

DORIEN CEULEERS

The AVC²-I project:
Auditory, Visual and Cognitive abilities in relation to
Cochlear Implant benefit



Samenvatting onderzoek

Achtergrond

Gehoorverlies is een van de meest voorkomende aandoeningen wereldwijd (Wilson et al., 2017). De Wereldgezondheidsorganisatie rapporteert dat ongeveer 20% van de wereldbevolking getroffen wordt door gehoorverlies (World Health Organization, 2021). Ongeveer 0,8% van de wereldbevolking leidt daarbij aan een ernstig tot zeer ernstig gehoorverlies (World Health Organization, 2021). Gehoorverlies leidt tot moeilijkheden met spraakverstaan en communicatie en kan vervolgens een negatieve impact hebben op de participatie in de maatschappij en een verminderde levenskwaliteit (World Health Organization, 2018).

Cochleaire implantatie wordt beschouwd als een effectieve behandeling voor personen met ernstig tot zeer ernstig gehoorverlies en doofheid, wanneer er onvoldoende winst is met een klassiek hoortoestel. Een cochleair implantaat (CI) is een toestel dat het gehoor (gedeeltelijk) herstelt door geluid om te zetten in een elektrische stimulatie, die rechtstreeks aan de gehoorzenuw wordt aangeboden (Van Wieringen & Wouters, 2015). Het bestaat uit een inwendig deel dat via een operatie geïmplant wordt en een uitwendig deel dat op het oor en/of op het hoofd geïmplant wordt. Het doel van cochleaire implantatie is om het spraakverstaan en bijgevolg de communicatie te verbeteren. Toch is er veel **variatie in de resultaten met CI's**, vooral op het vlak van spraakverstaan (Blamey et al., 2013; Holden et al., 2013; Moberly et al., 2016). Sommige CI-gebruikers halen zeer goede scores voor spraakverstaan na implantatie, maar sommige anderen ondervinden toch nog moeilijkheden, voornamelijk op vlak van bijvoorbeeld spraakverstaan in achtergrondlawaai. Deze variatie wordt meestal toegeschreven aan auditieve factoren (bv. oorzaak en duur van het gehoorverlies en het restgehoor, gebruik van hoortoestellen voor implantatie etc.) (Blamey et al., 2013; Holden et al., 2013; Lazard et al., 2012). Echter, recent onderzoek suggereert dat deze variatie niet alleen door perifere auditieve factoren wordt veroorzaakt. Spraakverstaan is namelijk een complex audio-visueel en auditief-cognitief proces, dat meer actieve verwerking vraagt dan het passief horen van geluiden. Om tot het verstaan van spraak te komen, moeten je hersenen actief betekenis geven aan het signaal dat binnenkomt en daar zit vaak de moeilijkheid.

Spraakverstaan is een **audio-visueel proces**, waarbij informatie van de visuele modaliteit, namelijk informatie van mondbewegingen en gezichtsuitdrukkingen (d.i. spraakafzien) wordt geïntegreerd met informatie van de auditieve modaliteit om de verstaanbaarheid te vergroten (Peelle & Sommers, 2015; Rosenblum, 2008; Stevenson et al., 2017). Daarom kunnen we onze gesprekspartner beter verstaan wanneer we die ook kunnen zien dan wanneer we deze enkel kunnen horen.

Daarnaast is spraakverstaan ook een **auditief-cognitief proces**. Naast audiovisuele integratie spelen namelijk ook cognitieve functies (d.i. *top-down* processen) een rol (Rönnberg et al., 2022). De specifieke cognitieve functies werkgeheugen, verwerkingssnelheid, aandacht en cognitieve flexibiliteit en inhibitie zijn belangrijk tijdens het spraakverstaan. Het werkgeheugen is een tijdelijke opslag- en verwerkingsplaats voor informatie. We gebruiken het om bijvoorbeeld het eerste deel van een lange zin vast te houden en te integreren met het tweede deel van de zin om de volledige boodschap te begrijpen. Verwerkingssnelheid vervolgens is de snelheid waarmee een persoon kan begrijpen en reageren op de informatie die hij/zij/die ontvangt. Het is belangrijk dat we snel genoeg informatie kunnen verwerken, zodat we adequaat kunnen reageren. Aandacht is het cognitief proces van het gericht waarnemen van de omgeving. We maken daarbij een onderscheid tussen volgehouden aandacht en selectieve aandacht. Volgehouden aandacht is het vermogen om de aandacht op een bepaalde

