

# Capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen en de relatie met taalbegrip bij kinderen met een Cochleair Implantaat

---

In de leeftijd van 6 tot 14 jaar

**Masterthesis**

Taal- en Spraakpathologie

Naam: R.E. van Bemmelen

Studentnr: s4402332

Begeleiders: Dr. A. Vermeulen, Dr. M. Langereis  
& Dr. P. Eling

Tweede lezer: Dr. E. Janse

Faculteit: Letteren, Taalwetenschap

## Voorwoord

Voor u ligt mijn masterthesis waarmee ik de master Taal- en Spraakpathologie (TSP) aan de Radboud Universiteit in Nijmegen afrond. In de zomer van 2016 ben ik afgestudeerd als logopediste aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN), waarna ik om mijn kennis te vergroten ben begonnen aan de master TSP. Tijdens mijn stages op de HAN heb ik me zo breed mogelijk georiënteerd op het vak van logopediste, van taalontwikkelingsstoornissen bij kinderen met gedragsproblemen tot afasie en dysfagie bij neurologische patiënten. Op de universiteit schreef ik mijn eerste essay over kinderen met een cochleair implantaat (CI). Dit interesseerde mij zo erg, dat ik besloot mijn thesis ook over dit onderwerp te schrijven.

Met plezier heb ik me verder verdiept in de taalontwikkeling bij kinderen met een cochleair implantaat. Ik heb mijn thesis mogen schrijven op de afdeling Hearing & Implants in het Radboudumc in Nijmegen, waar ik als collega werd opgenomen in het CI team. Ik heb de werkwijze als zeer prettig ervaren. In de periode van dataverzameling heb ik veel meegedraaid in het team, waarbij ik ook rapportages verzorgde. Deze praktische benadering in het scriptieproces heeft mij erg goed gedaan, aangezien ik zo dicht bij het vak van logopediste bleef.

Bij de totstandkoming van deze thesis ben ik begeleid door Dr. A. Vermeulen en Dr. M. Langereis, waarvoor ik hen wil bedanken. Hun waardevolle feedback en heldere tips hebben mij gedurende het proces geholpen en uiteindelijk een bijdrage gegeven aan het eindproduct. Ook wil ik Dr. P. Eling bedanken, voor zijn feedback op het eindproduct. Daarnaast wil ik alle medewerkers van het CI team bedanken voor hun samenwerking en hulp wanneer ik ergens tegenaan liep. Ook dank ik alle kinderen en hun ouders die deel hebben genomen aan mijn onderzoek.

Ik wens u veel leesplezier.

Nijmegen, juli 2017

Rosa van Bemmelen

## Inhoud

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                                                                          | 2  |
| Samenvatting.....                                                                                        | 5  |
| Abstract .....                                                                                           | 6  |
| 1. INLEIDING .....                                                                                       | 7  |
| 1.1 Cochleaire implantatie .....                                                                         | 7  |
| 1.2 Taalontwikkeling bij kinderen met een cochleair implantaat .....                                     | 8  |
| 1.3 Voorspellers voor taalvaardigheden .....                                                             | 8  |
| 1.4 Werkgeheugen .....                                                                                   | 10 |
| 1.5 Werkgeheugencapaciteit ontwikkeling .....                                                            | 11 |
| 1.6 Geheugentaken .....                                                                                  | 11 |
| 1.7 Korte termijn- en werkgeheugen bij normaal horende kinderen .....                                    | 12 |
| 1.8 Korte termijn- en werkgeheugen bij kinderen met een cochleair implantaat.....                        | 13 |
| 1.9 Samenhang korte termijngeheugen, werkgeheugen en taalvaardigheden.....                               | 14 |
| 2. ONDERZOEKSVRAAG .....                                                                                 | 15 |
| 2.1 Vraagstellingen .....                                                                                | 15 |
| 2.2 Hypotheses.....                                                                                      | 15 |
| 3. METHODE .....                                                                                         | 17 |
| 3.1 Participanten .....                                                                                  | 17 |
| 3.2 Procedure .....                                                                                      | 18 |
| 3.3 Testen .....                                                                                         | 19 |
| 3.4 Analyse .....                                                                                        | 20 |
| 4. RESULTATEN .....                                                                                      | 23 |
| 4.2 Geheugencapaciteit bij kinderen met een CI en NH kinderen.....                                       | 23 |
| 4.3 Taalbegrip bij kinderen met een cochleair implantaat .....                                           | 23 |
| 4.4 Leeftijdsadequate scores op de geheugentaken en taalbegrip van kinderen met een CI .....             | 24 |
| 4.5 Effect van implantatieleeftijd op het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalbegrip .        | 24 |
| 4.6 Spraakverstaan .....                                                                                 | 24 |
| 4.7 Correlaties tussen de geheugentaken, taalbegrip en spraakverstaanscores bij kinderen met een CI..... | 25 |
| 4.8 Voorspellers taalbegrip .....                                                                        | 26 |
| 5. CONCLUSIE .....                                                                                       | 28 |
| 6. DISCUSSIE .....                                                                                       | 30 |
| 6.1 Auditief korte termijn- en werkgeheugen.....                                                         | 30 |
| 6.2 Samenhang auditief korte termijngeheugen en taalbegrip .....                                         | 31 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 6.3 Voorspellers van taalbegrip.....            | 31 |
| 6.4 Correlaties tussen de geheugentaken.....    | 31 |
| 6.5 Taalbegrip.....                             | 32 |
| 6.6 Gebruikte testen.....                       | 32 |
| 7. AANBEVELINGEN .....                          | 35 |
| 8. REFERENTIES.....                             | 36 |
| Bijlage 1: Listening recall test .....          | 40 |
| Bijlage 2 : De Bree nonwoord repetitietest..... | 42 |

## Samenvatting

Een cochleair implantaat biedt dove en slechthorende kinderen de mogelijkheid tot (beter) horen. Toch lopen zij in hun taalontwikkeling vaak nog achter op normaal horende kinderen (Soleymani, Mahmoodabi & Nouri, 2016). Deze achterstand wordt veroorzaakt door verschillende factoren, zo ook de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen van deze kinderen.

Het doel van deze scriptie is het in kaart brengen van de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen bij kinderen met een cochleair implantaat (CI) in de leeftijd van 6 tot 14 jaar. Er werd gekeken of er een verschil in capaciteit was in vergelijking met normaal horende (NH) leeftijdgenootjes, en wat de invloed van leeftijd hierin was. Daarnaast werd gekeken naar de relatie tussen het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalbegrip, en of het auditief korte termijn- en werkgeheugen een voorspellende waarde had op taalbegrip bij kinderen met een CI.

Auditief korte termijn- en werkgeheugentaken werden bij 26 kinderen met een cochleair implantaat en 26 normaal horende kinderen afgenomen. Auditief korte termijngeheugen taken waren een nonwoord repetitietest en een voorwaartse cijfer herhaaltaak. Voor het testen van het auditief werkgeheugen werd de Listening recall test (complexe taak) en een achterwaartse cijfer herhaaltaak gebruikt. Bij de kinderen met een CI werd ook een taalbegripstest afgenomen (Peabody Picture Vocabulary Test), waarvan de scores later werden vergeleken met normscores van NH kinderen.

Uit de resultaten bleek dat er een verschil in capaciteit van het auditief korte termijngeheugen was tussen kinderen met een CI en NH kinderen. Kinderen met een CI presteerden het slechts op de nonwoord repetitietest, gevolgd door de voorwaartse cijfer herhaaltaak. Er werd geen verschil gevonden in auditief werkgeheugencapaciteit. Bij de kinderen met een CI bestond er een positieve samenhang tussen het auditief korte termijngeheugen en taalbegrip, maar niet tussen het auditief werkgeheugen en taalbegrip. De capaciteit van het auditief korte termijngeheugen bleek een goede voorspeller te zijn voor het taalbegrip.

Aangezien zowel bij het auditief korte termijn- als bij het werkgeheugen de fonologische lus een belangrijke rol speelt, is het opmerkelijk dat er geen verschil werd gevonden op de capaciteit van het auditief werkgeheugen. De relatief kleine onderzoeksgroep kan hierop van invloed zijn geweest. Een onderzoek met een grotere onderzoeksopzet zou wellicht andere resultaten brengen. Ook interessant zou zijn eenzelfde onderzoek uit te voeren waarbij gekeken wordt naar de relatie met expressieve taalvaardigheden, waar hier alleen naar het taalbegrip is gekeken. Op deze manier worden steeds meer verbanden tussen het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalvaardigheden in beeld gebracht.

## Abstract

A cochlear implant provides deaf and hard-of-hearing children more hearing opportunities. Unfortunately, they are still often behind in their language development in comparison to normal hearing children (Soleymani, Mahmoodabi & Nouri, 2016).

The aim of this thesis is to map the capacity of auditory short term memory and auditory working memory in children with cochlear implant(s) (CI's) in the age of 6 to 14 years. Their capacity was compared with that of normal hearing (NH) children in the same age. The influences of age on the differences in auditory short term and working memory capacity between children with CI's and NH children was measured. Besides, there was looked at the cohesion between auditory short term and working memory and receptive language and to the predictive factors on language

26 children with CI's and 26 NH peers where tested with auditory short term and working memory tasks. Auditory short term memory tasks involved a nonword repetition test and a forward digit span. Auditory working memory tasks involved a Listening recall test (complex memory task) and a backward digit span. The children with CI's where also tested with the Peabody Picture Vocabulary Test (Dunn & Dunn, 2006). Scores on this language test could be compared with norm scores of NH children.

