ziekten én de interesse in elektriciteit heeft geleid tot de ontwikkeling van Elektroconvulsie Therapie (ECT), uitgevonden in Italië door Ugo Cerletti en Lucio Bini in 1930.

We kennen allemaal de film 'One flew over the cuckoo's nest' die je opzadelt met een bitter nasmaakje. ECT werd helaas soms gebruikt als drukkingsmiddel om opstandige en lastige patiënten het zwijgen op te leggen. De bijwerkingen wogen niet altijd op tegen het therapeutische effect en patiënten ondervonden vaak ernstige geheugenstoornissen. Het misbruik en de neveneffecten drongen de elektroshocktherapie in een verdomhoekje. Pas in 1985 werd door de 'Geneeskundige Inspectie voor de Geestelijke Volksgezondheid' richtlijnen voor elektroconvulsie therapie opgesteld. Tot op de dag van vandaag word ik in de praktijk door sommige patiënten herinnerd aan Frankenstein en aan 'One flew over the cuckoo's nest', meestal bedoeld als grap maar het legt wel het stigma van neuromodulatie bloot. Gelukkig zijn de huidige neuromodulatieve technieken verfijnder en komen bijwerkingen nog zelden voor.

Neuromodulatie technieken

Er bestaan verschillende neuromodulatieve methoden die kunnen worden aangewend om invloed uit te oefenen op de hersenactiviteit zodat 'negatieve' functionele verbindingen kunnen worden doorbroken. Helaas beschikken we niet over wondermiddelen en zal niet elke tinnituspatiënt geholpen kunnen worden met neuromodulatie, want ook hier geldt de regel dat er een verschil is tussen statistische significantie en klinische relevantie. Wanneer neuromodulatie wordt toegepast op de volledige tinnituspopulatie heeft dit statistisch weinig effect. Wordt het daarentegen bij de juiste doelgroep toegepast, dan is het wél klinisch relevant. De meest gekende technieken zijn Transcraniële Elektrische stimulatie met zijn 3 vormen, namelijk Direct Current Stimulatie (TDCS), Alternating Current Stimulatie, Random Noise Stimulatie en Transcraniële Magnetische Stimulatie (TMS). Een andere bekende vorm is het trainen van de hersenwerking door middel van Neurofeedback. Om te bepalen welke methode de meeste kans op slagen kan hebben, moet een beeld worden gevormd van de hersenactiviteit van de patiënt. De minst dure en meest gemakkelijk toepasbare techniek is een uitgebreide variant van het Elektro-Encefalogram (EEG), het qEEG. De hersenactiviteit

wordt door elektroden op de hoofdhuid gemeten. De patiënt ontspant zich maar blijft alert, de zogenoemde 'resting-state'. Een EEG-beeld ziet eruit als een scherm vol golven, vandaar hersengolven genoemd. Snelle golven wijzen op activatie, trage op de-activatie.