spreker te houden gedurende langere tijd. Selectieve aandacht is het vermogen om de aandacht gericht houden op een specifieke spreker of activiteit in aanwezigheid van andere afleidende geluiden. Cognitieve flexibiliteit en inhibitie tenslotte, wordt gedefinieerd als het vermogen om flexibel te schakelen tussen taken of bronnen van informatie terwijl irrelevante informatie wordt onderdrukt om de relevante informatie te kunnen verwerken. Het helpt ons om bijvoorbeeld flexibel te schakelen tussen verschillende sprekers in een groepsgesprek terwijl we het achtergrondlawaai onderdrukken.

Deze visuele en cognitieve functies zijn in het bijzonder belangrijk voor spraakverstaan wanneer het spraaksignaal verstoord wordt door achtergrondlawaai, gehoorverlies of luisteren via een CI (Akeroyd, 2008; Pichora-Fuller et al., 2016; Rönnberg et al., 2022). Dankzij de bijdrage van de visuele en cognitieve functies kan er deels gecompenseerd worden voor de verminderde auditieve input. Daarbij zorgt de verhoogde behoefte aan meer cognitieve verwerking ervoor dat er meer mentale inspanning gevraagd wordt, wat wordt ervaren als **luisterinspanning** (Pichora-Fuller et al., 2016). Zo kent iedereen het gevoel van vermoeidheid na een lange avond met vrienden in een rumoerig restaurant. We zijn dan toch moe, ook al hebben we eigenlijk een hele avond op een stoel gezeten.



