

Thomas More
Opleiding Logopedie en Audiologie
J. De Bomstraat 11
2018 Antwerpen

**Een duale taak als maat voor de cognitieve luisterinspanning
bij volwassen CI gebruikers**
en de relatie tussen taalvaardigheid en spraakverstaan in ruis

Bachelorproef voorgedragen tot het
bekomen van het diploma van
Bachelor in de logopedie en de audiologie
Afstudeerrichting Audiologie
Door: Dorien VAN DAELE
Academiejaar: 2012 – 2013
Promotor: F. VANPOUCKE, Doctor in de
ingenieurswetenschappen -
elektrotechniek

ABSTRACT

Cochleair implantaat gebruikers krijgen een vervormd akoestisch signaal te horen, waardoor ze een grotere cognitieve luisterinspanning moeten leveren om uit deze signalen de spraakinhoud te filteren. In dit onderzoek trachten we de luisterinspanning in kaart te brengen aan de hand van een duale taak. De auditieve taak betreft een klassieke spraak-in-ruis test (LIST). De visuele taak bestaat uit een reactietaak met even en oneven cijfers. Daarnaast werd de algemene taalvaardigheid nagegaan door middel van de Text Reception Threshold (TRT) test. Twaalf volwassen CI gebruikers (Nucleus®) namen deel aan het onderzoek. Uit de resultaten blijkt dat CI gebruikers een gelijke score behaalden op de auditieve en visuele taak, zowel enkelvoudig als dual. De reactietijd was daarentegen significant trager bij de duale taak. De TRT resultaten gaf geen correlatie aan tussen taalvaardigheid en spraakverstaan in ruis. Uit deze pilootstudie kan besloten worden dat reactietijd een sensitieve maat is voor de luisterinspanning bij CI gebruikers.

SLEUTELWOORDEN

Cognitieve luisterinspanning, duale taak, visuele maskeringtest, TRT

INLEIDING

Bij ernstige sensorineurale gehoorverliezen biedt versterking door middel van hoortoestellen geen uitweg meer en zijn andere types van hulpmiddelen nodig (Gelfand, 2009).

Sinds tientallen jaren is het mogelijk voor doven en (zeer) ernstig slechthorenden om geluid waar te nemen via een cochleair implantaat (CI). Dit elektronisch apparaat bestaat uit een chirurgisch ingeplant gedeelte en een uitwendig gedeelte achter het oor. Het produceert een elektrische impuls die voorbij de aangetaste haarcellen rechtstreeks de auditieve zenuw stimuleert (Cooper, 1991).

Gebruikers van een cochleair implantaat worden tijdens de audiologische opvolging geëvalueerd op spraakverstaanbaarheid. Hiervoor worden standaard woord- of zinslijsten afgenomen, ofwel in stilte, ofwel in aanwezigheid van achtergrondruis. Gould et al. (2001) gingen de spraakverstaanbaarheid van CI gebruikers na door middel van CVC woorden (consonant-vocaal-consonant). Hieruit bleek dat er in het algemeen sprake is van een verbetering, maar de prestaties van de CI gebruikers verschillen onderling.

Slechthorenden ondervinden voornamelijk hinder bij het waarnemen van een spraaksignaal in de aanwezigheid van achtergrondruis. De moeilijkheid neemt toe naarmate de graad van slechthorendheid vergroot (Sarampalis et al., 2009).

Het spraaksignaal dat doven en slechthorenden ontvangen via het cochleair implantaat mist een aantal akoestische eigenschappen, die wel beschikbaar zijn voor normaalhorende personen, waardoor het signaal vervormd wordt (Clark, 2004). Spraakverstaanbaarheid in ruis vormt voor hen een grote uitdaging.

Het onderzoek van Hazrati et al. (2012) toonde aan dat het onderzoeken van CI gebruikers in achtergrondruis een onderschatting geeft van de moeilijkheden die zij ervaren in het dagelijkse leven. We kunnen dus concluderen dat de omstandigheden in de audiologische cabine sterk verschillen van wat ze in alledaagse luisteromstandigheden ervaren.

CI gebruikers moeten een grotere cognitieve luisterinspanning leveren om uit de vervormde signalen de spraakinhoud te filteren (Alkhamra, 2010). Deze cognitieve luisterinspanning beïnvloedt het hoorcomfort of het gemak waarmee een CI gebruiker spraak waarneemt in aanwezigheid van storende bijgeluiden. Dit is naast spraakverstaanbaarheid ook een belangrijke parameter bij de audiologische opvolging, aangezien twee personen met identiek audiogram en spraakresultaten eenzelfde hooroplossing aangeboden krijgen, terwijl er een groot verschil in luisterinspanning aanwezig kan zijn (Gosselin & Gagné, 2010).

Uit een onderzoek van Alkhamra (2010) bleek dat postlinguaal dove volwassen CI gebruikers een scherpe daling van de cognitieve inspanning ervaren die nodig is om spraak waar te nemen. Dit effect was zichtbaar tijdens de eerste dag en de week post implantatie. Er was eveneens een reductie in mindere mate voor een aantal maanden post implantatie. De cognitieve luisterinspanning nam significant toe bij een stijging van achtergrondlawaai, zowel bij het luisteren naar een onbekend gespreksonderwerp, bij het luisteren naar een onbekende gesprekspartner als bij het luisteren naar een 'non-native' spreker of een spreker met hoog spreektempo. Bovendien vond Alkhamra (2010) een significante verlaging van cognitieve luisterinspanning bij CI gebruikers met een hoortoestel in het contralaterale oor.

CI gebruikers zouden in stilte en bij een signaal ruisverhouding (SNR of signal-to-noise ratio) van +15dB even accuraat spraak waarnemen dan normaalhorende personen. De CI gebruikers moesten hiervoor wel een grotere cognitieve inspanning leveren. Wanneer het achtergrondlawaai verhoogd werd met SNR +5dB werden er enkele fouten gemaakt op spraakperceptie voor beide groepen, maar deze fouten namen sneller toe bij de CI gebruikers. Een SNR 0dB voor normaalhorende personen en SNR +10dB voor CI gebruikers toonde gelijkenissen in de accuraatheid van spraakperceptie en de cognitieve inspanning voor beide groepen (Alkhamra, 2010).

Niet enkel doven en slechthorenden ervaren een grotere cognitieve inspanning, ook normaalhorende ouderen leveren meer luisterinspanning bij het herkennen van spraak in ruis. Het toevoegen van visuele cues (o.a. mondbeeld) heeft hetzelfde effect op spraakherkenning bij het reduceren van de achtergrondruis met 7-10 dB. De leeftijd heeft een invloed op beide componenten van audiovisuele spraakherkenning (Macleod & Summerfield, 1987). Bernarding et al. (2013) concludeerden uit hun recent onderzoek met behulp van EEG-metingen dat luisterinspanning afhankelijk is van leeftijd en de mate van gehoorverlies.

Luisterinspanning verwijst naar de aandacht en cognitieve processen die nodig zijn bij het begrijpen van een spraaksignaal (Gosselin & Gagné, 2011). Luisteren en begrijpen van spraak is een uitzonderlijk complexe taak, bestaande uit een vaste reeks van sensorische en cognitieve processen. De akoestische complexiteit maakt het bijzonder moeilijk bij bijkomend achtergrondlawaai. Het luisteren naar geluid met achtergrondruis houdt dus zowel sensorische als cognitieve vaardigheden in. Deze cognitieve vaardigheden houden voornamelijk aandacht en werkgeheugen in. Ze betreffen voornamelijk aandacht en werkgeheugen, alsook wereldkennis. We kunnen dus stellen dat hoe beter het werkgeheugen en aandacht, hoe beter het vermogen tot spraakverstaanbaarheid in ruis (Kraus et al., 2012). Waarneming of spraakperceptie kan niet plaatsvinden zonder bijdrage van andere grote subsystemen zoals aandacht, geheugen of het leren (Pisoni, 2010).

De voorbije jaren ontstond een grote interesse aangaande het evalueren van deze luisterinspanning. Ondertussen bestaan er meerdere benaderingen om de luisterinspanning objectief in kaart te brengen. Mackersie en Cones (2011) maakten o.a. gebruik van psychofysiologische metingen als hartslag, huidgeleiding, lichaamstemperatuur en electro-myografische activiteit als maat voor luisterinspanning. Deze variabelen werden gemeten gedurende een spraakherkenningstaak. Uit het onderzoek bleek dat zowel de electromyografische activiteit als de huid hierop reageerden.

Een andere methodologie betreft de duale taak. Dit is één van de meest gebruikte objectieve methoden in de cognitieve literatuur voor het onderzoek naar cognitieve eisen bij een taak (Sarampalis et al., 2009). De proefpersonen worden hierbij gevraagd twee taken afzonderlijk en gelijktijdig uit te voeren. Het betreft steeds een primaire en secundaire taak. Aangaande het onderzoek naar luisterinspanning wordt meestal een auditieve taak in stilte of in ruis aangeboden. De secundaire taak betreft veelal een geheugentaak, reactietijd of een tactiele patroonherkenningstaak (Downs, 1982). De interferentie van beide taken gebeurt centraal, in de links prefrontale cortex, ter hoogte van het werkgeheugen en attentieprocessen (Collete et al. 2005; Awh et al. 2001; Kellog, 2003).

Bij duale taken gaat men ervan uit dat het cognitieve systeem een beperkte capaciteit aan middelen heeft om informatie te verwerken. Wanneer bij de primaire taak de verwerkingscapaciteit te wijten is aan een toename van de inspanning of hogere belasting, dan zal een afname in prestaties bij de secundaire taak waargenomen worden wanneer de taken simultaan worden uitgevoerd. De daling op de prestaties van de secundaire taak kunnen dan geïnterpreteerd worden als een verhoging van de luisterinspanning (Gosselin & Gagné, 2010). Het is eveneens een realistisch benadering van spraakherkenning aangezien we ons in het dagelijks leven regelmatig in situaties bevinden waarbij we naar spraak luisteren en gelijktijdig andere opdrachten moeten volbrengen.

Sarampalis et al. (2009) suggereren dat naast de klassieke spraaktest in de toekomst ook objectieve metingen aangaande luisterinspanning door klinici zullen gebruikt kunnen worden (1) als een onderzoeksinstrument, (2) als een 'outcome measure', (3) om personen te selecteren die in aanmerking komen voor auditieve revalidatie en (4) voor de optimalisatie van de instellingen van een hoortoestel in functie van spraakverstaanbaarheid.

In wat volgt gaan we verder in op enkele onderzoeken naar de luisterinspanning bij gehoorgestoorde proefpersonen met (een) hoortoestel(len) of CI aan de hand van een duale taak.