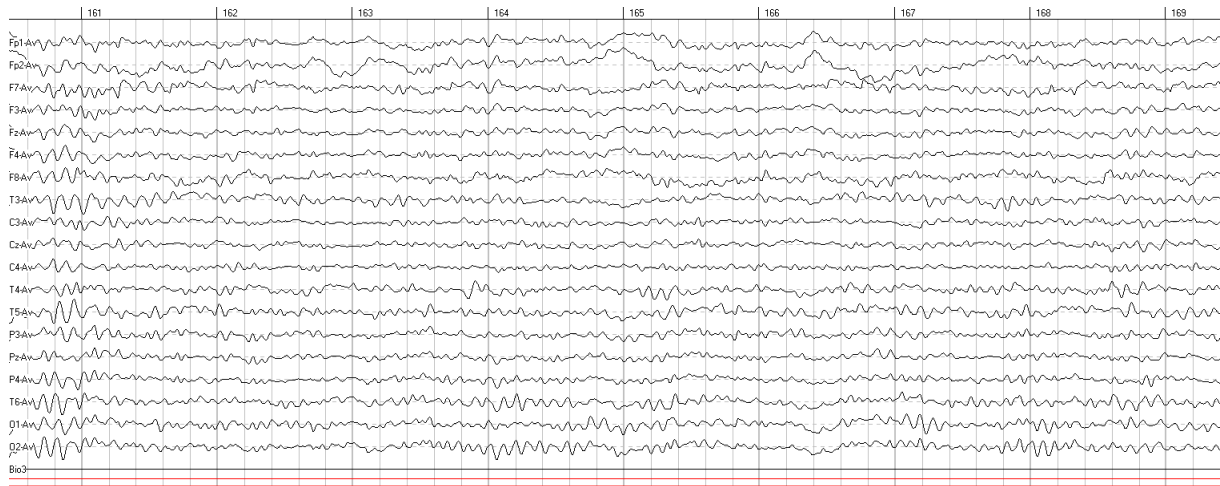


Fig. 6 Elektro-Encefalogram (EEG)

Tijdens onze slaap komen dus meer trage hersengolven voor dan tijdens het oplossen van een moeilijk vraagstuk. Niet alleen de hoeveelheid trage en snelle golven kan ons informatie geven, ook de hersengebieden waarin deze patronen voorkomen zijn belangrijk voor de interpretatie. Om een goede analyse te maken is het noodzakelijk dat de gegevens van een patiënt worden vergeleken met de gegevens van een groep mensen zonder klachten, de normgroep. Zo kunnen we niet alleen zien welke hersengebieden van de patiënt, meer of minder actief zijn in vergelijking met die normpopulatie, maar ook welke netwerken functioneel geactiveerd zijn. Dankzij het qEEG kunnen we elektrofysiologische afwijkingen in kaart brengen, zodat deze abnormaliteiten als target voor neuromodulatie kunnen worden gebruikt .

Helaas wordt neuromodulatie tot op heden niet erkend en niet terugbetaald in België. In Nederland is het afhankelijk van de verzekeraar maar ook hier draait de patiënt meestal op voor de volledige kosten. Een ander nadeel is dat de behandelingen vrij tijdsintensief zijn, vooral omdat de stimulaties gedurende enkele weken meermaals moeten worden herhaald in een gespecialiseerd neuromodulatiecentrum. De industrie experimenteert met toestellen die door de patiënten thuis zelf kunnen worden bediend, maar voorlopig is de aankoop van deze apparatuur zodanig duur dat het nog niet haalbaar is in de praktijk. Gelukkig staat de evolutie niet stil, de interesse vanuit de wetenschappelijke en de industriële wereld, neemt alsmaar toe en zal leiden tot betere en goedkopere technieken.

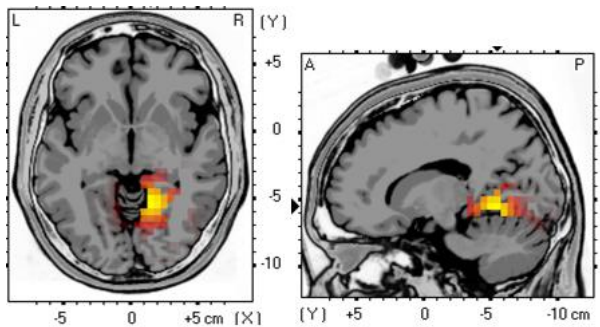


Fig.7 qEEG beeld: hyperactivatie van de parahippocampus bij tinnitus.

Transcraniële Direct Current Stimulatie (TDCS)

Transcraniële Direct Current Stimulatie (TDCS) is een methode waarbij gelijkstroom door middel van elektroden wordt toegediend op de schedel. Slechts een deel van de toegediende stroom zal de hersenschors bereiken aangezien de hoofdhuid en de schedel een weerstandsbarrière vormen. De positieve elektrode heeft een exciterende invloed op onderliggende neuronen, cellen worden met andere woorden gevoeliger voor prikkels waardoor ze gemakkelijker en sneller kunnen 'vuren'. De negatieve elektrode heeft net het omgekeerde effect waardoor de hersencellen minder snel zullen reageren.