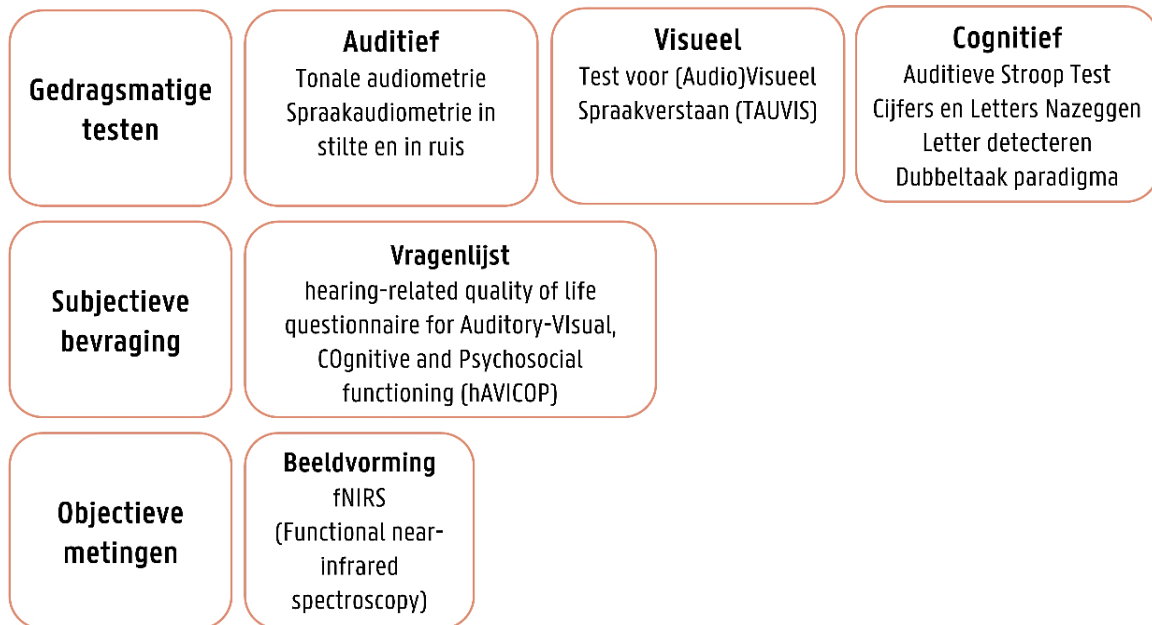
Doelstellingen

Het overkoepelende doel van dit doctoraatsonderzoek was om meer inzicht te krijgen in de complexiteit van spraakverstaan na cochleaire implantatie, met specifieke aandacht voor de bijdrage van auditieve, visuele en cognitieve (AVC) vaardigheden. Daarvoor werden twee subdoelstellingen opgesteld:

1. Het exploreren van de auditieve, visuele en cognitieve (AVC) vaardigheden met betrekking tot spraakverstaan bij mensen met en zonder gehoorverlies.
2. Het evalueren van de evolutie van de auditieve, visuele en cognitieve (AVC) vaardigheden na cochleaire implantatie.

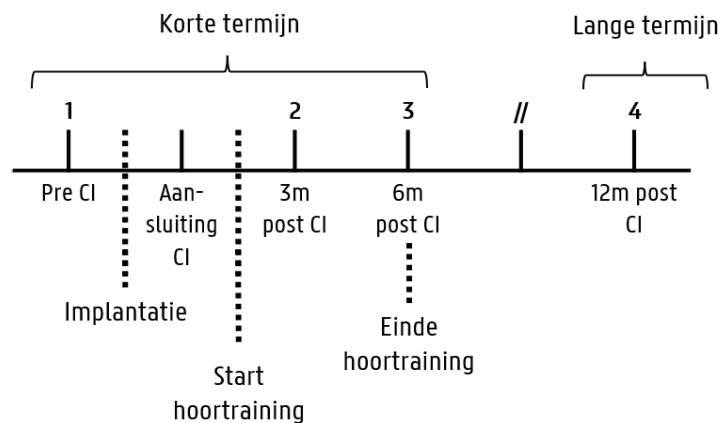
Methode

Er werd een **AVC-test protocol** opgesteld waarmee auditieve, visuele en cognitieve vaardigheden in kaart kunnen worden gebracht aan de hand van gedragsmatige testen, een subjectieve bevraging en objectieve metingen. Een samenvatting van het testprotocol wordt hieronder weergegeven.



Vervolgens werd dit AVC-test protocol uitgevoerd bij personen met en zonder gehoorverlies. Er werd een **cross-sectioneel onderzoek** uitgevoerd waarbij de resultaten van normaalhorende volwassenen, hoortoestelgebruikers en CI-gebruikers werden vergeleken.

Tot slot werd de evolutie van de auditieve, visuele en cognitieve vaardigheden en luisterinspanning geëvalueerd op de korte (d.i. drie en zes maanden) en lange termijn (d.i. twaalf maanden) na cochleaire implantatie, aan de hand van een prospectieve **longitudinale studie** met vier testmomenten: voor implantatie en dan op 3, 6 en 12 maanden na implantatie.



Resultaten en conclusie

De belangrijkste bevindingen van de verschillende studies in dit onderzoek waren:

- Normaalhorenden presteerden beter op zowel auditieve als cognitieve vaardigheden vergeleken met personen met gehoorverlies, ook wanneer de personen met gehoorverlies luisterden met hun hoortoestel en/of CI. Voor de (audio)visuele testen werden geen significante verschillen gevonden tussen de drie groepen (normaalhorenden, hoortoestelgebruikers en CI-gebruikers) voor spraakverstaan in de visuele conditie (d.i. spraakafzien), ondanks een significant grotere audiovisuele winst voor de hoortoestel- en CI-gebruikers. Personen met gehoorverlies kunnen dus niet beter spraakafzien, maar ze hebben er wel meer winst bij wanneer spraak audiovisueel wordt aangeboden dan normaalhorenden (Ceuleers et al., 2024e).
- Er werden verschillende patronen van dubbel-taak interferentie gezien bij personen met en zonder gehoorverlies, wat duidt op verschillen in luisterinspanning (Ceuleers et al., 2024a).
- fNIRS is een mogelijke objectieve meetmethode om corticale activatie te meten bij auditief, visueel en audio-visueel aangeboden spraak (Ceuleers et al., 2024c).
- Over het algemeen werden (significante) verbeteringen gezien in de auditieve, visuele en cognitieve vaardigheden na cochleaire implantatie, gemeten aan de hand van gedragsmatige testen. De grootste verbeteringen werden waargenomen binnen de eerste drie maanden na implantatie, met bijkomende verbeteringen tot twaalf maanden na implantatie (Ceuleers et al., 2024d).
- Er werden subjectieve verbeteringen gevonden in auditief-visueel functioneren, cognitief functioneren, psychosociaal functioneren en tevredenheid met het hoorhulpmiddel. Dit duidt op een verbeterde gehoorgerelateerde levenskwaliteit na cochleaire implantatie (Ceuleers et al., 2024d).
- Er werd een verschuiving in patronen van dubbel-taak interferentie gezien na implantatie, die kunnen wijzen op een verminderde luisterinspanning (Ceuleers et al., 2024b).

Deze inzichten benadrukken het belang van het evalueren van meer dan alleen auditieve factoren bij het beoordelen van de resultaten met CI. Ook de cognitieve en (audio-)visuele vaardigheden dienen in kaart te worden gebracht. Op basis van het huidige onderzoek wordt voorgesteld om auditieve revalidatie in de toekomst aan te passen aan de individuele auditieve, visuele en cognitieve vaardigheden, met als doel om de beste resultaten te behalen met CI voor alle belangrijke functies die gerelateerd zijn aan spraakverstaan.

Indien je geïnteresseerd bent in de volledige digitale versie van het proefschrift, kan je contact opnemen via dorien.ceuleers@ugent.be.

Indien je geïnteresseerd bent om de volledige presentatie van de openbare doctoraatsverdediging te zien, kan dat door deze QR-code te scannen:



Algemene informatie

Doctoraatsonderzoek

The AVC²-I project: Auditory, Visual and Cognitive abilities in relation to Cochlear Implant benefit – *Dorien Ceuleers (Universiteit Gent, Vakgroep Hoofd & Huid)*

Promotoren

Prof. Dr. Ingeborg Dhooge

Vakgroep Hoofd en Huid, Universiteit Gent

Prof. Dr. Hannah Keppler

Vakgroep Revalidatiewetenschappen, Universiteit Gent

Financiering

Dit onderzoek werd gefinancierd aan de hand van een Investigator Initiated Research (IIR) Grant door Cochlear Research & Development Ltd. (ref # IIR-2321).