Downs (1982) onderzocht het effect van hoortoestellen op spraakdiscriminatie en luisterinspanning bij 23 gehoorgestoorde volwassen proefpersonen. De spraakdiscriminatie test werd uitgevoerd met en zonder hoortoestellen. Een reactietaak werd simultaan aangeboden met een auditieve taak. Uit deze resultaten bleek dat het gebruik van hoortoestellen tot een betere spraakverstaanbaarheid en minder luisterinspanning leiden. Hierbij besloot hij eveneens dat deze taak potentieel heeft om op objectieve wijze de luisterinspanning bij gehoorgestoorde personen te evalueren.

Het belang van de duale taak als maat voor de cognitieve luisterinspanning werd ook door Sarampali et al. (2009) bevestigd. Ze maakten gebruik van een duale taak bij hun onderzoek naar de hypothese waarbij men ervan uit gaat dat de ruisreductie in hoortoestellen de cognitieve belasting bij het luisteren naar spraak vermindert, waardoor andere taken simultaan meer accuraat kunnen worden uitgevoerd. Er werden twee experimenten uitgevoerd bij 25 normaalhorende proefpersonen met een gemiddelde leeftijd van 20 jaar.

Het eerste deel bestond uit het reproduceren van woorden in ruis. De proefpersonen moesten het laatste woord uit een aangeboden zin herhalen en de woorden onthouden om ze nadien te kunnen herhalen. De zinnen werden in aanwezigheid van cafetariaruis met een variabele signaal-ruisverhouding aangeboden. Er bleek geen significant verschil aanwezig te zijn tussen het aantal correct herhaalde woorden met en zonder ruisreductie. Het herhalen van de onthouden woorden was wel significant beter ($t=2.36$, $p<0.05$) in het geval van ruisreductie ten opzichte van zonder. Het tweede deel ging het effect van ruisreductie op de reactietijd (responsnelheid) na. De proefpersonen voerden een duale taak uit. Er werd hen gevraagd de zinnen in ruis te herhalen, terwijl ze simultaan een cognitieve taak (complexe visuele reactietaak) moesten uitvoeren. Uit dit experiment bleek dat de aanwezigheid van achtergrondruis tijdens de luistertaak een negatief effect kan hebben op de luistertaak zelf, maar ook op het vermogen van de proefpersoon om simultaan een cognitieve taak uit te voeren (onthouden van woorden, complex visuele taak). Dit betekent dat er geen significante verschillen bevonden werden tussen de scores op de duale taak, maar wel tussen de reactietijden met en zonder ruisreductie. Deze resultaten suggereren dat het dragen van een digitaal NR (noise reduction) algoritme geen voordeel biedt in de spraakverstaanbaarheid maar wel in het reduceren van de cognitieve inspanning van de taak.

Deze bevinding werd ook bevestigd door Hafter & Schlauch (1992), die stelden dat ruisreductie in hoortoestellen geen verbetering van de spraakverstaanbaarheidsdrempels (SRT) inhouden, maar de cognitieve belasting vermindert.

Gosselin & Gagné (2011) hanteerden tijdens hun onderzoek twee taken als maat voor de luisterinspanning: woordherkenning en tactiele patroonherkenning. Deze taken bestonden uit twee verschillende modaliteiten. Zij maakten gebruik van 'pDTC' (proportional dual task cost) als maat voor de luisterinspanning. Uit dit onderzoek bleek dat voor de tactiele taak de ouderen meer luisterinspanning deden dan jongere volwassenen, zowel bij auditief aangeboden spraak als audiovisueel aangeboden spraak. De accuraatheid voor beide taken was het grootst voor ouderen wanneer spraak audiovisueel werd aangeboden.

De fitting van een CI voor optimale spraakverstaanbaarheid betekent niet meteen het optimaliseren van de luisterinspanning. Het onderzoek van Baskent et al. (2012) had als doel aan te tonen dat luisterinspanning kan variëren bij verschillende instellingen voor spraakverwerking terwijl spraakverstaanbaarheid constant blijft. Om dit aan te tonen gebruikten ze CI simulaties, met een variërend aantal spectrale kanalen, bij negentien normaalhorende proefpersonen. Voor het onderzoek werd er gebruik gemaakt van een objectieve en subjectieve meting. De duale taak bestond uit een primaire auditieve luistertaak met verschillende spectrale resoluties. De secundaire taak bestond uit twee onderdelen: enerzijds een linguïstische taak (rijmopdracht), anderzijds een non-linguïstische taak (mentale rotatie Chinese tekens). Vervolgens kregen de proefpersonen ook een subjectieve vragenlijst (NASA Task Load Index) voorgelegd. Deze vragenlijst peilde onder meer naar werklust, mentale inspanning en frustratie. Uit de resultaten bleek dat bij

het verhogen van de spectrale resolutie de spraakverstaanbaarheid significant verbeterde tot zes kanalen. De NASA vragenlijst toonde een subjectieve significante vermindering van werklust bij twee tot zes kanalen. Daarnaast vond men echter dat de reactietijd voor beide secundaire taken significant verbeterde bij zes tot acht kanalen. Hieruit kon men concluderen dat luisterinspanning vermindert bij een toename van spectrale resolutie. Deze verbetering wordt best nagegaan door middel van objectieve metingen, zoals de reactietijd op een secundaire taak. Luisterinspanning kan dus niet enkel beoordeeld worden op basis van een spraakverstaanbaarheidstest.

Ceulemans (2012) voerde een pilootstudie uit naar het effect van ruisreductie op duale taken. Hierbij trachtte ze een overzicht te krijgen van de prestaties van normaalhorende personen op enkelvoudige tegenover duale taken. De proefgroep bestond uit 10 normaalhorende personen met puur tonale gehoordrempels hoger dan 20dB HL op alle audiometrische frequenties en een gemiddelde leeftijd van 22 jaar (SD 2.36). Eerst werd de auditieve taak uitgevoerd, waarbij twee lijsten van de LIST (Van Wieringen & Wouters, 1998) aangeboden werden met een signaal ruisverhouding van -8dB op een voor de proefpersoon aangenaam intensiteitsniveau. De cognitief geladen visuele taak bestond uit twee verschillende vensters waarbij twee maal zestig getallen beoordeeld moesten worden. Bij een even getal moest de proefpersoon op een knop drukken, bij een oneven getal op een andere knop. Vervolgens werden de taken simultaan uitgevoerd. Uit de resultaten bleken er geen significante verschillen in score ($p < 0.05$) aanwezig te zijn tussen de gemiddelde scores (in %) op de enkelvoudige taken en de gemiddelde scores op de duale taak. De gemiddelde score op de auditieve taak (52%) ligt wel lager dan de gemiddelde score van de auditieve taak als onderdeel van de duale taak (58%), maar dit verschil is niet significant. De gemiddelde reactietijd bij de enkelvoudige visuele taak kent een significant verschil ($z = 2.60$, $p = 0.009$) tegenover de gemiddelde reactietijd bij de visuele taak als onderdeel van de duale taak. De reactietijd bij de enkelvoudige taak bedraagt 774ms tegenover 1014ms bij de duale taak. De reactietijd is dus significant korter bij het simultaan uitvoeren van beide taken dan bij het uitvoeren van één van deze taken afzonderlijk. Er kan met andere woorden besloten worden dat bij de duale taak de normaalhorende proefpersonen meer tijd nodig hebben om de visuele taak uit te voeren. De resultaten worden in tabel 1 gedetailleerd weergegeven.

Tabel 1: Resultaten van de prestaties op een duale taak (auditieve en visuele reactietaak) bij 10 normaalhorende personen (Overgenomen uit Ceulemans, 2010)

(N=10)	Mean	St.Dev.	Median	Minimum	Maximum	P
AudioScore	51.50	12.92	50	30	75	
DualAudioScore	57.50	16.37	55	35	95	> 0.05
VisualScore	97.06	2.52	97.40	91.36	100	
DualVisualScore	97.05	3.32	98.39	90.75	100	> 0.05
VisualTime	773.60	159	745.86	549.09	1021.65	
DualVisualTime	10114.46	302.92	908.21	625.78	1455.41	0.009

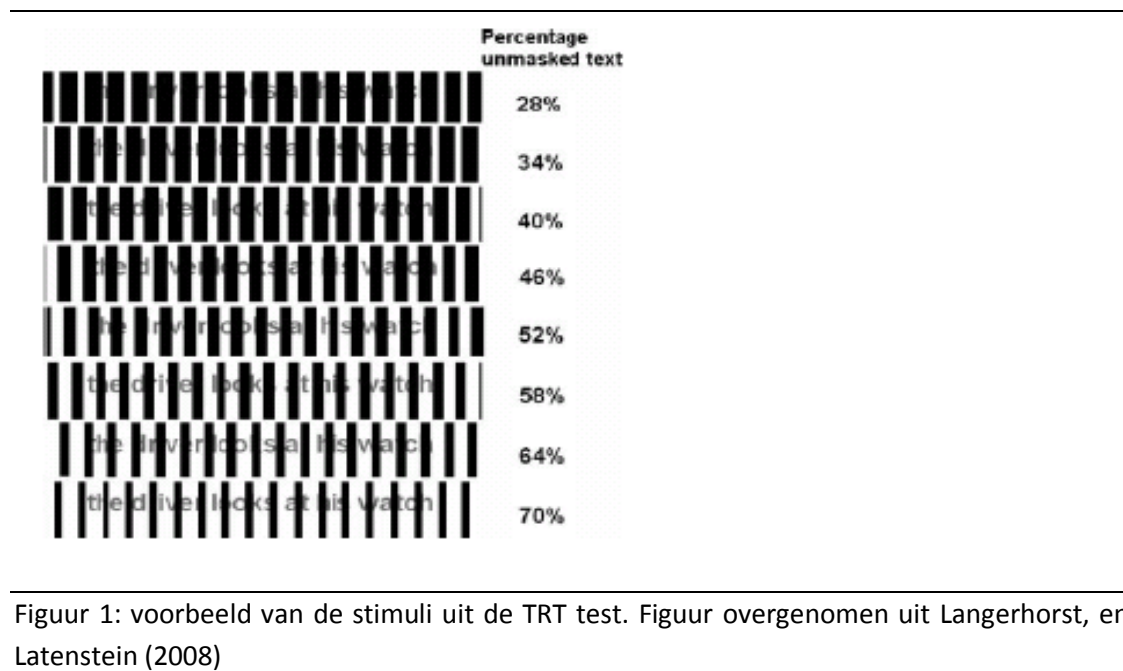
Er werd eerder al aangegeven dat de graad van slechthorendheid bepalend is voor spraakverstaanbaarheid in ruis (Sarampali et al., 2009). De variabiliteit in spraakverstaanbaarheid wordt niet enkel bij slechthorenden opgemerkt, maar ook bij CI gebruikers (Van Dijk et al. 1999). Deze onverklaarbare verschillen tonen aan dat niet enkel auditieve factoren bijdragen tot spraakverstaanbaarheid, maar ook cognitieve factoren zoals taalvaardigheid. Dit geldt ook voor spraakverstaanbaarheid in ruis. Naast het geheugen speelt eveneens concentratie een grote rol.