Fig. 8 De bovenste lijn in a en b geven het spontane vuren van een neuron weer.

Na een negatieve stimulatie (a) is het spontane vuren sterk afgenomen terwijl na een positieve stimulatie (b) de firing rate is toegenomen.

Het resultaat van de stimulatie is afhankelijk van de zone waarop wordt ingewerkt, hersengebieden hebben immers hun eigen specifieke functies. TDCS heeft niet altijd een onmiddellijk effect, meestal moeten meerdere sessies worden uitgevoerd voordat het resultaat kan worden geëvalueerd. Wanneer de patiënt een verbetering merkt kan het na-effect variëren van enkele weken tot meerdere jaren. Ik zie soms mensen enkele jaren na een reeks TDCS-sessies terug bij wie het effect de hele tijd heeft aangehouden maar om de één of andere reden weer zijn hervallen. Wanneer de stimulatie wordt herhaald, merkt men al na enkele sessies dat de klachten zoals tinnitus, pijn, vermoeidheid, concentratiestoornissen, ... weerom afnemen. Soms is het echter nodig de TDCS-stimulaties regelmatiger te herhalen als een soort onderhoudsbehandeling, zeker wanneer het na-effect slechts van korte duur is (enkele weken).



Fig. 9 *Transcraniële Direct Current Stimulatie (TDCS)*

Een variatie op TDCS is Transcraniële Random Noise Stimulatie (TRNS). In plaats van gelijkstroom wordt een vorm van wisselstroom gebruikt waarbij het ritme van de elektrische pulsen constant varieert op een gerandomiseerde wijze, zodat het met andere woorden een elektrische ruis vormt. Hypothetisch zou dit een invloed hebben op de functionele verbindingen tussen hersengebieden. Door de ritmische werking van het ene gebied te verstoren met TRNS, valt de communicatie weg met een andere regio. Er is enkel sprake van informatie-uitwisseling wanneer zones in een zelfde fase (ritme) werken: “Cells that fire together wire together” (Hebbian Rule 1949). Denk maar aan jouw radio, je ontvangt het nieuwsbericht omdat je op dezelfde golflengte van de nationale omroep zit.

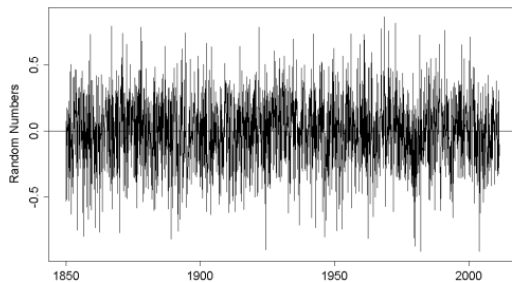


Fig. 10 *Random Noise Stimulatie*

Transcraniële Magnetische Stimulatie (TMS)

Met Transcraniële Magnetische Stimulatie (TMS) wordt een magnetisch veld opgewekt dat, in tegenstelling tot ‘stroom’, geen weerstand van de hoofdhuid en het schedelbot ondervindt en daardoor rechtstreeks wordt omgezet in een elektrisch veld in het onderliggende hersengebied. Anders dan bij TDCS heeft een magnetische pulsatie een direct effect op de neuronen: elke TMS-prikkel zal een elektrische reactie uitlokken van de neuronen. We noemen dit een actiepotentiaal. Als een TMS-puls wordt toegediend op het stukje hersenschors dat instaat voor de beweging van jouw linker hand, dan zullen de spieren van jouw linker hand samentrekken zonder dat je dat zelf controleert. In het verleden pasten we TMS toe op de gehoorschors van mensen met tinnitus. We gingen ervan uit dat we daarmee het tinnitusgeluid konden onderdrukken aangezien geluiden worden verwerkt in de auditieve hersenschors. Dit had een statistisch significant effect maar helaas was het klinisch niet relevant. Met andere woorden: de tinnitus kon bij een groep patiënten worden onderdrukt, maar het effect duurde slechts enkele minuten. Langer en frequenter stimuleren kon het