Contact

Dorien Ceuleers

Vakgroep Hoofd & Huid, Universiteit Gent

Corneel Heymanslaan 10

9000 Gent

Dorien.ceuleers@ugent.be

Referenties

- Akeroyd, M. A. (2008). Are individual differences in speech reception related to individual differences in cognitive ability? A survey of twenty experimental studies with normal and hearing-impaired adults. *International journal of audiology*, 47 Suppl 2, S53-71. <https://doi.org/10.1080/14992020802301142>
- Blamey, P., Artieres, F., Başkent, D., Bergeron, F., Beynon, A., Burke, E., Dillier, N., Dowell, R., Fraysse, B., & Gallégo, S. (2013). Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: an update with 2251 patients. *Audiology and Neurotology*, 18(1), 36-47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1159/000343189>
- Ceuleers, D., Degeest, S., Swinnen, F., Baudonck, N., Kestens, K., Dhooge, I., & Keppler, H. (2024a). Dual-Task Interference in the Assessment of Listening Effort: Results of Normal-Hearing Adults, Cochlear Implant Users, and Hearing Aid Users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 67(9), 3201-3216. https://doi.org/DOI: 10.1044/2024_JSLHR-23-00636
- Ceuleers, D., Dhooge, I., Baudonck, N., Swinnen, F., Kestens, K., & Keppler, H. (2024b). Dual-task interference in the assessment of listening effort before and after cochlear implantation in adults: a longitudinal study. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, *Accepted*.
- Ceuleers, D., Eqlimi, E., Swinnen, F., Keppler, H., & Dhooge, I. (2024c). Localization of cortical responses to audiovisual, visual, and auditory presented speech using fNIRS: an exploratory study in normal-hearing adults. *B-ENT*, *Under review*.
- Ceuleers, D., Keppler, H., Baudonck, N., Swinnen, F., Kestens, K., & Dhooge, I. (2024d). Evaluation of auditory, visual and cognitive abilities related to speech understanding before and after cochlear implantation: a prospective longitudinal study in adults with a severe-to-profound hearing loss. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, *In preparation*.
- Ceuleers, D., Keppler, H., Degeest, S., Baudonck, N., Swinnen, F., Kestens, K., & Dhooge, I. (2024e). Auditory, visual, and cognitive abilities in normal-hearing adults, hearing aid users, and cochlear implant users. *Ear and Hearing*, 45(3), 679-694.
- Holden, L. K., Finley, C. C., Firszt, J. B., Holden, T. A., Brenner, C., Potts, L. G., Gotter, B. D., Vanderhoof, S. S., Mispagel, K., Heydebrand, G., & Skinner, M. W. (2013). Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear and hearing*, 34(3), 342-360. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182741aa7>
- Lazard, D. S., Vincent, C., Venail, F., Van de Heyning, P., Truy, E., Sterkers, O., Skarzynski, P. H., Skarzynski, H., Schauwers, K., & O'Leary, S. (2012). Pre-, per-and postoperative factors affecting performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: a new conceptual model over time. *PloS one*, 7(11), e48739. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048739>
- Moberly, A. C., Bates, C., Harris, M. S., & Pisoni, D. B. (2016). The enigma of poor performance by adults with cochlear implants. *Otology & Neurotology*, 37(10), 1522-1528. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001211>
- Peelle, J. E., & Sommers, M. S. (2015). Prediction and constraint in audiovisual speech perception. *Cortex*, 68, 169-181.
- Pichora-Fuller, K. M., Kramer, S. E., Eckert, M. A., Edwards, B., Hornsby, B. W. Y., Humes, L. E., Lemke, U., Lunner, T., Matthen, M., Mackersie, C. L., Naylor, G., Phillips, N. A., Richter, M., Rudner, M., Sommers, M. S., Tremblay, K. L., & Wingfield, A. (2016). Hearing Impairment and Cognitive Energy: The Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL). *Ear and Hearing*, 37, 5S-27S. <https://doi.org/DOI: 10.1097/aud.0000000000000312>
- Rönnberg, J., Signoret, C., Andin, J., & Holmer, E. (2022). The Cognitive Hearing Science perspective on perceiving, understanding, and remembering language: The ELU model. *Frontiers in Psychology*, 13(967260). <https://doi.org/DOI: 10.3389/fpsyg.2022.967260>
- Rosenblum, L. D. (2008). Speech Perception as a Multimodal Phenomenon. *Curr Dir Psychol Sci*, 17(6), 405-409. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00615.x>

- Stevenson, R., Sheffield, S. W., Butera, I. M., Gifford, R. H., & Wallace, M. (2017). Multisensory integration in cochlear implant recipients. *Ear and hearing*, 38(5), 521-538.
<https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000435>
- Van Wieringen, A., & Wouters, J. (2015). What can we expect of normally-developing children implanted at a young age with respect to their auditory, linguistic and cognitive skills? *Hearing research*, 322, 171-179.
- Wilson, B. S., Tucci, D. L., Merson, M. H., & O'Donoghue, G. M. (2017). Global hearing health care: new findings and perspectives. *The Lancet*, 390(10111), 2503-2515.
- World Health Organization. (2018, 2/03/2018). *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. <https://www.who.int/classifications/icf/en/>
- World Health Organization. (2021). *World report on hearing*. World Health Organization.