The results showed a difference in capacity of short term memory between children with CI's and NH peers. Children with CI's performed most badly on nonword repetition, followed by the forward digit span task. No differences were found in capacity of working memory. There was a relation found only between auditory short term memory and language, which seems to be a good predictor of language measures.

Since the phonological loop plays an important role in both short term memory as in working memory, it's remarkable no differences is found in working memory capacity between children with CI's and NH peers. This result may be because of the relative small research group used in this study. A bigger research group in a different study could show other, more reliable, results. It would also be interesting to investigated the cohesion between auditory short term and working memory and expressive language. In this way the relation between language and short term and working memory could by further discovered.

## 1. INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt recente literatuur besproken omtrent cochleaire implantatie bij kinderen. Er wordt beschreven wat de voordelen van cochleaire implantatie zijn voor dove kinderen. Ook wordt recente literatuur omtrent taalbegrip en het auditief korte termijn- en werkgeheugen van normaal horende (NH) kinderen en kinderen met een cochleair implantaat (CI) besproken, evenals eventueel beïnvloedende factoren op de taalvaardigheden van kinderen met een CI.

### 1.1 Cochleaire implantatie

Een adequaat verloop van de taalontwikkeling geeft kinderen de mogelijkheid optimaal te functioneren in hun omgeving (Schaerlaekens, 2008). Kinderen die doof zijn geboren of voor hun derde levensjaar doof worden, missen de auditieve interactie met hun omgeving, een essentiële vaardigheid voor een normaal verloop van de taalontwikkeling (Ouellet, Normand, Cohen, 2001). Er wordt gesproken over doofheid wanneer het gehoorverlies dusdanig groot is dat zelfs met de best mogelijke versterking waarneming van spraak op basis van het gehoor alleen niet mogelijk is.

Ernstige slechthorendheid of doofheid leidt ertoe dat kinderen weinig tot geen auditieve toegang hebben tot gesproken taal. Dit heeft vaak invloed op de taalontwikkeling, welke hierdoor vertraagd verloopt of afwijkt ten opzichte van normaal horende leeftijdsgenootjes. Wanneer kinderen tijdig een toegankelijk taalaanbod krijgen, of als de auditieve toegang in dusdanige vorm hersteld kan worden dat vroege en vrijwel volledige spraakperceptie mogelijk wordt, hoeft doofheid niet tot een taalontwikkelingsstoornis te leiden (Peters, Bastiaanse, Jansonijs-Schultheiss & van der Meulen, 2006).

Wanneer het gehoorverlies niet te groot is kunnen hoortoestellen een uitkomst bieden. Echter, bij een groot perceptief gehoorverlies kan het met een hoortoestel moeilijk worden spraak te verstaan. Bij een perceptief gehoorverlies ligt de oorzaak van de slechthorendheid of doofheid in het binnenoor, de gehoorzenuw of de hersenen. Beschadigingen aan of disfunctioneren van deze gebieden kan verschillende oorzaken hebben, zoals een ziekte of een opgelopen trauma.

Bij volledige doofheid of zeer ernstig perceptief gehoorverlies kan het herstel van auditieve waarneming plaatsvinden via cochleaire implantatie; het operatief inbrengen van een binnenoorprothese. Geluid wordt op deze manier als elektrisch signaal direct overgedragen op de gehoorzenuw. Cochleaire implantaten (CI's) herstellen voor zover mogelijk de functie van het binnenoor en verhogen op deze manier de akoestische waarneming van dove kinderen (Ouellet, Cohen, 1999).

Door de verbeterde akoestische waarneming verkregen door het cochleair implantaat kunnen kinderen met een CI complexe luistertaken beter volbrengen dan zonder dit cochleair implantaat. Bij het luisteren is er altijd sprake van luisterinspanning; de cognitieve inspanning die geleverd moet worden om een spraaksignaal te begrijpen (Gosselin & Gagne, 2011). Zodra er naast het luisteren naar spraak ook een cognitieve taak uitgevoerd moet worden, zoals betekenisverlening, is er sprake van een complexe taak. De luisterinspanning van kinderen met een gehoorverlies is groter dan die van normaal horende kinderen, waarbij ze vooral meer moeite hebben met een ruiscomponent bij het luisteren naar spraak dan normaal horende kinderen (Rakerd, Seitz & Whearty, 1996). Deze vergrootte luisterinspanning kan verschillende gevolgen hebben, zoals stress en vermoeidheid (Olhenforst et al., 2017). Cochleaire implantatie heeft echter een positief effect op de luisterinspanning, waarbij de

luisterinspanning van geïmplanteerde kinderen lager is dan die van niet geïmplanteerde kinderen met een matig tot ernstig hoorverlies. Bilaterale implantatie zorgt voor een grotere vermindering van luisterinspanning dan unilaterale implantatie. (Steel, Papsin, Gordon, 2015).

Naast vooruitgang op auditieve vaardigheden en vermindering van de luisterinspanning draagt een cochleair implantaat ook bij aan verbeterende linguïstische vaardigheden (Ouellet et al., 2001). Toch is het pure effect van een cochleair implantaat op de taalontwikkeling lastig te onderzoeken vanwege een groot aantal factoren die invloed uitoefenen op het effect van een CI op de hoormogelijkheden. In de volgende paragrafen wordt aandacht besteed aan de taalontwikkeling bij kinderen met een cochleair implantaat in vergelijking tot normaal horende kinderen. Ook worden de factoren die van invloed zijn op het effect van een CI besproken.

### **1.2 Taalontwikkeling bij kinderen met een cochleair implantaat**

Hoewel een cochleair implantaat dove en slechthorende kinderen meer hoormogelijkheden geeft, blijkt deze groep kinderen toch nog achter te lopen in hun taalontwikkeling ten opzichte van normaal horende kinderen (Soleymani, Mahmoodabi & Nouri, 2016, Löfkvist, Almkvist, Lyxell & Tallberg, 2014 Rinaldi, Baruffaldi, Burdo & Caselli, 2013). In de studie van Soleymani et al. (2016) werden linguïstische vaardigheden van kinderen met een CI (n=18, leeftijd 5-5.5 jaar) vergeleken met die van normaal horende leeftijdgenootjes (n=18, leeftijd 5-5.5 jaar). Linguïstische vaardigheden werden getest met de Test of Language Development (Hammil & Newcomer, 2008). Er werd geen verschil gevonden tussen de groepen op linguïstische vaardigheden.

Eenzelfde studie werd uitgevoerd door Löfkvist et al. (2014), waarbij er onderscheid werd gemaakt tussen receptieve en expressieve vaardigheden. Receptieve vaardigheden werden getest met de Peabody Picture Vocabulary Test III (Dunn & Dunn, 2006) en voor het testen van expressieve vaardigheden werd de Boston Naming Test (Kaplan, Goodglass & Weintraub, 1983) gebruikt. Alleen op receptieve vaardigheden werd een verschil gevonden tussen de CI (n=35, leeftijd 5.6-9 jaar) en de NH (n=39) groep ( $p > 0.001$ ), waarbij aangetoond werd dat kinderen met een CI een kleinere receptieve woordenschat hebben dan hun normaal horende leeftijdgenootjes.

Bij jongere kinderen (leeftijd 18-36 maanden) werd een verschil aangetoond in expressieve vaardigheden, waarbij normaal horende kinderen beter presteren dan kinderen met een cochleair implantaat ( $p < 0.05$ , Rinaldi et al., 2013). In dit onderzoek werden linguïstische en pragmatische vaardigheden van 23 Italiaanse dove geïmplanteerde kinderen onderzocht. Linguïstische vaardigheden werden gemeten aan de hand van de McArthur-Bates CDI (MB-CDI (Fenson et al., 2006) waarbij ouders werd gevraagd naar de woordproductie van hun kind. Pragmatische vaardigheden werden bevraagd door middel van de Social Conversational Skills Rating Scale (Spitzberg, 1995). Naast het eerder genoemde resultaat op linguïstische vaardigheden werd er ook een positieve correlatie gevonden tussen linguïstische en pragmatische vaardigheden.

### **1.3 Voorspellers voor taalvaardigheden**

Dat kinderen met een CI achterlopen op taalvaardigheden in vergelijking met NH kinderen, wordt bepaald door een groot aantal factoren, ofwel voorspellers, die invloed uitoefenen op de taalvaardigheden van kinderen met een CI. Factoren die invloed hebben op de taalontwikkeling zijn bijvoorbeeld leeftijd van implantatie, leeftijd waarop het kind doof werd, uni- of bilaterale implantatie en educatie (Geers, 2002). Voorspellers voor

taalvaardigheden kunnen opgedeeld worden in drie categorieën: auditieve factoren, kindgerelateerde factoren en omgevingsfactoren (Boons et al., 2012).