resultaat niet verbeteren of verlengen. Als therapie misschien mislukt, maar het bezorgde ons wel de belangrijke informatie, dat de tinnitus niet enkel een probleem was van de gehoorschors. Tegenwoordig gebruiken we TMS voornamelijk om het aandachtscentrum, de anterieure cingulate cortex (ACC), te beïnvloeden. Onder invloed van de stimulatie zien we dat de 'aandacht' voor de tinnitus kan afnemen. Met 'aandacht' bedoel ik hier niet het bewust gestuurde deel van ons aandachtsspectrum. We kunnen slechts een deel van de capaciteit van ons aandachtscentrum bewust controleren, het overgrote deel gebeurt automatisch.



Fig. 11 *Transcraniële Magnetische Stimulatie (TMS) van het aandachtscentrum.*

We hebben al eerder besproken dat onze hersenen onze omgeving constant scannen en zich op de meest interessante zaken focussen zonder dat we de hele tijd alert moeten zijn. We draaien dus het grootste deel van onze tijd op automatische piloot. Enkel wanneer we een taak moeten uitvoeren die meer cognitieve inspanning vergt zullen we het 'bewuste' deel van ons aandachtscentrum aanspreken. De tinnitus kan onze automatische piloot verwarren waardoor het geluid telkens weer in het vizier van de 'gerichte aandacht' komt. Tijdens de consultatie vertellen patiënten vaak dat wanneer ze niets om handen hebben (automatische piloot) ze de tinnitus continu horen, maar van zodra ze zich bewust concentreren op een taak (gerichte aandacht), de tinnitus naar de achtergrond verdwijnt. Netwerk analyses hebben aangetoond dat het aandachtscentrum niet alleen een belangrijke zone is bij tinnitus, maar dat het ook bij burn-out, chronische pijn, stress, verslaving, OCD en fibromyalgie een prominente rol speelt. Het aandachtscentrum zorgt er onder meer voor dat de waarde van tinnitus, pijn, stress, ..., door de hersenen wordt vergroot en dus intenser wordt waargenomen.