Hoe meer het spraaksignaal verstoord is, hoe meer druk er op de cognitieve functies wordt gelegd (Larsby et al. 2005).

De Text Reception Threshold (TRT¹) test, ontwikkeld door Zekveld et al. (2007), stelt verschillen in spraakverstaanbaarheid vast en tracht tevens inzicht te krijgen in cognitieve factoren bij spraakverstaanbaarheid in ruis. Bij de TRT test moeten zinnen, met daaroverheen balken, luidop worden voorgelezen door de proefpersoon. De zin wordt naargelang het antwoord gemaskeerd: de breedte van de balk neemt toe na een correct antwoord en neemt af na een foutief antwoord. Normaalhorende personen zouden 55% ongemaskeerde tekst nodig hebben om 50% van de zinnen correct te kunnen lezen (Zekveld et al., 2007). Figuur 1 geeft een voorbeeld van de stimuli die gebruikt wordt in de TRT test.

Zekveld et al. (2008) concludeerden uit een onderzoek, waarbij ze de resultaten van de TRT vergeleken met de resultaten van de SRT (Speech Reception Threshold) test zinnen, dat een grote hoeveelheid van de interindividuele verschillen op de SRT test van zinnen in ruis te maken heeft met niet-auditieve maar cognitieve, talige factoren. De proefgroep bestond uit 34 normaalhorende personen. De correlatie bedroeg $r=0.54$ en is significant tot op het 1%-niveau. George et al. (2006) vonden eveneens een significante correlatie bij normaalhorenden ($r=0.61$, $p < 0,05$). Langerhorst & Latenstein (2008) vonden daarentegen geen significante correlatie tussen de SRT en TRT bij normaalhorenden.

De TRT test biedt dus de mogelijkheid om de interindividuele verschillen op de SRT test van zinnen in ruis gedeeltelijk te verklaren als gevolg van cognitieve en talige factoren. Haalt men een hoge score op de TRT test, dan lijkt het erop dat men ook hoger zal scoren op de SRT test van zinnen in ruis. De cognitieve en talige factoren die aanwezig zijn bij de TRT test, zijn dus waarschijnlijk ook van belang bij de SRT van zinnen in ruis (Langerhorst & Latenstein, 2008).



¹ De geschatte drempel ongemaskeerde tekst (in %) die de persoon nodig heeft om 50% van de zinnen correct te kunnen lezen.

² Spraak-in-ruis drempel ('speech reception threshold') is de signaal-ruisverhouding (SNR) waarbij 50% van

De TRT test is de visuele analogoog van de auditieve spraak-in-ruis test. De rationale achter de ontwikkeling van een visuele maskeringstest is dat voor zowel spraak- als tekstbegrip, top-down processen het begrijpen van verbale informatie verbeteren. Deze processen zijn noodzakelijk indien de hoeveelheid of kwaliteit van informatie vermindert (Grant, Walden & Seitz, 1998).

Kramer et al. (2009) gingen in hun onderzoek na of de spraak-in-ruis test (SRT) en de TRT test wel degelijk parallel zijn aan elkaar. Hieruit bleek dat de TRT test een klinische meerwaarde kan zijn. De vaardigheid voor het lezen van gemaskeerde tekst kan geassocieerd worden met spraakverstaan in ruis. Volgens het onderzoek omvat de TRT test echter niet alle cognitieve aspecten die relevant zijn in het begrijpen van spraak. Enkele aanpassingen zijn noodzakelijk alvorens de test klinisch bruikbaar is.

George et al. (2006) onderzochten normaalhorende en slechthorende proefpersonen met een auditieve test (SRT zinnen in ruis) en een visuele talige test (TRT). Uit deze resultaten bleek dat bij normaalhorende personen de spraakverstaanbaarheid puur door de cognitieve factoren werd beïnvloed. Bij de slechthorenden speelden zowel de auditieve als cognitieve factoren, nl. taalvaardigheid een rol.

Het onderzoek van Haumann et al. (2012) bevestigt ook de hypothese dat enkele voorwaarden voor spraakherkenning, zoals cognitieve vaardigheden, linguïstische vaardigheden en concentratie deels onafhankelijk zijn van het perifere gehoor en kunnen dus in kaart worden gebracht door middel van een puur visuele taak. Dit kan betekenisvol zijn voor de onderzoeksbatterij bij CI kandidaten.

In een onderzoek van Besser et al. (2010) worden er vier varianten van de TRT test gebruikt om de cognitieve functies die een rol spelen bij het spraakverstaan in rumoer te evalueren. De SRT werd zowel in stationaire als fluctuerende ruis bepaald. Naast de vier varianten en de originele TRT test, moesten de 55 normaalhorende proefpersonen nog twee cognitieve taken uitvoeren, nl. een leestaak en een letter-cijfer substitutietaak. Uit dit onderzoek blijkt dat alle TRT-varianten gerelateerd zijn aan spraakverstaan in rumoer (zowel stationair als fluctuerend) en eveneens aan de cognitieve maten. De cognitieve maten blijken zelf echter niet zo sterk geassocieerd met het spraakverstaan, vnl. voor leeftijd. De TRT-varianten die sterk correleren met de cognitieve maten zijn niet degenen die het sterk verband houden met het spraakverstaan. Sommige varianten verhouden zich beter tot de stationaire ruis dan de fluctuerende ruis en omgekeerd. Uit deze studie werd besloten dat andere cognitieve taken mogelijk meer relevant zijn voor spraakverstaan zoals linguïstische vaardigheden (woordenschat).

Er is al onderzoek gedaan naar mate van cognitieve inspanning bij normaal horende personen en personen met een hoorapparaat. Ook personen met een cochleair implantaat krijgen een vervormd signaal te horen, waardoor ze een grotere cognitieve inspanning moeten leveren. Omtrent deze populatie is nog weinig tot geen onderzoek verricht. In deze studie zal getracht worden de cognitieve inspanning van CI gebruikers in kaart te brengen aan de hand van een duale taak. De auditieve taak zal bestaan uit een klassieke test: horen-in-ruis. In de duale taak wordt de hoortaak gecombineerd met een andere modaliteit: een visuele reactietaak. Daarnaast zal ook worden nagegaan of de resultaten op de TRT test ook bij CI gebruikers in verband staan met de resultaten op een klassieke horen-in-ruis test zodat op deze wijze interindividuele verschillen verklaard kunnen worden.

Vanuit deze gegevens werden volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Is er een significant verschil in auditieve performantie op de resultaten van de LIST (van Wieringen & Wouters, 1998) bij gebruikers met een cochleair implantaat en de resultaten van de auditieve taak als onderdeel van de duale taak?
2. Is er een significant verschil in visuele performantie op de enkelvoudige visuele reactietaak bij gebruikers met een cochleair implantaat en de resultaten van de visuele taak als onderdeel van een duale taak?
3. Is er een significant verschil tussen de reactietijd bij een enkelvoudige visuele taak bij gebruikers met een cochleair implantaat en de reactietijd bij een visuele taak als onderdeel van een duale taak?
4. Is er een significante correlatie aanwezig tussen de scores op de TRT bij gebruikers met een cochleair implantaat en de auditieve performantie van zinnen in ruis?
5. Is er een verschil tussen de resultaten van gebruikers met een cochleair implantaat en de scores van de controlegroepen bij de duale taak en de TRT test?

METHODIEK

Proefpersonen

De proefgroep bestond uit drie groepen, namelijk (1) een groep CI-gebruikers, (2) een controlegroep die naar leeftijd en geslacht gepaard is aan de groep CI-gebruikers en (3) een groep jonge normaalhorenden. De eerste groep bestond uit twaalf unilateraal geïmplanteerde CI gebruikers, waarvan zeven mannen en vijf vrouwen. De CI gebruikers zijn van volwassen leeftijd en postlinguaal doof. De gemiddelde leeftijd bedraagt 58,6 jaar. Verdere gegevens over de proefpersonen vindt u terug in tabel 1 en 2. De tweede groep bestond uit elf volwassenen, waarvan vijf mannen en zes vrouwen die naar leeftijd en geslacht gepaard werden aan de groep CI-gebruikers. De gehoordrempels werden bepaald door middel van een tonale liminaire audiometrie. De proefpersonen hadden een voldoende gehoor conform hun betreffende leeftijd en geslacht (Gelfand, 2009). De gemiddelde leeftijd van deze controlegroep is 59,6 jaar. De groep jonge normaalhorenden hadden allen gehoordrempels beter of gelijk aan 20 dB HL op de verschillende octaaffrequenties tussen 125 en 8000 Hz. Deze groep bestond uit zes mannen en vier vrouwen. De gemiddelde leeftijd van deze groep is 21,7 jaar. Het Nederlands was bij alle proefpersonen de moedertaal. De proefgroep werd samengesteld in samenwerking met het Europees instituut voor NKO (Sint-Augustinus ziekenhuis te Wilrijk).