### **1.3.1 Auditieve factoren**

Auditieve factoren zijn factoren die direct te maken hebben met de auditieve verwerking. Hieronder vallen o.a. leeftijd van implantatie, gebruiksduur van het cochleair implantaat en het hebben van bi- of unilaterale implantaten. Holt en Svirsky (2008) onderzochten het effect van leeftijd van implantatie bij kinderen met een CI (n=96) op hun receptieve en expressieve taalontwikkeling. De participanten waren bilateraal geïmplanteerde kinderen, geïmplanteerd vóór 4 jaar. De kinderen die in hun eerste levensjaar geïmplanteerd werden bleken een betere receptieve en expressieve taalontwikkeling te doorlopen dan later geïmplanteerde kinderen. Echter, het verschil in ontwikkeling van de receptieve taalontwikkeling bleek erg klein te zijn tussen kinderen die in hun eerste levensjaar geïmplanteerd werden en kinderen die in hun tweede levensjaar geïmplanteerd werden. Holt en Svirsky (2008) concluderen dat een zo vroeg mogelijke implantatie het meeste perspectief biedt voor het doorlopen van een adequate receptieve en expressieve taalontwikkeling.

Ook volgens Boons et al. (2012) is een vroege implantatie, het liefst vóór 2 jaar, cruciaal voor een adequaat verloop van de taalontwikkeling. In deze studie werden 288 kinderen voor drie jaar elk jaar getest op hun receptieve en expressieve taalontwikkeling (1 jaar, 2 jaar en 3 jaar na implantatie). Zowel bilateraal als unilateraal geïmplanteerde kinderen namen deel aan het onderzoek. Uiteindelijk bleek dat bilaterale implantatie een groter positief effect had op de taalontwikkeling dan unilaterale implantatie. Ook een langere gebruiksduur van het cochleair implantaat beïnvloedde de taalontwikkeling positief.

Een andere factor is het spraakverstaan zelf. Kiese-Himmel (2008) stelde dat taalvaardigheden van kinderen met een CI waarschijnlijk beïnvloed worden door de mate van hun gehoorverlies, waarbij een groter gehoorverlies samengaat met beperktere taalvaardigheden. Een eventuele oorzaak voor korte termijn- en werkgeheugen problemen bij kinderen met een CI zou de gereduceerde en gefilterde auditieve input kunnen zijn waarmee deze kinderen in aanraking komen (de Hoog, 2017). Er is weinig onderzoek gedaan naar het effect van spraakverstaan op het auditief korte termijn- en werkgeheugen, daarom wordt dit effect in het huidige onderzoek wel bekeken. Kinderen met spraakverstaanscores in ruis van onder de 69% en kinderen met spraakverstaanscores in ruis van 69% of hoger worden met elkaar vergeleken op scores op de geheugentaken. Dit getal is gebaseerd op onderzoek binnen het CI team in het Radboudumc, waaruit bleek dat kinderen met tweezijdige input (bilaterale CI's of een CI gecombineerd met een hoortoestel) gemiddeld 69% van fonemen in ruis herkennen.

### **1.3.2 Kindgerelateerde factoren**

Kindgerelateerde factoren zijn nominale factoren zoals geslacht en leeftijdsklasse. Uit het onderzoek van Geers et al. (2003), naar het effect van geslacht van Kinderen met een CI op taalvaardigheden, bleken meisjes qua taalvaardigheden een voorsprong te hebben op jongens. Dit komt overeen met de situatie bij normaal horende kinderen. Ook cognitieve vaardigheden van een kind hebben invloed op taalvaardigheden (Geers et al., 2008, Spencer, 2004). Bij kinderen met een CI wordt vaak een langzamere ontwikkeling van cognitieve vaardigheden gezien, wat invloed heeft op het effect van een CI op de dagelijkse communicatie van deze kinderen.

### 1.3.3 Omgevingsfactoren

Langereis en Vermeulen (2015) onderzochten het effect van een CI op taalvaardigheden bij kinderen binnen verschillende educatieve vormen (regulier onderwijs, onderwijs voor slechthorenden en dovenonderwijs). Taalvaardigheden van kinderen met een CI uit het regulier onderwijs bleken groter te zijn dan taalvaardigheden van kinderen met een CI uit het slechthorende (gebruik van Nederlands met Gebaren<sup>1</sup>) en dovenonderwijs (gebruik van de Nederlandse Gebarentaal). Deze bevindingen komen overeen met eerdere resultaten uit een studie van Eisenberg et al. (2004). Zij concludeerden dat Kinderen met een CI die gesproken communicatie gebruikten een betere taalontwikkeling doorliepen dan Kinderen met een CI die in gebarentaal communiceerden.

Naast de verschillende soorten educatie valt ook de mate van zorgverlening en de participatie van familie onder omgevingsfactoren. Vooral het revalidatieproces na plaatsing van het CI is van groot belang voor een goede ontwikkeling van taalvaardigheden, waarin audiologen, leraren, logopedisten, psychologen en ouders een belangrijke rol spelen. Er bestaat geen concreet antwoord op de vraag hoeveel zorgverlening een kind met een CI (uni- of bilateraal) nodig heeft. Elk kind heeft baat bij een specifiek therapieprogramma, waarin factoren worden meegenomen zoals leeftijd van implantatie en de dagelijkse omgeving waarin het kind zich bevind (de Raeve, 2014).

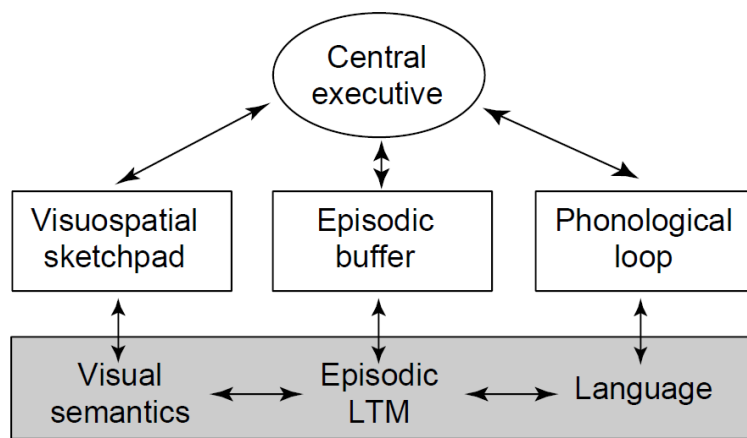
### 1.4 Werkgeheugen

Het werkgeheugen is verantwoordelijk voor tijdelijke opslag en manipulatie van binnenkomende informatie. Het speelt een belangrijke rol bij het uitvoeren van complexe en cognitieve taken (Baddeley, 2000). Er bestaan verschillende modellen aangaande het werkgeheugen, waaronder het meest gangbare het drie componenten model van Baddeley en Hitch (1974). Dit model bestaat uit de centrale executieve component, de fonologische lus en het visueel ruimtelijk kladblok. In 2000 werd door Baddeley een vierde component toegevoegd; de episodische buffer.

De vier componenten uit het model van Baddeley (2000) hebben alle een specifieke functie. De centrale executieve component heeft een controlerende functie over binnenkomende informatie. In de fonologische lus wordt auditieve en akoestische informatie tijdelijk vastgehouden en opgeslagen. De fonologische lus is vooral belangrijk bij het vasthouden van sequentiële informatie (Baddeley, 2000). Informatie kan een paar seconden worden vastgehouden, wat verlengd kan worden door constante herhaling van de informatie. Informatie kan op deze manier 2 tot 30 seconden actief blijven in de fonologische lus, maar vervalt wanneer het niet constant in stilte wordt herhaald (Cowan, 2001). Het visueel ruimtelijk kladblok is verantwoordelijk voor het tijdelijk vasthouden van visuele en spatiële informatie (Baddeley, 2007). De episodische buffer is later toegevoegd, welke voor een verbinding zorgt tussen de andere drie werkgeheugen componenten en het lange termijngeheugen. Visuele, auditieve en perceptuele informatie (uit het werkgeheugen) wordt gecombineerd met bekende semantische en episodische informatie (uit het lange termijngeheugen) tot een episode (Baddeley, 2007). De toevoeging van de episodische buffer verklaart de aanwezigheid van informatie in het werkgeheugen welke niet in de fonologische lus of het visueel ruimtelijk kladblok kan worden geplaatst (Cowan, 2008). Een schematische weergave van het multicomponent model van Baddeley (2000) is weergegeven in Figuur 1.

---

<sup>1</sup> Nederlands met Gebaren (NMG) is een combinatie van de Nederlandse taal en de Nederlandse Gebarentaal



*trends in Cognitive Sciences*

*Figuur 1: het multicomponent model van Baddeley (2000).*

### 1.5 Werkgeheugencapaciteit ontwikkeling

Een voldoende capaciteit van het werkgeheugen is van groot belang bij het goed kunnen uitvoeren van complexe en cognitieve taken (Cowan, 2010). De capaciteit van het werkgeheugen kan per individu verschillend zijn (Cowan, Morey, AuBuchon, Zwilling & Gilchrist, 2010), wat cognitieve en intellectuele verschillen tussen mensen kan verklaren (Cowan, 2005). Werkgeheugencapaciteit wordt vooral gemeten door het herhalen van achterwaartse reeksen, waarin chunking een rol speelt. Chunking is het combineren van een aantal items tot een groter geheel, een chunk (Baddeley, 2007). Verschillende onderzoekers hebben zich gewaagd aan een studie naar werkgeheugencapaciteit en het aantal chunks. Doorgaans wordt gesproken over een capaciteit van 3 tot 5 chunks voor jong volwassenen (Halford, Cowan & Andrews, 2007) en een capaciteit van 3 chunks voor kinderen vanaf 11 jaar (Cowan et al., 2010). De ideale grootte van een chunk, voor zowel kinderen als volwassenen, ligt op 3 items per chunk (Halford et al., 2007).