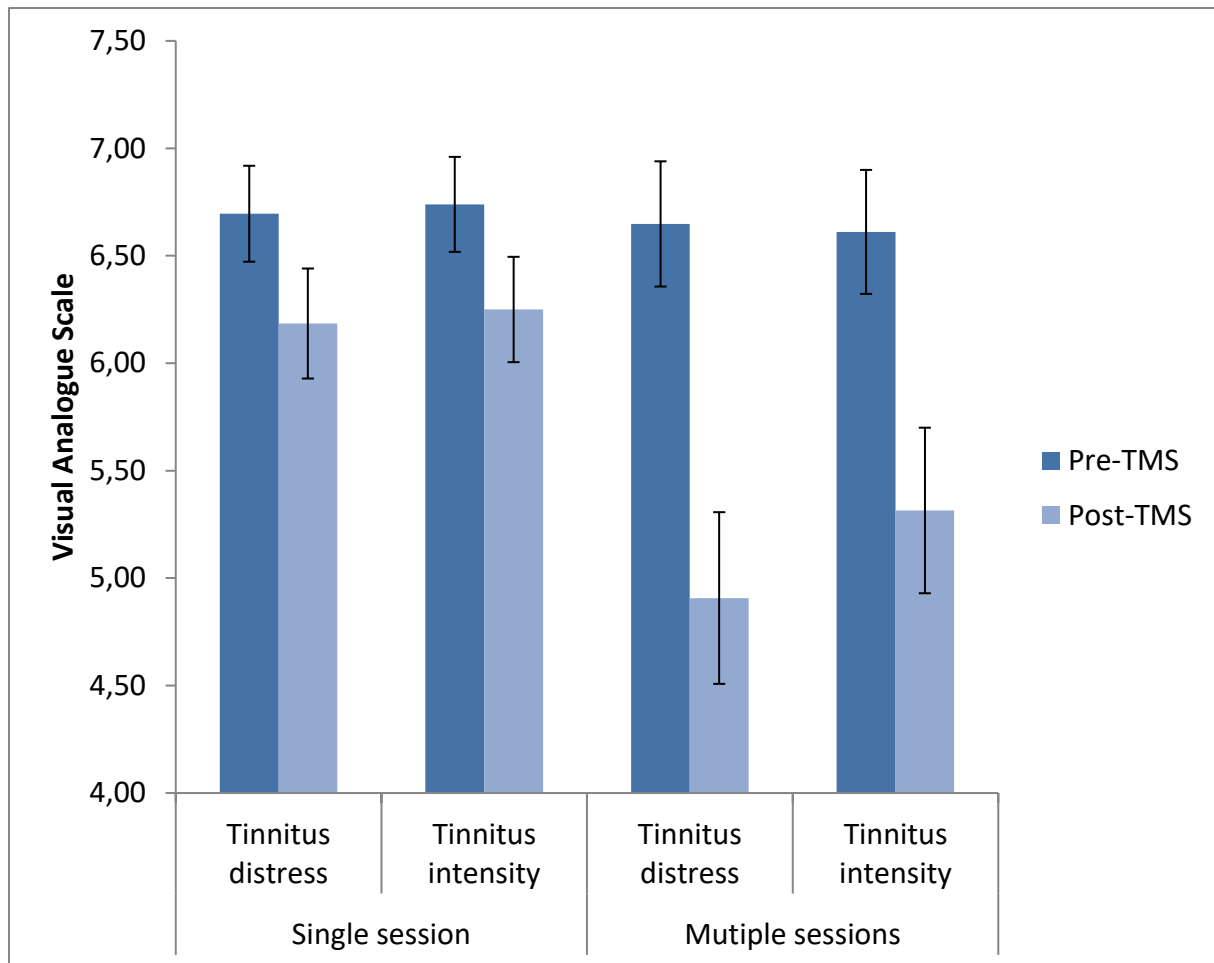


Fig. 12 Intensiteit voor en na TMS. De stimulaties werden ter hoogte van het aandachtscentrum uitgevoerd. De donker blauwe kolom toont een intensiteit score van 0 tot 10 voor de stimulatie, de licht blauwe kolom geeft de score van na de TMS. Na één sessie wordt een licht effect genoteerd maar het effect wordt groter na meerdere sessies (15 stimulaties). (Vanneste et al., Brain Stimulation, 2012)

Neurofeedback

We weten allemaal dat onze hersenen de capaciteit hebben om dingen te leren door ervaringen, door te oefenen, door te studeren, Nieuwe verbindingen worden aangemaakt en niet gebruikte trajecten kunnen weer verdwijnen. Dit wordt neuroplasticiteit genoemd. Ons zenuwstelsel is dus in staat zijn organisatie aan te passen aan veranderingen in de omgeving. Dit principe biedt ons de mogelijkheid om onze hersenfunctie te trainen. We kunnen dit doen door geheugenspelletjes te spelen, al dan niet in de vorm van een gezelschapsspel of een App op een tablet, of we kunnen deze mogelijkheid gebruiken in een neuromodulatie-setting in de vorm van Neurofeedback en Computer-Brain Interface.

Terwijl de hersenactiviteit van een patiënt wordt gemeten krijgt de computer de opdracht om de elektrische werking van een specifiek hersengebied of hersennetwerk te volgen. De patiënt wordt beloond wanneer de 'juiste' hersengolven in het specifieke hersengebied worden gemeten.