Tabel 1: Gegevens CI gebruikers

Pp	Leeftijd	Implantatie	FI met CI (dB HL)	SRT in stilte (dB SPL)	Merk CI
1	53	2;6 jaar	21	43	Cochlear
2	50	10;6 jaar	36	55	Cochlear
3	59	10;6 jaar	25	27	Cochlear
4	68	8 jaar	22	39	Cochlear
5	67	10 jaar	27	54	Cochlear
6	57	2 jaar	35	42	Cochlear
7	75	10 jaar	26	47	Cochlear
8	57	2;6 jaar	35	39	Cochlear
9	51	1 jaar	36	43	Cochlear
10	60	2 jaar	47	48	Cochlear
11	61	3 jaar	26	57	AB
12	45	10 jaar	28	37	Cochlear

Tabel 2: Gegevens jonge normaalhorenden

Gegevens gepaarde groep

Pp	Leeftijd	FI in dB HL	Pp	Leeftijd	FI in dB HL
1	19	Re 0,0 / Li 1,6	1	58	Re 23,3 / Li 23,3
2	21	Re 5,0 / Li 10,0	2	62	Re 21,6 / Li 25,0
3	23	Re 5,0 / Li 2,4	3	61	Re 11,6 / Li 15,0
4	21	Re 5,0 / Li 5,0	4	66	Re 23,3 / Li 26,6
5	24	Re 8,3 / Li 8,3	5	76	Re 38,3 / Li 40,8
6	21	Re 1,6 / Li 1,6	6	70	Re 10,0 / Li 21,6
7	21	Re 0,0 / Li 0,0	7	52	Re 10,0 / Li 6,6
8	21	Re -1,6 / Li -1,6	8	55	Re -1,6 / Li 1,6
9	22	Re 1,6 / Li -1,6	9	48	Re 0,0 / Li 1,6
10	23	Re 3,3 / Li 8,3	10	54	Re 11,6 / Li 13,3
			11	54	Re 8,3 / Li 3,3

Procedure

Spraak in ruis test. Als eerste werd de SRT in ruis² bepaald met het programma 'Speech in Noise test' geschreven door dhr. F. Vanpoucke. Het aangeboden spraakmateriaal bestond uit de Leuvense Intelligibility Sentence Test (LIST) (van Wieringen & Wouters, 1998). De LIST is een Nederlandstalige zinnentest ontwikkeld aan de Katholieke Universiteit Leuven om de spraakverstaanbaarheid van gehoorgestoorden en cochleair geïmplanteerden in stilte en ruis te evalueren. De LIST bestaat uit 35 lijsten van tien zinnen. Het totaal aantal syllaben per lijst is gelijk aan 90. Per zin werden kernwoorden aangeduid. Er zijn 23 lijsten van 32 kernwoorden en 12 met een totaal van 33 kernwoorden. Per lijst worden de zinnen volgens oplopend aantal syllaben gerangschikt. In dit onderzoek (Spraak in ruis test en Duale taak) werden in totaal acht lijsten gebruikt.

² Spraak-in-ruis drempel ('speech reception threshold') is de signaal-ruisverhouding (SNR) waarbij 50% van de zinnen wordt verstaan.

De SRT in ruis werd bepaald aan de hand van één lijst, voorafgegaan door een oefenlijst. Het spraakmateriaal werd aangeboden in stationaire ruis aan de hand van de adaptieve methode. De spraak werd gevarieerd, terwijl de stationaire ruis constant bleef. De startwaarde bedroeg 60 dB SPL voor de spraak en 65 dB SPL voor de ruis, zodoende een signaal ruisverhouding van -5 dB werd bekomen. Voor de twee controlegroepen bedroeg de startwaarde voor de spraak 50 dB SPL zodat een signaal ruisverhouding van -15 dB werd bekomen. De SRT waarde werd berekend op basis van het gemiddelde van de presentatieniveaus van de laatste zes zinnen, waarbij ook het presentatieniveau van zin 11 werd meegerekend. Het spraakmateriaal werd aangeboden in vrij veld door luidsprekers die frontaal op 0° gepositioneerd stonden op ongeveer 40 cm van de proefpersoon. De luidsprekers werden gekalibreerd op een intensiteitsniveau van 70 dB SPL.

Duale taak. Om de cognitieve luisterinspanning in achtergrondruis in kaart te brengen werd een auditieve taak gelijktijdig met een cognitief geladen visuele taak uitgevoerd. De auditieve taak bestond eveneens uit het spraakmateriaal LIST. De visuele taak bestond uit een redeneeropdracht met decimale getallen. De testafname werd uitgevoerd in vrij veld met unilateraal CI, in een rustige omgeving met beperkt achtergrondlawaai. De luidsprekers werden eveneens frontaal op 40 cm opgesteld. Voor de taken werd gebruik gemaakt van de software PsychoPhysics Dual Task Test geschreven door dhr. F. Vanpoucke (2012).

Eerst werd de enkelvoudige auditieve taak aangeboden. In dit onderdeel werden in totaal zes lijsten gebruikt: twee oefenlijsten voor de enkelvoudige auditieve taak, twee lijsten voor de enkelvoudige auditieve taak en twee lijsten voor de auditieve taak als onderdeel van de duale taak. De score op de LIST werd manueel gescoord op papieren formulieren. De proefpersonen dienden de zinnen zo volledig mogelijk luidop te herhalen. Hierbij werd volgende instructie gegeven: 'Zo dadelijk gaat u zinnen te horen krijgen. Het is de bedoeling dat u elke zin zo volledig mogelijk tracht te herhalen'.

Tijdens de testafname van de proefgroep werden de zinnen aangeboden op een intensiteitsniveau van 70 dB SPL, wat voor elke proefpersoon als aangenaam werd beoordeeld. Als startbasis werd een signaal ruisverhouding van de SRT in ruis + 5 dB aangenomen voor de CI gebruikers. Behaalde de proefpersoon bijvoorbeeld een SRT waarde van -6, dan werd de signaal ruisverhouding (SNR) bij de duale taak ingesteld op -1. Deze signaalruisverhouding had als doel de auditieve taak eenvoudiger te maken voor de CI gebruikers. Deze verhouding bleek al snel te groot aangezien de proefpersoon steeds 100 % behaalde, waardoor de auditieve taak niet cognitief inspannend genoeg was. Bij iedere proefpersoon was de geschikte SNR verschillend. Tijdens de twee oefenlijsten voor de auditieve taak werd de SNR gevarieerd totdat er een geschikte SNR verhouding gevonden werd waarbij er nog voldoende cognitieve inspanning nodig was (maximum 80% score). Deze waarde varieerde tussen + 0 dB tot + 4 dB. De SNR voor de twee controlegroepen werd ingesteld op de behaalde SRT in ruis.

Vervolgens werd de enkelvoudige visuele taak voorgelegd waarbij de proefpersoon decimale getallen moet beoordelen. Op het computerscherm stonden twee kaders waar 2 maal 60 getallen in verschenen. Bij een even getal moest op de toets onder het vakje waar het getal in stond gedrukt worden, bij een oneven getal op de toets onder het vakje ernaast. Deze twee toetsen waren B en N en werden met een gekleurde bol op het toetsenbord gevisualiseerd. De taak moest

zo accuraat en snel mogelijk worden uitgevoerd. Hierbij werd volgende instructie gegeven: 'U ziet op het scherm twee vensters. Als ik op start klik verschijnen er getallen afwisselend in de vensters. Als het getal dat u ziet even is, drukt u op de knop onder dat venster. Is het getal oneven drukt u op de knop onder het andere venster. We gebruiken de toetsen B en N. U moet deze opdracht zo snel mogelijk uitvoeren, maar ook zo juist mogelijk'. De eerste 20 getallen werden gebruikt als oefenitems. Bij de oefenitems verscheen er een groene achtergrond bij een correct antwoord, een rode bij een foutief antwoord. Bij de echte test werd deze visuele feedback uitgeschakeld.

Ten slotte werden beide taken simultaan aangeboden. De taken moesten beiden zo snel en accuraat mogelijk worden uitgevoerd. Hierbij werd volgende instructie gegeven: 'Nu gaat u beide taken tegelijkertijd uitvoeren. U moet evenveel aandacht aan de zinnen als aan de getallen besteden. U moet ze allebei zo juist en zo snel mogelijk uitvoeren'.

Visuele maskeringstest. Ten slotte werd een visuele maskeringstest afgenomen, de 'Text Reception Threshold' (Software ter beschikking gesteld door het Medisch Centrum Vrije Universiteit Amsterdam, © J.H.M. van Beek, 2000). Bij de testopstelling waren twee computerschermen nodig. Eén scherm voor de proefpersoon met een witte achtergrond en lichtgrijze balk waarin de gemaskeerde zin verscheen. Het tweede scherm werd gebruikt door de onderzoeker, waar de visuele maskering varieerde door op 'goed' of 'fout' te klikken. Er werd gebruik gemaakt van VUmc98 zinnen die door Versfeld et al. (2000) zijn ontwikkeld. Er werden eerst vijf oefenzinnen aangeboden. De eerste zin werd aangeboden met steeds minder maskering (smallere balken) totdat de zin volledig correct werd herhaald, vervolgens werd overgegaan naar de volgende zin. Voor de test werden 20 zinnen gebruikt. De volgende instructie werd gegeven: 'Op het computerscherm verschijnen zo meteen zinnen die u hardop moet voorlezen. Over de zinnen zijn balken geplaatst die het lezen moeilijk maken. De eerste zin zal enkele keren worden herhaald met steeds minder balken totdat u de zin correct kan lezen. Vervolgens gaan we verder naar de volgende zinnen'.

De zinnen werden aangeboden in rode letters met lettertype 'Arial' en lettergrootte 26. De maskering was zwart. De startwaarde van de visuele ruis bedroeg 84%, oftewel 16% van de tekst was zichtbaar. De ruis varieerde met sprongen van 6% en werd gedurende 2000 ms aangeboden. De proefpersoon las de zinnen hardop voor. Er werd pas doorgeslagen naar de volgende zin vijf seconden nadat de zin door de proefpersoon werd voorgelezen zodat de persoon nog voldoende tijd had om de zin te herformuleren.

De volgorde van de drie onderzoeken (Sprak in ruis, Duale taak, Visuele maskeringstest) werd gerandomiseerd. Enkel de Speech in Noise test diende steeds voorafgaand de Duale taak afgenomen te worden om de SNR te bepalen. Ook de volgorde van de lijsten (LIST) werd per proefpersoon gerandomiseerd.

Verwerking

Spraak in ruis test. Voor de Spraak in ruis test dienden zoveel mogelijk kernwoorden correct herhaald te worden. Een correcte zin krijgt een score van 10% en een zin waarbij minstens één kernwoord fout is krijgt een score van 0%. Elke lijst bestaat uit tien zinnen zodat er een score van 100% kan bekomen worden. De SNR en SRT waarde wordt berekend aan de hand van de laatste zes zinnen. Deze waarden worden door het programma automatisch berekend.

Duale taak. Voor de auditieve taak (PsychoPhysics Dual task test) dienen zoveel mogelijk kernwoorden correct herhaald te worden. Een correcte zin krijgt een score van 10% en een zin waarbij minstens één kernwoord fout is krijgt een score van 0%. Elke lijst bestaat uit tien zinnen zodat er een score van 100% kan bekomen worden. De uiteindelijke scores werden berekend door het gemiddelde te nemen van de scores op het aantal afgenomen lijsten (n=2 auditieve taak, n=2 auditieve taak als onderdeel van de duale taak). Voor de visuele taak berekende het softwareprogramma via een Excelbestand het aantal correct beoordeelde antwoorden en de gemiddelde reactietijd in milliseconden die nodig was om een respons te geven tijdens de visuele taak en de visuele taak als onderdeel van de duale taak.

Visuele maskeringstest. Voor de Text Reception Threshold test werd er ook gebruik gemaakt van een zinscore. Alle woorden dienden correct nagelezen te worden om 'GOED' te scoren. Indien er een woord fout gelezen werd scoorde men 'FOUT'. Het softwareprogramma schakelt na een goed antwoord automatisch 6% meer visuele maskering in, na een fout antwoord 6% minder visuele maskering. Vanaf zin zeven werd de SRT waarde (d.i. percentage gemaskeerde tekst) en de standaarddeviatie weergegeven. De TRT waarde (d.i. percentage ongemaskeerde tekst) werd in de databank berekend door het getal 100 te verminderen met de SRT waarde.