De capaciteit van het werkgeheugen ontwikkelt zich met het ouder worden (Cowan et al., 2010). Vanaf 6 jaar is de basisstructuur van het werkgeheugen ontwikkeld en vanaf 4 jaar is er sprake van een lineaire groei van het werkgeheugen componenten (Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004).

### 1.6 Geheugentaken

Geheugentaken zijn op te splitsen in simpele en complexe taken. Simpele geheugentaken, ook wel korte termijn geheugentaken, doen een beroep op het vasthouden van informatie. Bij de complexe taken, de werkgeheugentaken, wordt ook om informatieverwerking gevraagd. (Bopp & Verhaeghen, 2005, Baddeley, 2007). De werkgeheugentaken vragen zowel inspanning van de centrale executieve component, voor verwerking en manipulatie, als van de fonologische lus, voor het vasthouden van informatie (Baddeley & Logie, 1999). Simpele, ofwel korte termijn geheugentaken, doen alleen een beroep op de fonologische lus, omdat informatie alleen vastgehouden hoeft te worden.

Het testen van de werking van de fonologische lus gebeurt voornamelijk door middel van reproductietaken. In deze taken moeten reeksen cijfers, woorden of nonwoorden herhaald worden. Deze reproductietaken geven een goede representatie van de werking van de fonologische lus. Beide subcomponenten van de fonologische lus, het opslagsysteem en de stille herhaling, moeten ingezet worden om deze taken juist uit te voeren (Gathercole & Pickering, 2000). Uit verschillende onderzoeken blijkt dat kinderen met een CI slechter presteren op een voorwaartse cijferreeks herhaaltaak (CHV) dan hun NH leeftijdgenootjes (Pisoni & Clearly, 2003, Pisoni et al., 2011, Burkholder & Pisoni, 2003, Pisoni et al. 2000). Het herhalen van woorden is een taak die minder wordt gebruikt dan de andere twee, omdat het woord bij herkenning gekoppeld kan worden aan het lexicon. Bij het herhalen van nonwoorden kan er niet geleund worden op lexicale kennis en gaat het puur om het vasthouden van de fonologische structuur van een nonwoord (Gathercole & Pickering, 2000).

Het testen van de werking van zowel de fonologische lus en de centrale executieve component (werkgeheugentaken) gebeurt met zogenoemde centrale executieve componenttaken (Gathercole & Pickering, 2000). Hieronder vallen taken als Listening recall, waarbij woorden herhaald moeten worden terwijl er na elk woord een auditieve afleiding wordt gegeven, en een achterwaartse cijfer herhaal taak (CHA). Over het algemeen is het achterwaarts herhalen lastiger voor kinderen dan het voorwaarts herhalen van cijfers (Harris et al., 2013, Pisoni & Clearly, 2003), wat te verklaren is aangezien bij de CHV taak geen informatieverwerking hoeft plaats te vinden. Uit onderzoek van Pisoni en Clearly (2003) blijkt dat NH kinderen (leeftijd 8-9 jaar) langere cijferreeksen, zowel voorwaarts als achterwaarts, kunnen herhalen dan Kinderen met een CI.

Twee voorbeelden van een Listening recall test zijn die van Geers et al. (2013) en van Baayen (2015). Bij de test van Geers et al (2013) worden participanten gevraagd zinnen semantisch te beoordelen (klopt de zin of niet?) en daarna van een reeks aangeboden zinnen het laatste woord van elke zin moeten herhalen. De Listening recall test is een goede indicatie voor het werkgeheugen, omdat de taak vraagt om een simultaan proces van informatieopslag en fonologische en lexicale verwerking (Geers et al., 2013). De test van Geers et al. (2013) is opgezet met een doelgroep bestaande uit kinderen van 15 tot 18 jaar. Baayen (2015) heeft de test versimpeld, zodat deze afgenomen kon worden bij kinderen vanaf 4 jaar. In plaats van zinnen werden losse woorden aangeboden en in plaats van een semantische beoordeling van de zin werd het kind gevraagd antwoord te geven op de gesloten vraag: 'is dit een dier?'. De doelwoorden werden door Baayen geselecteerd uit de streeflijst woordenschat voor zesjarige van Schaerleakens, Kohnstamm en Lejeagere (1999). Hiervoor werd de unaniemenlijst Nederland gebruikt, waar woorden in staan die door minimaal 90% van 91 Nederlandse zesjarigen werden begrepen.

Uit een studie van Gathercole en Pickering (2000) blijkt dat alle hierboven beschreven testen, zowel simpele als complexe geheugentaken, sterk met elkaar correleren. In het huidige onderzoek is gekozen voor vier testen: cijferreeks herhalen (CHV en CHA), nonwoord repetitie en de Listening recall test. In deze selectie zijn simpele en complexe geheugentaken, respectievelijk korte termijn- en werkgeheugentaken, evenredig verdeeld.

### **1.7 Korte termijn- en werkgeheugen bij normaal horende kinderen**

Gathercole, Pickering, Ambridge en Wearing (2004) brachten het korte termijn- en werkgeheugen van kinderen tussen de 4 en 15 jaar door middel van een grootschalig onderzoek (N=700) in kaart. De kinderen werden getest met een aantal subtests van de

Working Memory Test Battery for Children (Pickering & Gathercole, 2001), welke bestonden uit zowel simpele als complexe geheugentaken. Zij vonden een effect van leeftijd op de prestatie op de taken. Vooral prestatie op complexe taken nam toe, wat waarschijnlijk samenhangt met verbeterde executieve vaardigheden. Gathercole et al. (2004) stellen dat kinderen met het ouder worden meer profiteren van executieve vaardigheden en deze makkelijker kunnen inzetten binnen de centrale executieve component, waarbij ze door deze flexibiliteit ook hun capaciteit in de fonologische lus en het visueel ruimtelijk kladblok kunnen vergroten.

Dit sluit aan bij het eerder beschreven onderzoek van Pisoni en Clearly (2003). Naast een verschil in lengte van cijferreeksen tussen NH kinderen en kinderen met een CI, vonden zij ook dat NH kinderen een groter verschil in lengte van reeksen tussen voorwaartse en achterwaartse herhaling vertoonden dan kinderen met een CI. Zowel Pisoni en Clearly (2003) als Gathercole et al. (2004) suggereren dat dit resultaat te maken heeft met betere executieve vaardigheden zoals beschreven in het model van Baddeley van NH kinderen, waardoor zij op een simpele geheugentaak (voorwaarts herhalen) relatief beter presteren dan kinderen met een CI.

### **1.8 Korte termijn- en werkgeheugen bij kinderen met een cochleair implantaat**

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat jong geïmplanteerde kinderen (vóór 3 jaar) een beter auditief korte termijngeheugen en werkgeheugen ontwikkelen dan later geïmplanteerde kinderen (Gallego, Martin-Aragoneses, Lopez-Higes, & Pisoni, 2016; Moberly, Lowenstein, & Nittrouer, 2016; Willis, Goldbart, & Stansfield, 2014).

De capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen van geïmplanteerde kinderen (n=66, leeftijd=6 t/m 16 jaar) werd getest door Harris et al. (2013). Zij vonden een kleinere korte termijn- en werkgeheugencapaciteit bij kinderen met een CI in vergelijking met normaalhorende leeftijdgenootjes. 50% van de kinderen met een CI scoorden op cijferreeksen herhalen (CHV en CHA) leeftijdsadequaat, maar de andere 50% scoorde minimaal 1 standaarddeviatie onder het gemiddelde van hun NH leeftijdgenootjes. Ook door Pisoni en Clearly (2003) werd een verschil tussen kinderen met een CI en NH kinderen (leeftijd 8-9 jaar) gevonden op het herhalen van cijferreeksen, waarbij kinderen met een CI slechter presteerden.

Kronenberger et al. (2012) volgden 2 jaar lang 66 kinderen met een CI in de leeftijd van 6 tot 16 jaar, waarin zij minstens 3 keer op een cijfer herhaaltaak (CHV en CHA) werden getest (gem=4.5, Sd=1.3). Ook in deze studie presteerden de kinderen met een CI minder goed op de cijfer herhaaltaken dan normaal horende kinderen, waarbij vergeleken werd met normgegevens. Kronenberger et al. (2012) vonden een kleinere ontwikkeling van het auditief korte termijngeheugen (CHV taak) en het auditief werkgeheugen (CHA taak) bij kinderen met een CI in vergelijking met NH kinderen. De score van kinderen met een CI op de voorwaartse herhaaltaak bleek meer af te wijken van normgegevens van NH kinderen dan de score op de achterwaartse herhaaltaak. Fagan et al. (2007) vonden het tegenovergestelde; juist dat het verschil tussen groepen (CI en NH) bij achterwaarts herhalen groter was dan het verschil bij het voorwaarts herhalen. Het gevonden resultaat van Fagan et al (2007) komt overeen met de interpretatie van Harris et al. (2013) en Pisoni en Clearly (2003), die stelt dat kinderen meer moeite hebben met een CHA taak dan een CHV taak, omdat het kind bij een CHA taak de binnenkomende informatie niet alleen moet vasthouden maar ook moet verwerken (een complexe / werkgeheugentaak).