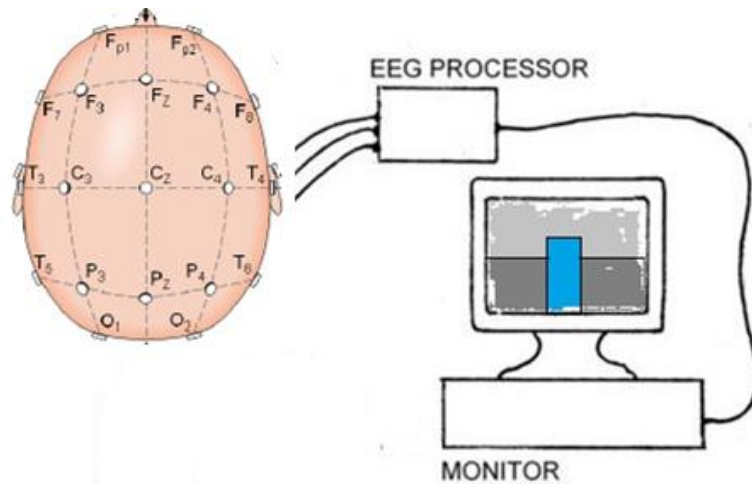
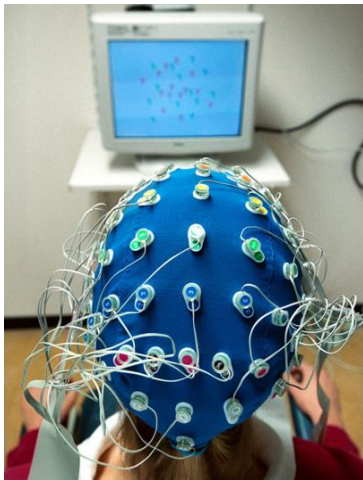


Fig. 13 Neurofeedback

Tijdens zo'n training kijkt de patiënt naar een beeldscherm waarop een film wordt afgespeeld, een vliegtuigje door een landschap vliegt of een balkje beweegt. Wanneer de hersenactiviteit het gewenste patroon volgt zal de film bewegen, het vliegtuigje vliegen of de balk groeien. Wanneer de computer 'foute' hersenactiviteit meet zal de film pauzeren, het vliegtuigje blijven hangen of de balk kleiner worden. Dit gericht trainen van een hersengebied is gebaseerd op het principe van conditioneren waarbij de beloning zorgt voor de aanpassing van de hersenwerking, ook wel trial en error leren genoemd. Al staat neurofeedback nog ter discussie in de medische wereld, bij mensen met ADHD, epilepsie en slaapstoornissen heeft deze techniek zijn nut al bewezen en moet het effect niet onderdoen voor medicatie. Dankzij de mogelijkheid om coördinaten in te geven in het computerprogramma kunnen we dieper gelegen hersengebieden (zoals delen van het geheugencircuit) trainen, wat voor tinnitus relevant is aangezien een deel van het geheugen een belangrijke hub is in het tinnitusnetwerk.

Ik heb me beperkt tot het bespreken van deze drie meest gekende vormen van neuromodulatie technieken. Er bestaan echter verschillende variaties en uitbreidingen en zoals ik eerder aangaf staat de evolutie niet stil.

De toekomst

Ik kijk optimistisch uit naar de toekomst. Welke kennis en mogelijkheden staan voor de deur? Mogelijkheden die hopelijk een oplossing kunnen bieden voor (tot nu toe) 'onbehandelbare' aandoeningen, zoals tinnitus en zoveel andere stoornissen.

Alles begint bij het ernstig nemen van klachten van patiënten, de wil om hen te begrijpen maar vooral de wil om hen te genezen.

Neuromodulatie heeft zijn eerste wankelste stapjes gezet in de grote medische wereld. Wat ooit begon met een badkuip en een elektrische vis, wordt nu benaderd met hightech apparatuur. Ik ben ervan overtuigd dat neuromodulatie zal uitgroeien tot een volwassen tak binnen de geneeskunde maar dit kost tijd, veel tijd