Analyse

Voor de statistische verwerking van de gegevens werd gebruik gemaakt van het softwareprogramma 'Statistical Package for the Social Science' (IBM SPSS Statistics®, 2012).

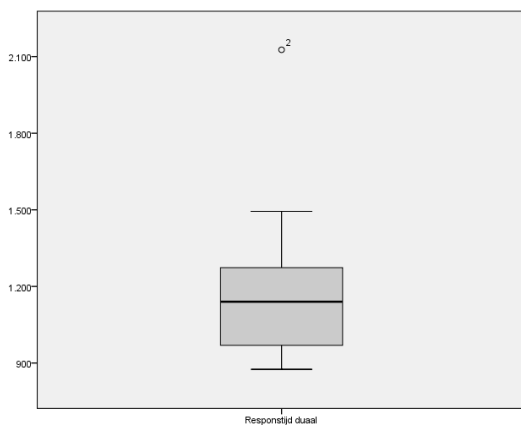
In eerste instantie werd nagegaan of er sterk afwijkende scores in de data aanwezig waren. Deze outliers konden de analyse beïnvloeden. Ze werden gedetecteerd aan de hand van een boxplot en indien nodig verwijderd uit de databank. Voor de eerste drie onderzoeksvragen werd gekozen voor een non-parametrische toets aangezien de steekproef niet voldoende groot is ($n < 30$) en er niet voor alle onderdelen sprake is van een normale verdeling. Met behulp van de Wilcoxon signed-rank toets werd de auditieve score vergeleken met de auditieve score als onderdeel van de duale taak. Alsook de visuele score werd vergeleken met de visuele score als onderdeel van de duale taak. Ten slotte werd ook de reactietijd op de visuele taak vergeleken met de reactietijd op de visuele taak als onderdeel van de duale taak. Met behulp van deze statistische analyse kon er gekeken worden of er een significant verschil is in performantie en reactietijd bij een enkelvoudige taak ten opzichte van een duale taak.

Aangezien per proefpersoon de SNR instelling verschillend was, bestond de kans dat de taken niet even inspannend waren voor alle proefpersonen. Om deze invloed op de resultaten na te gaan werd door middel van de Spearman's Rangcorrelatie gekeken of er een significante correlatie aanwezig was tussen de ingestelde SNR waarde en de enkelvoudige en duale auditieve score.

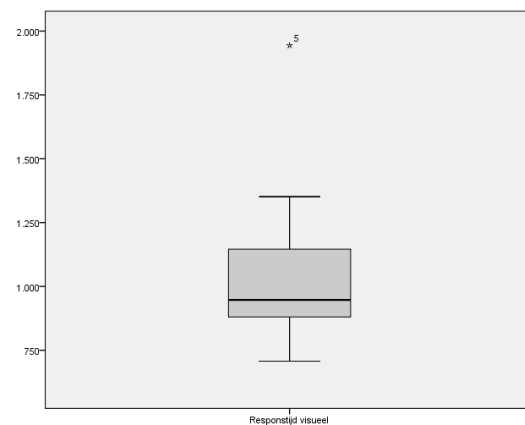
Om de interindividuele verschillen bij CI-gebruikers op de spraak-in-ruis test te verklaren, werden de auditieve factoren (SRT in ruis) en de cognitieve, talige factoren (TRT) met elkaar in verband gebracht met behulp van de Spearman's Rangcorrelatie. Er werd gekozen voor een non-parametrische correlatie aangezien de TRT scores niet normaal verdeeld zijn en er geen lineair verband aanwezig is tussen beide waarden. De relatie tussen beide variabelen werd eveneens visueel voorgesteld met behulp van een spreidingsdiagram en regressielijn. Vervolgens werden ook de gegevens van beide controlegroepen op identieke wijze geanalyseerd en vergeleken met de resultaten van de CI gebruikers.

RESULTATEN

In appendix 1 kunnen de individuele data per proefpersoon gedetailleerd teruggevonden worden. In eerste instantie werden extreme waarden die de analyse konden beïnvloeden bekeken. Bij de proefgroep CI gebruikers werden twee uitzonderlijk hoge data bekomen (zie figuur 2 en 3). Deze outliers werden uitgesloten tijdens de verdere dataverwerking.



Figuur 2: boxplot DualVisualTime



Figuur 3: boxplot VisualTime

De eerste onderzoeksvraag van deze studie betreft het verschil in auditieve performantie bij de enkelvoudige taak ten opzichte van de duale taak bij CI gebruikers. Om een antwoord te kunnen formuleren op deze onderzoeksvraag vergeleken we de prestaties op de enkelvoudige taak met deze op de duale taak via een non-parametrische statistische procedure. Door middel van de Wilcoxon Signed Rank-toets kregen we een beeld van het verschil in auditieve performantie. De tweede onderzoeksvraag betreft het verschil in visuele performantie bij de enkelvoudige ten opzichte van de duale taak. Vervolgens werd ook gekeken naar de gemiddelde reactietijden. Deze twee onderzoeksvragen werden eveneens geanalyseerd aan de hand van de Wilcoxon Signed Rank toets. Tabel 2 geeft een overzicht van de beschrijvende statistische waarden per onderdeel.

Tabel 2: Resultaten van de prestaties op de enkelvoudige en duale taak (auditieve en visuele reactietaak) bij de proefgroep (CI gebruikers).

(N=10)	Mean	St.Dev.	Minimum	Maximum	p-waarde
AudioScore (%)	74.50	12.35	60	95	
DualAudioScore (%)	71.50	12.03	45	90	.436
VisualScore (%)	91.59	13.18	65	100	
DualVisualScore (%)	91.66	13.91	57.16	100	.799
VisualTime (ms)	978.30	185.76	707.27	1351.45	
DualVisualTime (ms)	1125.31	197.45	875.30	1493.96	.005*

* Significant tot op het 1%-niveau

Uit deze gegevens blijkt dat de gemiddelde score op de enkelvoudige auditieve taak (74,50%) hoger ligt dan de gemiddelde score op de auditieve taak als onderdeel van de duale taak (71,50%). Dit verschil in auditieve performantie is echter niet significant ($p > 0.05$). De visuele score kent een minimaal verschil tussen de performantie bij de enkelvoudige visuele reactietaak (91,59%) en de visuele taak als onderdeel van de duale taak (91,66%). Dit verschil werd dan ook niet significant bevonden. Vervolgens werden de reactietijden bestudeerd. De gemiddelde reactietijd op de enkelvoudige visuele taak (978.30 ms) is sneller dan de reactietijd als onderdeel van de duale taak (1125.31 ms). Dit verschil van 147,01 ms is significant tot op het 1%-niveau.

Omwille van de verschillende SNR instellingen per proefpersoon bestond de kans dat de auditieve taak niet voor iedere proefpersoon even inspannend was. Om deze invloed uit te sluiten brachten we de ingestelde SNR waarde in verband met de enkelvoudige en duale auditieve scores door middel van de non-parametrische Spearman's rangcorrelatie. Uit tabel 3 leiden we af dat er geen significant verband aanwezig is tussen de ingestelde SNR waarde en de auditieve scores.

Tabel 3: Correlatie tussen SNR waarde en auditieve score (CI gebruikers)

(N=10)	Spearman's Rho	p-waarde
SNR - AudioScore	.370	.293
SNR - DualAudioScore	.105	.773

Vervolgens werd de relatie tussen de taalvaardigheid bij CI-gebruikers en het spraakverstaan in ruis bestudeerd. Het verband tussen de SRT in ruis en de TRT waarde van de visuele maskeringstest werd hiervoor nagegaan. Dit werd alsook onderzocht met behulp van de Spearman's rangcorrelatie. Tabel 4 belicht de resultaten van de gevonden correlatie tussen de SRT in ruis en de TRT scores. De Spearman's Rho bedraagt .257. Op basis van dit resultaat werd besloten dat er geen significant verband kan gevonden worden tussen de SRT in ruis en de TRT waarde bij CI gebruikers.

Tabel 4: Beschrijvende gegevens TRT test (CI gebruikers)

(N=10)	Min.	Max.	Mean	Sd
TRT score	57,60	64,00	60,68	2,94

(N=10)	Spearman's Rho	p-waarde
SRT in ruis – TRT	.257	.474

Om de scores van de CI gebruikers te kunnen vergelijken met normaalwaarden werden er twee controlegroepen opgesteld. De eerste controlegroep betreft jongvolwassenen met een normaal gehoor. De tweede controlegroep betreft volwassenen gepaard naar leeftijd en geslacht aan de proefgroep met een normaal gehoor conform de leeftijd. Bij de tweede controlegroep werden twee outliers vastgesteld, welke niet meegenomen werden tijdens verdere analyse.

Tabel 6: Resultaten van de prestaties op de enkelvoudige en duale taak (auditieve en visuele reactietaak) bij controlegroep 1 en 2.

		Mean	St.Dev.	Min.	Max.	P
Controlegroep 1	AudioScore (%)	73.50	12.92	60	100	
	DualAudioScore (%)	71.50	10.81	60	95	.546
	VisualScore (%)	96.34	2.55	92.06	100	
	DualVisualScore (%)	91.09	11.44	60.00	98,46	.025**
	VisualTime (ms)	772.01	158.98	604.52	1081.17	
	DualVisualTime (ms)	947.13	366.03	615.45	1826.49	.013**
Controlegroep 2	AudioScore (%)	68.33	13.23	45	90	
	DualAudioScore (%)	71.11	13.18	40	85	.777
	VisualScore (%)	98.26	1.50	96.30	100	
	DualVisualScore (%)	97.34	2.03	93.88	100	.091
	VisualTime (ms)	871.40	127.70	727.68	1065.76	
	DualVisualTime (ms)	1000.73	114.41	810.20	1193.34	.008*

* Significant tot op het 1%-niveau

** Significant tot op het 5%-niveau

Op basis van bovenstaande gegevens besluiten we dat jongvolwassenen (controlegroep 1) niet significant beter scoren wat betreft de auditieve performantie bij de enkelvoudige taak ten opzichte van de duale taak. We merken hierbij wel een significant hogere score op de enkelvoudige visuele taak ten opzichte van de duale visuele taak. De gemiddelde reactietijd bij de enkelvoudige visuele taak (772 ms) is significant sneller dan de reactietijd bij de duale taak (1000.73 ms). Als we vervolgens de gegevens van de tweede controlegroep, de gepaarde groep volwassenen, bekijken, kunnen volgende resultaten beschreven worden. We merken dat ook zij niet significant beter scoren op de enkelvoudige auditieve taak ten opzichte van de duale taak. Wat betreft de visuele performantie onderscheiden we een niet-significant minimaal verschil. Verder werd er opgemerkt dat de volwassenen eveneens significant sneller reageren bij de enkelvoudige visuele taak (871.40 ms) tegenover de duale taak (1000.73 ms).