### **1.9 Samenhang korte termijngeheugen, werkgeheugen en taalvaardigheden**

Werkgeheugencapaciteit en taalvaardigheden (receptief en expressief) hangen nauw met elkaar samen (Kronenberger et al., 2012). Zo speelt het werkgeheugen een grote rol in alledaagse cognitieve activiteiten zoals luisteren en spreken, maar ook lezen, schrijven en besluitvorming (Baddeley, 2007). Het werkgeheugen is namelijk ook nodig om fonologische en lexicale informatie van woorden en zinnen op te slaan (Kronenberger et al., 2012).

De relatie tussen het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalvaardigheden is zowel bij normaal horende kinderen als bij kinderen met een cochleair implantaat meerdere malen onderzocht. Zo vonden Blake, Austin, Cannon, Lisus en Vaughan, (1994) en Gathercole (2006) beide een relatie tussen het korte termijn- en werkgeheugen en taalvaardigheden bij NH kinderen. In het onderzoek van Blake et al. (1994) deden kinderen tussen de 2 en 5 jaar mee (n=31). De taken waren het herhalen van een reeks woorden en het imiteren van zinnen. De woordherhalingstaak bleek een voorspeller te zijn voor de prestatie op het imiteren van zinnen, wat aangeeft dat het (werk)geheugen (herhalingstaak, wordt werkgeheugen genoemd in de studie van Blake) effect heeft op taalvaardigheden (zinnen imiteren).

Het begrip ‘werkgeheugen’ in deze studie is dubieus, aangezien er gemeten wordt aan de hand van een herhalingstaak. Het herhalen van woorden valt onder het auditief korte termijngeheugen, aangezien er niet om manipulatie van informatie wordt gevraagd. Blake et al. (1994) vonden dus eigenlijk een relatie tussen het auditief korte termijngeheugen en taalvaardigheden.

Volgens Gathercole (2006) bestaat er een sterke samenhang tussen nonwoord repetitie (auditief korte termijngeheugen) en taalbegrip, waarbij nonwoord repetitie een voorspellende waarde heeft op het taalbegrip. Het goed kunnen herhalen van nonwoorden gaat samen met een goed taalbegrip, omdat nonwoord repetitie belangrijk is bij het leren van nieuwe woorden. Het goed kunnen herhalen van nonwoorden berust op een goed fonologische verwerkingssysteem, wat het leren van nieuwe fonologische combinaties vergemakkelijkt.

Harris et al. (2013) onderzochten de relatie tussen het werkgeheugen en taalvaardigheden (receptief en expressief) bij kinderen met een CI. Zij vonden dat een verstoord werkgeheugen bij deze kinderen een negatieve invloed had op hun taalontwikkeling, welke achter bleef ten opzichte van die van normaal horende leeftijdgenootjes. Daarnaast is de werkgeheugencapaciteit van kinderen met een CI verantwoordelijk voor een groot deel van de variantie in taalscores binnen deze groep (Pisoni & Clearly, 2003, Pisoni, Kronenberger, Roman, & Geers, 2011, Geers, Pisoni & Brenner, 2013). Een lage werkgeheugencapaciteit correleerde in deze onderzoeken met beperkte taalvaardigheden.

## 2. ONDERZOEKSVRAAG

### 2.1 Vraagstellingen

Voortkomend uit de hierboven beschreven literatuur is de hoofdvraag in dit onderzoek:

1. *Is er een verschil in capaciteit van het auditief korte termijngeheugen en auditief werkgeheugen bij kinderen met een cochleair implantaat en normaal horende kinderen in de leeftijd van 6 tot 14 jaar en heeft leeftijd van beide groepen kinderen invloed op dit verschil?*

De ondergrens werd op 6 jaar gesteld, gebaseerd op het gegeven dat het werkgeheugen bij normaal horende kinderen vanaf 6 jaar volledig is ontwikkeld (Gathercole et al., 2004). In 2015 heeft Baayen voor haar masterthesis kinderen in de leeftijd van 4 tot 8 jaar onderzocht. Haar onderzoek resulteerde niet in verschillen tussen de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen van CI en NH kinderen, waarbij het nog onvolledig ontwikkelde werkgeheugen van de jonge kinderen in haar controlegroep groep waarschijnlijk een rol heeft gespeeld. Daarnaast is het interessant te bekijken welke invloed leeftijd speelt bij het verschil in werkgeheugencapaciteit van CI en NH kinderen.

Daarnaast zijn er nog 3 onderzoeksvragen opgesteld. De eerste onderzoeksvraag is gericht op de relatie tussen het geheugen en taalbegrip:

2. *'Bestaat er een samenhang tussen het auditieve korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en taalbegrip bij kinderen met een cochleair implantaat in de leeftijd van 6 tot 14 jaar?'*

De tweede onderzoeksvraag kijkt naar de relatie tussen het spraakverstaan, het geheugen en taalbegrip

3. *Is er een verschil in capaciteit van het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en taalbegrip bij kinderen met een cochleair implantaat met spraakverstaanscores in ruis van onder de 69% en kinderen met een cochleair implantaat met spraakverstaanscores in ruis van 69% of hoger?*

Een derde onderzoeksvraag is gericht op voorspellende factoren;

4. *Hebben de factoren leeftijd van implantatie (vóór of na het 3<sup>e</sup> levensjaar), uni- of bilaterale implantatie, aanvang van doofheid, geslacht, educatie en de prestatie op de geheugentaken invloed op het taalbegrip van kinderen met een cochleair implantaat in de leeftijd van 6 tot 14 jaar?*

### 2.2 Hypotheses

1. De capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen van kinderen met een cochleair implantaat is kleiner dan de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen van normaal horende kinderen in de leeftijd van 6 tot 14 jaar en leeftijd heeft invloed op dit verschil
2. Er bestaat een samenhang tussen het auditief korte termijngeheugen, auditief werkgeheugen en taalbegrip bij kinderen met een cochleair implantaat in de leeftijd van 6 tot 14 jaar, waarbij een kleine capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen met een laag taalbegrip correleert.
3. De capaciteit van het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en het taalbegrip is kleiner bij kinderen met een cochleair implantaat met spraakverstaanscores in ruis van onder de 69% dan van kinderen met een cochleair implantaat met spraakverstaanscores in ruis van 69% of hoger

4. De factoren leeftijd van implantatie, uni- of bilaterale implantatie, aanvang doofheid, geslacht, educatie en de prestatie op de geheugentaken hebben invloed op het taalbegrip van kinderen met een cochleair implantaat in de leeftijd van 6 tot 14 jaar.

### 3. METHODE

#### 3.1 Participanten

In deze studie namen in totaal 26 kinderen met een cochleair implantaat (leeftijd 6.1-14.0, gem=9.6, 18 jongens, 8 meisjes) en 26 normaal horende kinderen (leeftijd 6.7-13.5, gem=9.8 14 jongens, 12 meisjes) in de leeftijd van 6 tot 14 jaar deel. De kinderen met een cochleair implantaat waren allemaal patiënt van het Radboudumc in Nijmegen. De meeste kinderen hadden bilaterale implantaten. Inclusiecriteria waren: implantatie van het eerste CI vóór 11 jaar, geen andere neurologische problemen dan gehoorproblemen en geen andere gedrags- en/of algemene ontwikkelingsproblemen. Drie kinderen hadden 1 cochleair implantaat (unilateraal geïmplantéerd) en één van hen gebruikte in het andere oor een hoortoestel. Alle kinderen hadden gehoordrempels tussen de 20 en 30 dB bij alle frequenties.

In Tabel 1 staan de karakteristieken van de kinderen met een CI weergegeven. 19 kinderen werden in april, mei of juni 2017 getest op hun jaarlijkse controle binnen het CI team. 7 kinderen waren participanten binnen het onderzoek van Baayen (2015).

De controlegroep bestond uit kinderen uit de directe omgeving van de onderzoeker (n=18) en kinderen uit de controlegroep uit het onderzoek van Baayen (2015, n=8). Deze kinderen werden gematched op leeftijd met de kinderen met een CI. De kinderen werden geacht Nederlands als moedertaal te hebben en er mocht geen sprake zijn van taal- of gedragsproblematiek. Er werd aangenomen dat het gehoor van de kinderen uit de controlegroep voldoende was, gebaseerd op cijfers uit het onderzoek van Fonseca, Forsyth en Neary (2005). Fonseca et al. (2005) onderzocht uitkomsten van gehoorscreeningen op de leeftijd van 5 en 6 jaar door de Jeugdgezondheidszorg (JGZ) in Groot Brittannië. Hieruit bleek dat 0,16% van de onderzochte populatie (n=109505) daadwerkelijk werd gediagnosticeerd met een gehoorverlies. Omgerekend betekent dit dat er in de gebruikte controlegroep van 26 normaal horende kinderen geen kinderen met gehoorverlies aanwezig zijn.

*Tabel 1: karakteristieken van de CI groep*

| nr | leeftijd | Geslacht | Uni- of bilateraal | Aanvang doofheid | Leeftijd van implantatie     | Educatie | Spraakverstaan in stilte apart (70dB) * | Spraakverstaan in stilte samen (50dB) ** | spraakverstaan in ruis SNR0dB (70dB) |
|----|----------|----------|--------------------|------------------|------------------------------|----------|-----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1  | 11,0     | m        | Bi                 | Prelinguaal      | Links: 2,6<br>Rechts: 8,9    | Regulier | AD: 87%<br>AS: 100%                     | ADS: 90%                                 | ADS: 78%                             |
| 2  | 13,11    | m        | Bi                 | Prelinguaal      | Links: 10,7<br>Rechts: 12,11 | Regulier | AD: 55%<br>AS: 90%                      | ADS: 86%                                 | ADS: 27%                             |
| 3  | 13,6     | v        | Bi                 | Congenitaal      | Links: 1,10<br>Rechts: 4,9   | Regulier | AD: 95%<br>AS: 98%                      | ADS: 100%                                | ADS: 75%                             |
| 4  | 11,4     | m        | Bi                 | Congenitaal      | Links: 2,3<br>Rechts: 5,10   | Speciaal | AD: 66%<br>AS: 100%                     | ADS: 87%                                 | ADS: 87%                             |
| 5  | 7,4      | m        | Bi                 | Congenitaal      | Links: 1,10<br>Rechts: 1,2   | Regulier | AD: 100%<br>AS: 96%                     | ADS: 90%                                 | ADS: 78%                             |
| 6  | 10,4     | v        | Bi                 | Prelinguaal      | Links: 7,7<br>Rechts: 4,1    | Regulier | AD: 97%<br>AS: 95%                      | ADS: 77%                                 | ADS: 78%                             |
| 7  | 9,5      | m        | Bi                 | Congenitaal      | Links: 6,6<br>Rechts: 8,0    | Speciaal | AD: 90%<br>AS: x                        | ADS: 81%                                 | ADS: 60%                             |

|    |       |   |        |             |                            |          |                              |            |            |
|----|-------|---|--------|-------------|----------------------------|----------|------------------------------|------------|------------|
| 8  | 10,4  | v | Uni    | Congenitaal | Rechts: 1,0                | Regulier | AD: 93%                      | AD: 90%    | AD: 69%    |
| 9  | 13,9  | m | Bi     | Prelinguaal | Beide: 1,5                 | Regulier | AD: 100%<br>AS: 98%          | ADS: 98%   | ADS: 75%   |
| 10 | 13,1  | v | Bi     | Congenitaal | Links: 7,7<br>Rechts: 4,1  | Speciaal | AD: 95%<br>AS: 47%           | ADS: 92%   | ADS: 75%   |
| 11 | 8,8   | m | Bi     | Prelinguaal | Beide: 0,10                | Regulier | AD: 96%<br>AS: 100%          | ADS: 100%  | ADS: 96%   |
| 12 | 8,7   | v | Bi     | Congenitaal | Links: 7,2<br>Rechts: 4,10 | Speciaal | AD: 93%<br>AS: 93%           | ADS: 84%   | ADS: 81%   |
| 13 | 11,10 | m | Uni    | Congenitaal | Links: 8,3                 | Regulier | AS: 93%                      | CI+HT: 84% | CI+HT: 66% |
| 14 | 10,5  | m | Bi     | Congenitaal | Links: 1,1<br>Rechts: 8,3  | Regulier | AD: 57%<br>AS: 97%           | ADS: 90%   | ADS: 58%   |
| 15 | 8,3   | m | Bi     | Congenitaal | Links: 2,8<br>Rechts: 1,1  | Speciaal | AD: 96%<br>AS: 96%           | ADS: 96%   | ADS: 84%   |
| 16 | 9,5   | m | Bi     | Congenitaal | Links: 7,2<br>Rechts: 3,1  | Regulier | AD: 97%<br>AS: 93%           | ADS: 96%   | ADS: 78%   |
| 17 | 13,6  | m | Bi     | Congenitaal | Links: 5,11                | Speciaal | AS: 96%                      | CI+HT: 69% | CI+HT: 43% |
| 18 |       | m | Bi     | Congenitaal | Links: 6,7<br>Rechts: 1,6  | Speciaal | AD: 93%<br>AS: 87%           | ADS: 96%   | ADS: 81%   |
| 19 |       | m | Bi     | Congenitaal | Links: 0,11<br>Rechts: 6,7 | Speciaal | AD: 30%<br>AS: 92%           | ADS: 89%   | ADS: 69%   |
| 20 | 6,11  | v | Bi     | Congenitaal | Rechts: 2,7<br>Links: 4,6  | Regulier | AD: 93%<br>AS: 96%           | ADS: 69%   | ADS: 63%   |
| 21 | 6,1   | v | Bi     | Congenitaal | Rechts: 1,3<br>Links: 2,10 | Speciaal | AD: 88%<br>AS: 75%           | ADS: 68%   | ADS: 55%   |
| 22 | 7,2   | m | Bi     | Congenitaal | Rechts: 3,5<br>Links: 0,11 | regulier | AD: 75%<br>AS: 96%           | ADS: 90%   | ADS: 63%   |
| 23 | 6,9   | m | Uni+HT | Congenitaal | Links: 4,5                 | speciaal | AD (HT): 90%<br>AS (CI): 93% | CI+HT: 74% | CI+HT: 65% |
| 24 | 6,5   | v | Bi     | Congenitaal | Rechts: 1,0<br>Links: 5,10 | Regulier | AD: 93%<br>AS: 93%           | ADS: 66%   | ADS: 84%   |
| 25 | 6,8   | m | Bi     | Prelinguaal | Rechts: 1,1<br>Links: 2,11 | Regulier | AD: 93%<br>AS: 100%          | ADS: 96%   | ADS: 84%   |
| 26 | 8,2   | m | Bi     | Congenitaal | Rechts: 4,5<br>Links: 1,3  | Speciaal | AD: 87%<br>AS: 100%          | ADS: 65%   | ADS: 51%   |

\* AD: Auris Dexter, informatie over het rechter oor. AS: Auris Sinister, informatie over het linker oor

\*\* ADS: Auris Dixter Sinister, informatie over beide oren samen

### 3.2 Procedure

Zowel bij de kinderen met een CI als bij de NH kinderen werden in totaal vier auditieve korte termijn- en werkgeheugentaken, gericht op het vasthouden en manipuleren van auditieve informatie. De testen die werden gebruikt waren de;

- CELF: cijferreeksen onthouden voorwaarts (Semel, Wiig, & Secord, 2004);
- CELF: cijferreeksen onthouden achterwaarts (Semel et al., 2004);
- Bree nonwoorden repetitietest (De Bree, Rispens, & Gerrits, 2007);
- Listening recall test (Geers, Pisoni, & Brenner, 2013, aangepast door Baayen, 2015).

De voorwaartse cijfer herhaaltaak van de CELF (CHV) en de Bree nonwoorden repetitietest zijn korte termijngeheugen taken, de achterwaartse cijfer herhaaltaak van de CELF (CHA) en

de Listening recall test zijn werkgeheugentaken<sup>2</sup>. Bij de CHV en de Bree nonwoorden repetitietest is alleen sprake van vasthouden en reproducen van auditieve informatie, bij de CHA en de Listening recall test moet informatie worden vastgehouden en gemanipuleerd.

De kinderen met een CI werden getest in het Radboudumc op de afdeling Hearing & Implants tijdens hun jaarlijkse controle. NH kinderen werden thuis gezien of op hun middelbare school. De testen werden opgenomen met een audio recorder en achteraf gescoord.

Aangaande de kinderen met een CI werd na de testafname een kort verslag geschreven over de prestatie van het kind, dat werd bijgevoegd in het dossier van het kind. Deze bevindingen werden per mail naar ouders gecommuniceerd. Bij eventuele vragen konden zij het CI team per mail of telefonisch benaderen.

### **3.3 Testen**

Alle testen werden afgenomen in gesproken Nederlands. De instructies en items werden op conversatieniveau aangeboden, dat rond de 65 dB ligt. Gezien de gehoordrempels van de kinderen met een CI zouden zij al het aanbod goed moeten kunnen horen.

#### **3.3.1 CELF cijferreeksen onthouden**

Zowel de voorwaartse cijferreeks herhaaltaak (CHV) als de taak achterwaartse cijferreeks herhaaltaak (CHA) waren afkomstig uit de CELF test: Clinical Evaluation of Language Fundamentals (Semel et al., 2004). Met de CHV taak werd het vasthouden van informatie gemeten en met de CHA taak zowel het vasthouden als manipuleren van informatie (Bopp & Verhaeghen, 2005). Aan de kinderen werd gevraagd een willekeurige reeks van cijfers tussen 1 en 9 te herhalen, in dezelfde volgorde zoals aangeboden (voorwaarts) of in de omgekeerde volgorde (achterwaarts). Voorafgaand aan de test werden oefenitems aangeboden. De cijfers werden uitgesproken met een snelheid van 1 cijfer per seconde. De lengte van de reeksen varieerde van 2 tot 9 cijfers, waarbij voor elke lengte van cijfers 2 reeksen aangeboden werden. Om een stap verder te gaan, was minimaal bij 1 van de 2 reeksen een correcte respons nodig. De test werd afgebroken wanneer allebei de reeksen incorrect beantwoord werden of een antwoord uit bleef. De test werd gescoord op een range van 0 tot 16 (CHV) en een range van 0 tot 14 (CHA), waarbij gekeken werd naar het aantal correct herhaalde reeksen. Hoewel de CELF een genormeerde test is, werd deze toch bij de NH groep afgenomen. Op deze manier kon eenzelfde groepsgrootte met elkaar vergeleken worden.