Door middel van de Spearman's Rangcorrelatie werd de invloed van de ingestelde SNR waarde op de auditieve scores bekeken voor beide controlegroepen. Voor controlegroep 1 bedroeg de Spearman's Rho correlatie coëfficiënt .064 voor de enkelvoudige auditieve taak en .501 voor de duale auditieve taak. Deze verbanden zijn niet significant ($p > 0.05$). Voor controlegroep 2 bedroeg de Spearman's Rho correlatiecoëfficiënt .419 voor de enkelvoudige auditieve taak en .262 voor de duale auditieve taak. Deze verbanden werden ook niet significant bevonden ($p > 0.05$).

Tabel 7: Correlatie tussen SRT in ruis en TRT score (controlegroepen)

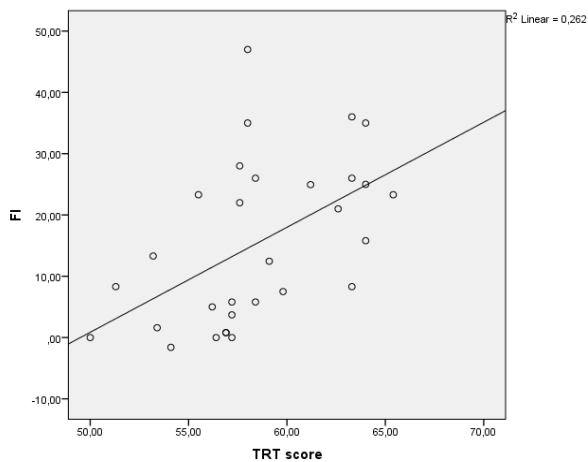
	(N=10)	Spearman's Rho	p-waarde
Controlegroep 1	SRT in ruis – TRT	.269	.452
Controlegroep 2	SRT in ruis – TRT	.600	.088

Vervolgens werd ook voor de controlegroepen het verband tussen de SRT in ruis en de TRT scores in kaart gebracht. In tabel 7 worden de resultaten van deze statistische analyse met behulp van de Spearman's Rangcorrelatie weergegeven. We merken dat voor zowel controlegroep 1 als 2 er geen significant verband gevonden werd tussen de SRT in ruis en de TRT scores. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde TRT scores van de twee controlegroepen en de proefgroep. Op basis van onderstaande gegevens blijkt dat jongvolwassenen een lagere score behalen dan de volwassenen, die op hun beurt een lagere score behalen dan de CI gebruikers aangaande de TRT. Aan de hand van de one way ANOVA verkregen we een significant verschil ($p = .017$) tot op het 5%-niveau tussen de scores van de drie groepen.

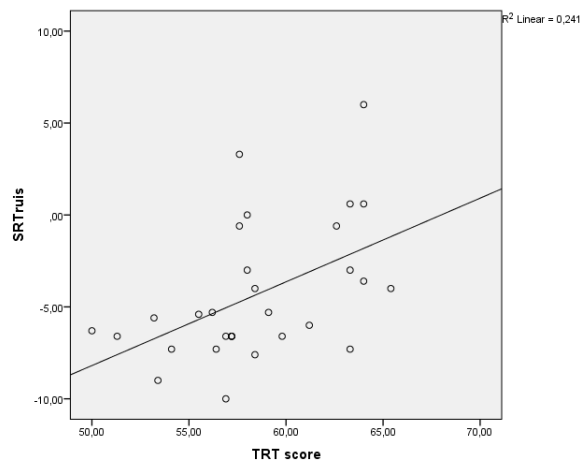
Tabel 8: Vergelijking TRT scores

	Gem. TRT score (%)	Gem. SRT in ruis	Gem. FI (dB HL)
Controlegroep 1	55.97	-7,19	3,11
Controlegroep 2	57,71	-5,7	12,8
CI gebruikers	60.68	-0,07	30,01

Om dit verschil te verklaren werd verder onderzoek gedaan naar mogelijke verbanden. Voor de twee controlegroepen en de proefgroep kon er voordien geen significant verband gevonden worden tussen de SRT in ruis en de TRT scores. Daarom werd er gekeken naar een mogelijk verband tussen de gehoordrempels (fletcher index) en de TRT scores door middel van de Spearman's rangcorrelatie. Ook hier merken we geen significant verband tussen beide variabelen voor controlegroep 1 ($p_s = .086$, $p = .813$), controlegroep 2 ($p_s = .251$, $p = .515$) en de proefgroep ($p_s = .003$, $p = .993$). Voor de totale steekproef (controlegroepen en proefgroep) kon er wel een significant positief verband gevonden worden tussen de gehoordrempels en de TRT score aan de hand van de Pearson correlatie ($p_s = .505$, $p = .005$). Dit verband wordt door middel van een spreidingsdiagram visueel voorgesteld in figuur 4. Voor de totale steekproef werd wel een significant verband gevonden tussen de SRT waarde en de TRT scores ($p_s = .587$, $p = .001$). Dit verband werd gevisualiseerd aan de hand van een spreidingsdiagram in figuur 4 en 5.



Figuur 4: spreidingsdiagram FI - TRT



Figuur 5: spreidingsdiagram SRT in ruis -TRT

BESPREKING EN IMPLICATIES

De eerste onderzoeksvraag belicht het verschil in auditieve performantie tussen de afzonderlijke primaire taak en de duale taak bij CI gebruikers. Uit de resultaten blijkt dat de proefpersonen even goed presteren op de spraak-in-ruis test afzonderlijk en gelijktijdig met een secundaire taak. Er is een minimaal verschil in performantie, namelijk 74,50% afzonderlijk en 71,50% gelijktijdig met de visuele reactietaak. Dit verschil is echter niet significant en berust bijgevolg op toeval. Het gelijktijdig uitvoeren van de secundaire taak heeft met andere woorden geen directe invloed op de spraakverstaanbaarheid van zinnen in achtergrondruis. Deze resultaten kunnen we ook in de literatuur terugvinden zowel bij normaalhorende proefpersonen (Ceulemans, 2012) als bij simulaties voor CI's en hoortoestellen (Hafter & Schlauch, 1992; Sarampalis, 2009).

Daarnaast bekijken we, als antwoord op de tweede onderzoeksvraag, ook de prestaties op de secundaire taak. De proefpersonen behalen een score van 91.59% op de visuele reactietaak afzonderlijk en 91.66% op de duale taak. Ook hier vinden we een minimaal verschil terug dat niet significant is en dus eveneens berust op toeval. Bij duale taken gaat men ervan uit dat het cognitieve systeem een beperkte capaciteit aan middelen heeft om informatie te verwerken. Bij een toenemende inspanning, in dit geval wanneer de beide taken gelijktijdig worden uitgevoerd, zal door de beperkte verwerkingscapaciteit een afname in prestaties op de secundaire taak (d.i. de visuele reactietaak) worden waargenomen. Deze daling kan dan geïnterpreteerd worden als een verhoging van de luisterinspanning (Gosselin & Gagné, 2010). In dit geval is er echter geen sprake van een daling in prestaties bij het uitvoeren van de secundaire taak. Op basis van deze resultaten kunnen we dus voorlopig geen uitspraak doen over de luisterinspanning van CI gebruikers.

Als we vervolgens naar de derde onderzoeksvraag kijken betreffende de reactietijd op de visuele taak, merken we echter wel een significant verschil op. De reactietijd is significant korter bij het simultaan uitvoeren van beide taken (10114.46 ms) dan bij het uitvoeren van één van deze taken afzonderlijk (978.30 ms). Er kan besloten worden dat bij de duale taak de proefpersonen meer tijd nodig hebben om de visuele taak uit te voeren veroorzaakt door een hogere belasting van het cognitieve systeem. De reactietijd kan met andere woorden geïnterpreteerd worden als een sensitieve maat voor de cognitieve luisterinspanning bij CI gebruikers. Deze bevindingen worden

bevestigd door het onderzoek van Sarampalis et al. (2009) waarbij ook opmerkelijke verschillen werden gevonden tussen de reactietijden zonder enige invloed op de spraakverstaanbaarheid. Deze verschillen vormden eveneens een indicatie voor de cognitieve inspanning van de taak.

Tijdens deze pilootstudie stelden we een welbepaald protocol voor de proefgroep CI gebruikers samen. Tijdens de onderzoeken bleek al snel dat het niet evident was de juiste SNR instelling te vinden, aangezien er een grote variabiliteit was in auditieve performantie in ruis. De intentie was dat de taken voldoende cognitief inspannend waren, maar niet te belastend, waarop we de SNR instelling standaard 5 dB boven de SRT in ruis instelden. Omwille van de variabiliteit in SRT scores was deze instelling niet voor alle proefpersonen even inspannend. Bijgevolg werd per proefpersoon de SNR instelling individueel bepaald. Hierdoor bestond de kans dat deze instelling een invloed heeft op de uiteindelijke resultaten. Om deze invloed uit te sluiten werd de betrouwbaarheid van onze resultaten op een statistische wijze onderzocht door de SNR waarde en de auditieve scores met elkaar in verband te brengen. Uit onze resultaten blijkt er nagenoeg geen correlatie aanwezig te zijn. Dit betekent dat een hoge SNR instelling geen aanleiding geeft tot hogere scores op de auditieve taken (enkelvoudig en dual), een lagere SNR leidt eveneens niet tot een lagere auditieve score.

De opzet van deze studie was een eerste verkennende pilootstudie rond de populatie CI gebruikers wat betreft de cognitieve luisterinspanning bij duale taken. Deze eerste aanzet, met bijhorende resultaten, kan aanleiding geven tot verder onderzoek. Bij nader uitgebreid en grootschalig onderzoek raden we daarom ook aan de SNR instelling vooraf grondig te standaardiseren.

In verder onderzoek kan mogelijks, naar aanleiding van het onderzoek van Baskent et al. (2012), bekeken worden welke instelling voor spraakverwerking (d.i. het aantal spectrale kanalen) zorgt voor de minste luisterinspanning bij constante spraakverstaanbaarheid. Dit kan bekeken worden per individuele proefpersoon aan de hand van de duale taak. Dit kan mogelijks een belangrijke klinische meerwaarde bieden bij de CI fitting. Verder kunnen we ook voorstellen het onderzoek van de duale taak te verrichten met fluctuerende ruis (bv. babbelruis, ICRA) in plaats van stationaire ruis om na te gaan of deze types ruis nog meer correleren met de dagdagelijkse situatie. Ook de invloed van technologische componenten, met name ruisreductie-algoritmen, op het luistercomfort kan onderzocht worden.

Zoals Sarampalis et al. (2009) eerder suggereerden kan ook op basis van dit onderzoek worden voorgesteld dat metingen aangaande luisterinspanning naast de klassieke spraaktest door clinici gebruikt kunnen worden. Vanzelfsprekend is eerst grootschaliger onderzoek bij de betreffende doelgroep aangewezen. Het herstellen van spraakverstaanbaarheid is niet de enige doelstelling. De afregeling van een CI apparaat moet ook luistercomfort bieden in verschillende luisteromstandigheden. De duale taak test kan een nuttige aanvulling zijn op de huidige onderzoeksbatterij voor CI gebruikers aangezien het onderzoek inzicht kan verschaffen in het luistercomfort. De klassieke spraak-in-ruis test geeft namelijk een onderschatting van de moeilijkheden die de personen ervaren in het dagelijkse leven (Hazrat et al., 2012). Tijdens ons onderzoek getuigden deelnemers dat de duale taak een goede weerspiegeling is van de moeilijkheden die zij ervaren in het dagelijkse leven.

In de praktijk wordt opgemerkt dat er een grote mate van variabiliteit is in spraakverstaanbaarheid bij zowel slechthorenden als CI gebruikers. Deze verschillen konden tot nu toe nog niet volledig verklaard worden. Het toont wel aan dat niet enkel auditieve factoren maar ook cognitieve factoren, zoals taalvaardigheid, bijdragen tot spraakverstaanbaarheid in stilte én in achtergrondlawaai (Larsby et al., 2005). In dit onderzoek werd door middel van de Text Reception Threshold (TRT) test (Zekveld et al., 2007) gepoogd een verband aan te tonen tussen de spraakverstaanbaarheidsdrempels (SRT) en de taalvaardigheid.

CI gebruikers hebben 60,68% ongemaskeerde tekst nodig om de helft van de zinnen correct te kunnen lezen. Ze behalen op de spraak-in-ruis test een gemiddelde van -0,07 dB SRT. Op basis van onze statistische verwerking bekomen we een correlatiecoëfficiënt van .257. Dit zwakke verband is niet significant en berust dus op toeval. We kunnen besluiten dat op basis van onze steekproef de interindividuele verschillen op de spraak-in-ruis test niet verklaard kunnen worden door cognitieve talige factoren. Dit houdt in dat wanneer er een goed resultaat op de spraak-in-ruis test wordt behaald, er geen goede resultaten op de TRT test kunnen worden verwacht en andersom. In de literatuur kunnen we geen onderzoek terugvinden met een populatie CI-gebruikers. Bij normaal – en slechthorenden is er in de literatuur wel meermaals vastgesteld dat de interindividuele verschillen op de auditieve test verklaard kunnen worden door talige factoren (Besser et al., 2010; George et al., 2006). Daarom is aangewezen dit onderzoek te herhalen met behulp van een grotere steekproef om onze bevindingen te toetsen. De steekproef in ons huidige onderzoek is beperkt (N=10) waardoor er een kleinere spreiding is en de kans op het vinden van een mogelijke correlatie aanzienlijk verkleint. Daarbij is het ook aangewezen om de TRT test vier à vijf keer te herhalen met verschillende lijsten in functie van de betrouwbaarheid (Zekveld et al., 2007). In ons huidige onderzoek zijn er slechts eenmaal twintig zinnen afgenomen, wat het niet vinden van een correlatie mogelijks zou kunnen verklaren.

Om ons protocol te standaardiseren, als antwoord op de vijfde onderzoeksvraag, werden twee controlegroepen samengesteld om normaalwaarden te bekomen. De eerste controlegroep betreft jongvolwassenen met een normaal gehoor. Aangezien onze proefgroep CI-gebruikers van volwassen leeftijd is met een grote spreiding in leeftijd (45-75 jaar) was het aangewezen een controlegroep samen te stellen gepaard naar leeftijd en geslacht.

Voor de jonge normaalhorenden en de gepaarde controlegroep werd geen verschil in auditieve performantie bekomen voor de enkelvoudige ten opzichte van de duale auditieve taak. Hieruit kunnen we concluderen dat de controlegroep spraak-in-ruis evengoed kan verstaan afzonderlijk en gelijktijdig met een secundaire taak. Voor de visuele taak bekomen we een ander resultaat dan de CI proefgroep. De jonge normaalhorenden behalen op de visuele reactietaak een slechtere score wanneer ze gelijktijdig de auditieve taak moeten volbrengen. Dit betekent dat bij het gelijktijdig uitvoeren van de primaire en secundaire taak, de afname in prestaties op de secundaire taak (visuele reactietaak) te wijten is aan de beperkte verwerkingscapaciteit en dus geïnterpreteerd kan worden als een verhoging van de luisterinspanning (Gosselin & Gagné, 2010). Deze resultaten zijn echter tegenstrijdig met die van Ceulemans (2012). In haar onderzoek werden eveneens normaalhorende jongvolwassenen onderzocht waarbij er geen significant verschil in visuele performantie zichtbaar was. Ook voor de gepaarde controlegroep is er geen verschil in resultaten zichtbaar tussen de visuele taak afzonderlijk en de taak als onderdeel van de duale taak. Dit verschil

in resultaten zou te wijten kunnen zijn aan individuele factoren als aandacht en concentratie van de proefpersonen. Als we ten slotte de reactietijden nader bestuderen, bekomen we gelijkaardige resultaten als de CI proefgroep. Voor beide controlegroepen geldt dat de reactietijd significant korter is bij het simultaan uitvoeren van beide taken dan bij het uitvoeren van één van deze taken afzonderlijk. Er kan dus besloten worden dat bij de duale taak de proefpersonen meer tijd nodig hebben om de visuele taak uit te voeren. Aan de basis van dit tijdsverschil ligt een hogere belasting van het cognitieve systeem. Deze bevindingen bij normaalhorenden vinden we eveneens in de literatuur terug (Ceulemans, 2012; Downs & Crum, 1978; Fraser et al., 2007).

Vervolgens gingen we ook bij de controlegroepen normaalhorenden na of de interindividuele verschillen op de spraak-in-ruis test verklaard kunnen worden door cognitieve talige factoren. Normaalhorende personen zouden 55% ongemaskeerde tekst nodig hebben om 50% van de zinnen correct te lezen (Zekveld et al., 2007). We bekomen in onze studie gelijkaardige resultaten. De jonge normaalhorenden hebben 55,97 % ongemaskeerde tekst nodig, de gepaarde groep volwassenen 58,11%. De resultaten tonen ons dat er ook bij de controlegroepen geen verband is tussen de SRT en TRT waarden.

Vervolgens bekijken we de gemiddelde TRT score binnen de groep normaalhorenden en slechthorenden samen. Hieruit blijkt dat normaalhorende jongvolwassenen een significant lagere score behalen dan de gepaarde volwassenen, die op hun beurt ook significant lagere resultaten behalen dan de CI proefgroep. Aangezien dit verschil in ons onderzoek niet verklaard kan worden door de SRT scores gaan we op zoek naar andere mogelijke verklaringen. De invloed van de leeftijd lijkt onwaarschijnlijk aangezien de tweede controlegroep volwassenen gepaard is naar leeftijd aan de CI proefgroep. Daarnaast vormen talige factoren ook niet meteen een verklaring vermits alle proefpersonen dezelfde moedertaal hanteren en de CI proefgroep postlinguaal doof zijn. Vervolgens gingen we het verband tussen de gehoordrempels (fletcher index) en de TRT score na. Voor zowel de controlegroepen, als de CI proefgroep afzonderlijk vinden we geen significant verband. De beïnvloedende factor van onze resultaten is dan vermoedelijk de beperkte steekproef. Hierdoor is er onvoldoende spreiding in de resultaten aanwezig, wat de correlatie beïnvloedt. Voor de totale steekproef (n=30) merken we wel een correlatie op tussen de gemiddelde gehoordrempels en de TRT score. Dit betekent dat een lagere fletcher index of een beter gehoor impliceert dat de TRT waarde eveneens lager zal zijn en omgekeerd. Langerhorst & Latenstein (2008) konden ook een trend tussen de SRT en TRT score terugvinden binnen een groep normaalhorenden en slechthorenden samen wat erop wijst dat de cognitieve factoren bij de TRT test ook een rol spelen bij de SRT in ruis.

Op basis van dit verkennend onderzoek bij een populatie CI-gebruikers kunnen we tot de slotsom komen dat reactietijden bij een duale taak (met een primaire spraak-in-ruis test) een sensitieve maat blijken voor de cognitieve luisterinspanning. De duale taak kan ons bijgevolg belangrijke informatie verschaffen betreffende het luistercomfort van CI gebruikers. Dit kan een nuttige aanvulling zijn bij de huidige klinische testbatterij, mits grootschaliger onderzoek en een oppuntstelling van het testprotocol. Daarnaast kunnen we op basis van dit onderzoek geen uitspraak doen over het verband tussen spraakverstaanbaarheid in ruis en taalvaardigheid.

DANKWOORD

Deze pilootstudie kon slechts tot stand komen dankzij de steun en hulp van bepaalde mensen. Bijzondere dank gaat uit naar mijn promotor, dhr. F. Vanpoucke, voor het aanreiken van het interessante onderwerp en de nodige hulp tijdens het tot stand brengen van dit onderzoek en het ontwikkelen en ter beschikking stellen van de software.

Dank ook aan Dr. A. Zarowski en mevrouw A. Vermeiren (Europese Instituut voor NKO, Sint-Augustinus ziekenhuis, Wilrijk) voor ter beschikking stellen van het patiëntenbestand en de nodige infrastructuur.

De normaalhorende proefpersonen voor de controlegroep, bestaande uit familie, vrienden en kennissen, verdienen ook een speciale vermelding voor hun medewerking en inzet tijdens het onderzoek.

Daarnaast ook een woord van dank voor Yasmine De Feyter en Pieter Van Rymentant voor de gedetailleerde bemerkingen bij de tekst.