#### **3.3.2 De Bree nonwoorden repetitietest**

De Bree nonwoorden repetitietest is ontworpen door de Bree et al. (2007). De test bestaat uit 16 items, waarbij het nonwoord zo exact mogelijk nagezegd moet worden. De items varieerden van 2 tot 5 syllabes en 5 tot 11 fonemen, waarbij het correcte uitgesproken aantal (syllabes en fonemen) werd gescoord. De nonwoorden werden uitgesproken door de testleider, waarbij het mondbeeld werd afgeschermd met een A4tje. De scores op de syllabes liepen van 0 tot 56 en de scores op de fonemen van 0 tot 128. De test was niet genormeerd en werd daarom ook bij de controlegroep afgenomen.

#### **3.3.3 Listening recall test**

Als auditieve werkgeheugentaak werd de Listening recall test van Baayen (2015) gebruikt. Aan de kinderen werd gevraagd een reeks woorden te onthouden, waarbij ze tussendoor een afleidende vraag moesten beantwoorden ('is dit een dier?'). De aangeboden reeksen varieerden van 2 tot 5 woorden. Per reekslengte werden drie verschillende reeksen

---

<sup>2</sup> de auditief korte termijn- en werkgeheugentaken kunnen in het verdere verloop van de tekst genoemd worden als 'geheugentaken'

aangeboden. Om een stap hoger te komen in de test moesten de kinderen de woorden uit minimaal 2 van de 3 reeksen juist herhaald hebben. De test werd afgebroken bij geen respons of wanneer het kind maar 1 van de 3 reeksen juist herhaalde. De score weergaf de langste reekslengte die het kind in minimaal 2 van de 3 keer had herhaald, met een range van 0 tot 5. Baayen (2015) vond een gemiddelde score van 2 voor de NH groep en een gemiddelde score van 1,5 voor de CI groep (leeftijd 4 tot 8). Aangezien deze scores nog ver van de maximale score afliggen, werd deze test ook in het huidige onderzoek gebruikt bij de kinderen van 7 tot 14 jaar.

In Tabel 2 worden alle auditieve korte termijn- en werkgeheugentaken weergegeven met een voorbeeld item en respons erbij. De Bree nonwoord repetitietest en de Listening recall test zijn te vinden in Bijlage 1. De cijferreeks herhaaltaken zijn te vinden in de CELF test: Clinical Evaluation of Language Fundamentals (Semel et al., 2004).

*Tabel 2: voorbeeld opgaves van de auditieve korte termijn- en werkgeheugentaken*  
**Fonologische taken (simpel, auditief korte termijngeheugen)**

| Testen                                  | Item     | Correcte respons |
|-----------------------------------------|----------|------------------|
| Cijferreeksen herhalen voorwaarts (CHV) | 8, 2, 6  | '8, 2, 6'        |
| Bree nonwoord repetitietest             | Feu PAAN | 'Feu PAAN'       |

**Centrale executieve component (complex, auditief werkgeheugen)**

| Testen                                    | Stimuli                    | Correcte Respons |
|-------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| Listening recall test                     | 'ei' – is dit een dier?    | 'nee'            |
|                                           | 'broek' – is dit een dier? | 'nee'            |
|                                           |                            | 'ei, broek'      |
| Cijferreeksen herhalen achterwaarts (CHA) | 9, 2, 3                    | '3, 2, 9'        |

### 3.3.4 Peabody Picture Vocabulary Test

Naast de bovengenoemde testen werden de kinderen met een CI ook getest op hun passieve woordenschat. Dit gebeurde met de Peabody Picture Vocabulary Test derde editie (PPVT-III-NL, Dunn & Dunn, 2006). Deze resultaten werden afgezet tegen de resultaten op de auditieve korte termijn- en werkgeheugentaken, waarbij gekeken werd naar de samenhang tussen het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalbegrip. Voor de PPVT-III-NL zijn normgegevens beschikbaar. In Tabel 3 staat de gehele testbatterij voor de CI en de NH kinderen weergegeven.

*Tabel 3: totale testbatterij afgenomen bij de CI en NH groep*

| Kinderen met een CI                          | NH kinderen                                |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| CELF: cijferreeksen onthouden voorwaarts     | CELF: cijferreeksen onthouden voorwaarts   |
| CELF: cijferreeksen onthouden achterwaarts   | CELF: cijferreeksen onthouden achterwaarts |
| Bree nonwoorden repetitietest                | Bree nonwoorden repetitietest              |
| Listening recall test                        | Listening recall test                      |
| Peabody Picture Vocabulary Test derde editie |                                            |

## 3.4 Analyse

De scores van de kinderen met een cochleair implantaat en de normaal horende kinderen op de geheugentaken (auditief korte termijn- en werkgeheugentaken) en de PPVT-III-NL werden

met elkaar vergeleken. In deze paragraaf staat beschreven welke analyses zijn uitgevoerd en aan welke onderzoeksvraag deze statistische analyses gekoppeld zijn.

#### **3.4.1 Statistische analyse**

Voor de analyse van de verkregen onderzoeksgegevens werd gebruik gemaakt van SPSS Statistics Data Editor versie 22. Om de onderzoeksvragen en hypothesen te beantwoorden werden verschillende statistische toetsen uitgevoerd op met data, zoals hieronder beschreven.

#### **3.4.3 Auditief korte termijn- en werkgeheugentaken**

Om de gemiddelde scores op de geheugentaken van de kinderen met een cochleair implantaat en de normaal horende kinderen met elkaar te vergelijken werden ANCOVA's uitgevoerd.

Er was hier sprake van een Between-subjects design, omdat er wordt gekeken naar verschillen in scores op de geheugentaken tussen twee groepen (CI en NH groep). Groep was hier de Between factor, ofwel de onafhankelijke factor. De afhankelijke factoren waren de verschillende geheugentaken. Leeftijd werd meegenomen als covariaat. In deze analyse werd gekeken of er een verschil was in auditief korte termijn- of werkgeheugencapaciteit tussen kinderen met een CI en NH kinderen, waarbij het eventuele effect van leeftijd op dit verschil is weggenomen. Post hoc testen gaven antwoord op de vraag of de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen van kinderen met een CI kleiner is dan van NH kinderen in de leeftijd van 6 tot 14 jaar (hypothese 1).

De samenhang tussen de verschillende geheugentaken werd met Pearson's correlaties in kaart gebracht. Ook werd bij elke geheugentaak gekeken naar het percentage kinderen met een CI met scores maximaal één standaarddeviatie verwijderd van het gemiddelde van de NH kinderen, waaruit gezien kan worden welk percentage van de kinderen met een CI afwijkend scoort in vergelijking met normaal horende kinderen.

#### **3.4.4 Taalbegrip**

Om antwoord te geven op de vraag of een kleine capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen correleert met een kleine woordenschat bij kinderen met een CI in de leeftijd van 6 tot 14 jaar (hypothese 2) werden Pearson's correlatie analyses uitgevoerd. Hierbij werd gekeken naar de relatie tussen taalbegrip en de geheugentaken. Daarnaast werd bij de PPVT-III-NL, net zoals bij de geheugentaken, gekeken welk percentage van de kinderen met een CI maximaal één standaarddeviatie afweek van de gemiddelde score van normaal horende kinderen.

#### **3.4.5 Voorspellers taalbegrip**

Een multiple regressie analyse werd gebruikt om mogelijke factoren die van invloed zijn op het taalbegrip, getest met de Peabody Picture Vocabulary Test (Dunn & Dunn, 2006), aan te wijzen. De statistisch getoetste factoren waren de geheugentaken, leeftijd, geslacht, type implantaat, aanvang van doofheid, leeftijd van implantatie en educatie. In de multiple regressie analyse wordt gekeken naar de beste voorspeller. Vooral de invloed van het auditief korte termijn- en werkgeheugen op taalbegrip is hier interessant. Aanvullend op de Pearson's correlatie tussen de geheugentaken en taalbegrip wordt hier gekeken naar de relatie tussen de twee genoemde variabelen.

#### **3.4.6 Spraakverstaan**

Om antwoord te krijgen op de vraag of er een verschil in capaciteit is van het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en het taalbegrip bij kinderen met een CI met verschillende spraakverstaanscores in ruis (lager of hoger dan 69%) werd een ANOVA uitgevoerd. De spraakverstaanscore in ruis was hier de onafhankelijke variabele, de scores op de geheugentaken en de PPVT-III-NL de afhankelijke variabele. Er werd antwoord gegeven

op de hypothese dat kinderen met een CI met spraakverstaanscores in ruis van onder de 69% een kleinere capaciteit van het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en het taalbegrip hebben (hypothese 3).

## 4. RESULTATEN

### 4.2 Geheugencapaciteit bij kinderen met een CI en NH kinderen

In Tabel 4 staan de gemiddelde scores op de Listening recall test, de Bree nonwoord repetitietest (syllaben en fonemen) en de taken van de CELF (CHV en CHA) weergegeven voor de CI en de NH groep.