REFERENTIELIJST

- Alkhamra, R.A. (2010). *Cognitive effort and perception of speech by postlingually deafened adult user of cochlear implants*. UMI Dissertation Publishing: Michigan State University.
- Awh, E. & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in cognitive science*, 5, 3, 119-126.
- Baskent, D., Sarampalis, A., & Pals, C. (2012). *Listening effort with Cochlear Implant Simulations*. University of Groningen. *Journal of Speech, Language and Hearing research*, 2012. [Epub ahead of print]
- Besser, J.; Zekveld, A.A.; Kramer, S.E.; Rönnerberg, J. & Festen, J.M. (2010). The Text Reception Threshold (TRT) as a measure for the Non-Auditory components of Speech Understanding in Noise [Electronic version]. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 55, 194-209.
- Bernarding, C. Strauss, D., J.; Hannemann, R.; Seidler, H. & Corona-Strauss, F.I. (2013). Neural correlates of listening effort related factors: Influence of age and hearing impairment. *Brain Research Bulletin*, 91, 21-30.
- Ceulemans, N. (2012). Pilootstudie naar de invloed van ruisreductie op de spraakverstaanbaarheid en de ruistolerantie bij CI gebruikers en naar de prestaties op een duale taak (auditieve taak en visuele reactietaak) bij normaal horende personen. Niet gepubliceerde bachelorproef, Lessius Hogeschool, Antwerpen, o.l.v. F.Vanpoucke.
- Clark, G. (2004). Speech processing in the Auditory System: Cochlear implants. *Springer Handbook of Auditory Research*, 18, 422-462.
- Collete, F., Olivier, L., Van der Linden, M., Laureys, S. Delfiore, G., Luxen, A. & Salmon, E. (2005). Involvement of both prefrontal and inferior parietal cortex in dual-task performance. *Cognitive brain research*, 24, 237-251.
- Downs, D. (1982). Effects of Hearing Aid Use on Speech Discrimination and Listening Effort [Electronic version]. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 47, 198-193.
- Downs, D. & Crum, M. (1978). Processing demands during auditory learning under degraded listening conditions. *Journal of Speech and Hearing Research*, 21, 702-714.
- Gelfand, S.A. (2009). *Essentials of Audiology*. Thieme, New York.
- George, E.L.J, Festen, J.M., Houtgast, T. (2006). Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 120, 2295 – 2311.

- Gosselin, P.A. & Gangé, J.P. (2010). Use of Dual-Task Paradigm to Measure Listening Effort. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 34, 1, 44-52.
- Gosselin, P.A. & Gagné, J.P. (2011). Older adults expend more listening effort than young adults recognizing audiovisual speech in noise. *International Journal of Audiology*, 50, 786-792.
- Grant, K.W., Walden, B.E. & Seitz, P.F. (1998). Auditory-visual speech recognition by hearing-impaired subjects: consonant recognition, sentence recognition, and auditory-visual integration. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103, 2677-2690.
- Haumann, S., Hohmann, V., Meis, M., Herzke, T., Lenarz, T. & Büchner, A. (2012). Indication criteria for cochlear implants and hearing aids: impact of audiological and non-audiological findings. *Audiology Research*, 12, 55-107.
- Hafter, E. R., & Schlauch, R. S. (1992). *Cognitive factors and selection of auditory listening bands*. In A. Dancer, D. Henderson, R. J. Salvi, & R. P. Hammernik (Eds.), *Noise-induced hearing loss* (pp. 303–310). Philadelphia: B.C. Decker.
- Hazrati, O. & Loizou P.C. (2012). The combined effects of reverberation and noise on speech intelligibility on cochlear implant listeners. *International journal of audiology*, 1-7.
- Kellog, R.T. (2003). *Cognitive psychology*. Sage Publications, California, p115-143.
- Kramer, S.E.; Zekveld, A.A. & Houtgast, T. (2009). Measuring cognitive factors in speech comprehension: The value of using the Text Reception Threshold test as a visual equivalent of the SRT test. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 507-515.
- Kraus, N., Strait, D.L., & Parbery-Clark, A. (2012). Cognitive factors shape brain networks for auditory skills: spotlight on auditory working memory. *New York Academy of Science*, 1252, 100-107.
- Langerhorst, F. & Latenstein, M. (2008). *De relatie tussen taalvaardigheid en spraakverstaan in ruis*. Bachelor thesis, Medisch Centrum Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Nederland.
- Larsby, B., Hällgren, M., Lyxell, B., Arlinger, S. (2005). Speech understanding in quiet and noise, with and without hearing aids. *International Journal of Audiology*, 44, 131 – 143
- Mackersie, C.L. & Cones, H. (2011). Subjective and psychophysiological indexes of listening effort in a competing-talker task. *Journal of the American Academy of Audiology*, 22, 113-122
- Macleod, A. & Summerfield, Q. (1987). Quantifying the contribution of vision to speech perception in noise. *British Journal of Audiology*. 21 (2), 131-141.
- Pisoni, D.B. (2000). Cognitive factors and cochlear implants: Some thoughts on perception, learning, and memory in speech perception. *Ear and Hearing*, 21, 70-78.
- Sarampalis, A., Kalluri, S., Edwards, B. & Hafter, E. (2009). Objective Measures of Listening Effort: Effects of Background Noise and Noise Reduction. *Journal of speech, Language and hearing research*, 52, 1230-1240.
- Van Dijk, J.E., van Olphen, A.F., Langereis, M.C., Mens, L.H.M., Brokx, J.P.L., & Smoorenburg, G.F. (1999). Predictors of Cochlear Implant Performance. *International Journal of Audiology*, 38, 109-116.
- Van Wieringen, A., & Wouters, J., (1998). LIST en LINT – Nederlandstalige spraakaudiometrielijsten met zinnen en getallen. K.U.Leuven/Lab.Exp.ORL-NKO.
- Zekveld, A.A., George, E.L.J., Kramer, S.E., Goverts, S.T., Houtgast, T. (2007). The Development of the Text Reception Threshold test: a visual analogue of the Speech Reception Threshold test. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 50, 576 – 584.
- Zekveld, A.A., Kramer, S.E., Vlaming, M.S.M.G., Houtgast, T., (2008) Audiovisual Perception of Speech in Noise and Masked Written Text, *Ear & Hearing*, 29(1), 99 -111.

Resultaten CI gebruikers

Pp	VisualScore		AudioScore		DualScore			SNR	SRT	TRT				
	Score (%)	Time (ms)	Score (%)	SNR value	VisualScore (%)	VisualTime (ms)	AudioScore (%)			Index	Value	SRT	Sd	TRT
1	69,39	1149,9	95	4	84,805	1307,88	75	1	-0,60	20	30	37,4	7,8	62,6
2 *	92,45	1115,46	30	12	82,44	2126,855	40	9	8,6	20	30	27,5	5,64	72,5
3	65	1351,45	75	9	54,44	1493,955	90	5	6	20	30	36	6,71	64
4	96,72	853,7	80	3	100	1221,855	65	5	3,3	20	42	42,4	6,17	57,60
5 *	96	1943,82	80	6	93,75	1070,19	70	3	0,6	20	36	42,4	4,49	57,6
6	91,8	707,27	60	2	93,115	1000,835	45	1	0,6	20	30	36	4,24	64
7	100	964	60	-2	99,2	1239,38	65	-5	-4	20	30	41,6	6,17	58,40
8	100	1142,44	60	0	97,045	1209,655	75	-3	-3	20	36	42	4,54	58
9	100	929,42	80	-1	99,09	972,59	70	-3	-3	20	30	36,7	5,14	63,3
10	100	923,42	90	1	97,96	965,795	80	-3	0	20	48	42	7,86	58
11	98,21	905,78	75	0	93,99	965,795	90	-1	0,6	20	42	36,7	7,9	63,30
12	94,83	855,23	70	2	97,24	875,3	70	-1	-0,60	20	42	42,4	4,49	57,60

Resultaten jongvolwassenen, controlegroep 1

Pp	VisualScore		AudioScore		DualScore			SNR	SRT	TRT				
	Score (%)	Time (ms)	Score (%)	SNR value	VisualScore (%)	VisualTime (ms)	AudioScore (%)			Index	Value	SRT	Sd	TRT
1	92,06	628,85	70	-8	90,54	615,45	65	-9	-10	20	36	43,1	8,55	56,9
2	95,24	625,53	100	-7	60	691,63	75	-5	-6,6	20	42	40,2	5,09	59,8
3	93,55	778,15	65	-7	92,075	763,635	65	-5	-6,6	20	36	42,8	4,46	57,2
4	95,92	1086,17	75	-5	92,11	1152,045	95	-3	-5,3	20	42	43,8	5,09	56,2
5	96,61	824,81	90	-7	98,145	1826,49	85	-9	-6,6	20	54	48,7	5,96	51,3
6	95,31	629,63	65	-8	94,235	693,37	60	-5	-9	20	42	46,6	3,99	53,4
7	96,67	801,98	60	-6	89,47	894,86	70	-9	-7,3	20	36	43,6	5,3	56,4
8	100	782,27	6	-7	97,78	1106,475	65	-9	-7,3	20	42	45,9	7,02	54,1
9	100	604,52	75	-7	98,46	669,84	70	-7	-6,6	20	36	42,8	4,46	57,2
10	98,11	958,23	75	-6	98,02	1057,51	65	-7	-6,6	20	36	42,8	6,36	57,2

Resultaten gepaarde groep volwassenen, controlegroep 2

Pp	VisualScore		AudioScore		DualScore			SNR	SRT	TRT				
	Score (%)	Time (ms)	Score (%)	SNR value	VisualScore (%)	VisualTime (ms)	AudioScore (%)			Index	Value	SRT	Sd	TRT
1	100	1018,76	75	-4	100	1078,48	70	-5	-4	20	42	34,6	8,36	65,4
2	98,25	814,61	90	-6	95,285	1015,48	75	-4	-5,4	20	42	44,5	6,38	55,5
3	96,3	942,4	75	-5	93,88	1030,61	75	-4	-5,6	20	48	46,8	6,88	53,2
4 *	100	1687,74	35	-6	96,43	1430,395	35	-5	-6	20	42	38,8	4,3	61,2
5 *	50	2076,37	55	-2	71,635	2906,48	20	-5	-2,6	20	42	36	7,35	64
6	98,15	963,25	45	-4	96,85	1193,34	80	-6	-3,6	20	30	36,7	5,14	63,3
7	100	752,6	60	-7	98	936,2	70	-7	-7,3	20	48	50	4,9	50
8	96,83	727,68	70	-6	98,31	810,2	85	-6	-6,3	20	42	42,4	6,17	57,6
9	98,28	816,14	70	-6	96,39	924,56	80	-5	-6,6	20	42	43,1	5,3	56,9
10	100	1065,76	75	-5	100	1087,26	65	-7	-5,3	20	42	40,9	4,37	59,1
11	96,55	742,4	55	-7	97,33	903,42	40	-8	-7,6	20	42	41,6	4,49	58,4

* outliers

- SNR value = ingestelde SNR waarde
- TRT index = aantal afgenomen zinnen
- TRT value = % maskering laatste zin
- SRT = % gemaskeerde tekst
- TRT = % ongemaskeerde tekst