*Tabel 4: gemiddelde scores en standaarddeviaties van de CI en NH groep op de geheugentaken (n=26)*

|                 | Auditief werkgeheugen |            | Auditief korte termijngeheugen |               |              |
|-----------------|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------|
|                 | Listening recall      | CHA (CELF) | CHV (CELF)                     | Bree syllaben | Bree fonemen |
| <b>NH groep</b> |                       |            |                                |               |              |
| Gem             | 2,79                  | 4,56       | 8,33                           | 43,69         | 115,04       |
| Sd              | (0,72)                | (1,72)     | (1,85)                         | (5,14)        | (6,87)       |
| <b>CI groep</b> |                       |            |                                |               |              |
| Gem             | 2,63                  | 3,73       | 5,46                           | 30,58         | 93,04        |
| Sd              | (0,65)                | (1,37)     | (2,23)                         | (8,57)        | (17,26)      |

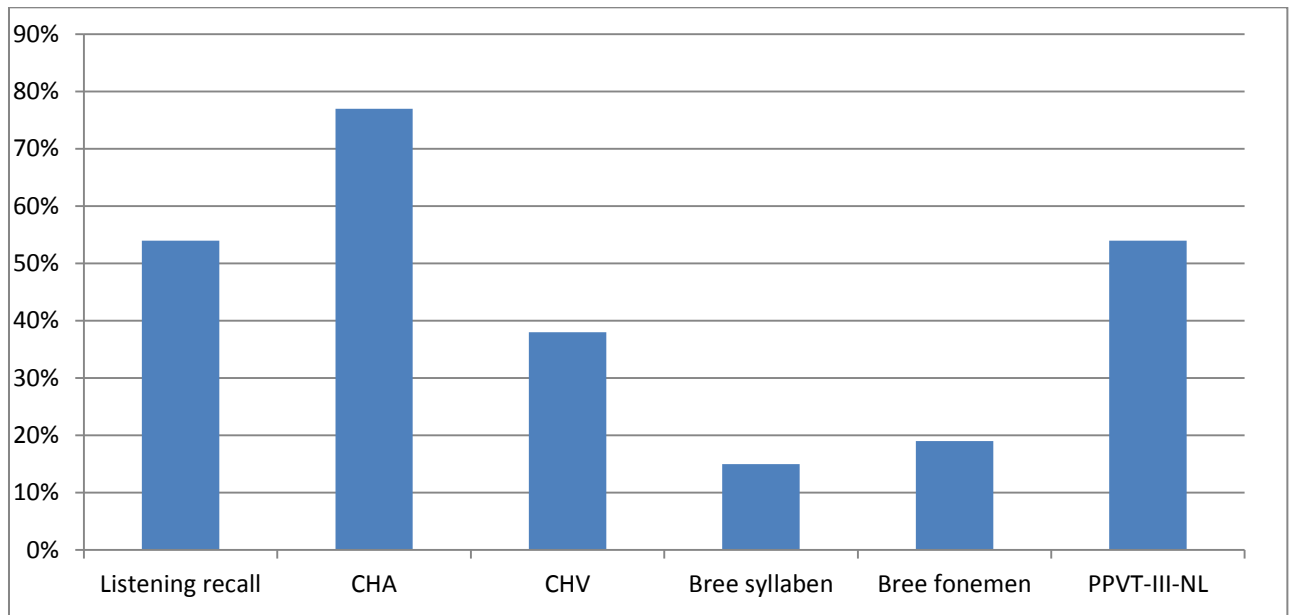
Vijf verschillende analyses van covariantie (ANCOVA) werden gebruikt om de gemiddelde scores op de geheugentaken te vergelijken tussen de CI en de NH groep. Voorafgaand aan de analyse werden correlatiecoëfficiënten berekend die de correlatie tussen leeftijd en de vijf variabelen (geheugentaken) weergaven. Leeftijd correleerde met drie van de vijf geheugentaken significant; met de Listening recall ( $r=0.451$ ,  $p<0.001$ ), de CHA taak ( $r=0.542$ ,  $p<0.001$ ) en met de CHV taak ( $r=0.521$ ,  $p<0.001$ ). Aangezien er correlaties bestonden tussen Leeftijd en drie geheugentaken, werd Leeftijd als covariaat meegenomen in de variantie analyse.

Uit de hoofdanalyse van de ANCOVA bleek dat er, na correctie voor Leeftijd, een verschil bestond tussen de CI en de NH kinderen bij drie geheugentaken. Er werd een significant effect gevonden van Groep (CI of NH groep) op de Bree syllaben test ( $F(1,38)=23.65$ ,  $p=0.000$ ,  $n^2=0.38$ ), op de Bree fonemen test ( $F(1,38)=19.48$ ,  $p=0.000$ ,  $n^2=0.34$ ) en op de CHV taak ( $F(1,38)=14.95$ ,  $p=0.000$ ,  $n^2=0.28$ ). De kinderen uit de NH groep scoorden op deze taken significant beter dan de kinderen uit de CI groep. Er werd geen significant effect gevonden van Groep op de Listening recall test ( $F(1,38)=0.29$ ,  $p=0.591$ ,  $n^2=0.01$ ) en op de CHA taak ( $F(1,38)=0.68$ ,  $p=0.451$ ,  $n^2=0.02$ ).

### 4.3 Taalbegrip bij kinderen met een cochleair implantaat

Het gemiddelde WBQ van de CI groep op de PPVT-III-NL was 83.7 (Sd: 16.8, range 54-107). 54% van de kinderen had een score die binnen de normaalverdeling van normaal horende kinderen viel (gemiddelde – en + 1 Sd), 46% had een score die beneden 1 standaarddeviatie lag in de normaalverdeling. De gemiddelde scores van de kinderen met een CI werden aan de hand van een one-sample t-test vergeleken met de gemiddelde score van normaalhorende kinderen (WBQ=100). Er bleek een verschil te zijn tussen de scores van kinderen meteen CI en NH kinderen op de PPVT-III-NL scores ( $t(25)=-4.63$ ,  $p=0.000$ ).

#### 4.4 Leeftijdsadequate scores op de geheugentaken en taalbegrip van kinderen met een CI



*Figuur 2: percentage leeftijdsadequate scores van de CI groep op de geheugentaken en het taalbegrip*

In Figuur 2 staat het percentage leeftijdsadequate scores van de CI groep weergegeven bij elke geheugentaak en bij de PPVT-III-NL, het percentage dat binnen 75% van de normaalverdeling van de NH groep valt (1 standaarddeviatie beneden en boven het gemiddelde van de NH groep). De kinderen met een CI behaalden op de twee auditieve werkgeheugentaken, de Listening recall test en de CHA taak, het vaakst een leeftijdsadequate score. Bij de Listening recall test scoorde 54% leeftijdsadequaats en bij de CHA taak 77%. De kleinste percentages leeftijdsadequate scores werden gevonden op de Bree nonwoord repetitietest: de Bree syllaben: 15%, de Bree fonemen: 19%. Op de CHV taak scoorde 38% van de kinderen met een CI leeftijdsadequaats. 54% van kinderen met een CI scoorde binnen de norm op de PPVT-III-NL.

#### 4.5 Effect van implantatieleeftijd op het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalbegrip

Een one-way variantie analyse (ANOVA) werd gebruikt om binnen de groep kinderen met een CI gemiddelde scores op de geheugentaken en op de PPVT-III-NL in kaart te brengen. Er werd een onderscheid gemaakt tussen bilateraal geïmplanteerde kinderen die vóór hun 3<sup>e</sup> levensjaar hun eerste CI (of al allebei) kregen en bilateraal geïmplanteerde kinderen die na hun 3<sup>e</sup> levensjaar hun eerste CI kregen. De 3 unilateraal geïmplanteerde kinderen in de patiëntgroep werden in deze analyse niet meegenomen. Er werd geen verschil gevonden tussen de kinderen die vóór hun 3<sup>e</sup> levensjaar werden geïmplanteerd (minimaal 1 CI) en de kinderen die na hun 3<sup>e</sup> levensjaar hun eerste CI kregen op de scores van de geheugentaken ( $p > 0.05$ ) en van de PPVT-III-NL ( $F(1,24)=0.35$ ,  $p=0.558$ ).

#### 4.6 Spraakverstaan

Eenzelfde variantie analyse werd uitgevoerd om gemiddelde scores te vergelijken waarbij onderscheid werd gemaakt tussen kinderen met een CI met een spraakverstaanscore in ruis lager dan 69% en kinderen met een CI met een spraakverstaanscore in ruis hoger dan 69%. In

het huidige onderzoek werd geen verschil gevonden tussen deze twee groepen op de geheugentaken ( $p > 0.05$ ) en de PPVT-III-NL ( $F(1,24) = 1.93$ ,  $p = 0.178$ ).

#### 4.7 Correlaties tussen de geheugentaken, taalbegrip en spraakverstaanscores bij kinderen met een CI

In Tabel 5 zijn de Pearson's correlaties te vinden tussen de geheugentaken, de PPVT-III-NL en de spraakverstaanscores in ruis van de CI groep. De Bree nonwoorden repetitietest (syllaben en fonemen) bleek niet significant te correleren met de andere geheugentaken, maar wel met de PPVT-III-NL scores (syllaben:  $r = 0.576$ ,  $p < 0.001$ , fonemen:  $r = 0.527$ ,  $p < 0.001$ ). Tussen de cijferreeks herhaaltaken van de CELF (CHV en CHA) en de Listening recall test werd wel een significante correlatie gevonden (CHV:  $r = 0.555$ ,  $p < 0.001$  CHA:  $r = 0.432$ ,  $p < 0.05$ ). Er werd geen correlatie gevonden tussen de PPVT-III-NL en de Listening recall test en de cijferreeks herhaaltaken (CHV en CHA). Er werden ook geen correlaties gevonden tussen de geheugentaken of de PPVT-III-NL en spraakverstaanscores in ruis.

Eenzelfde correlatie analyse uitgevoerd bij de NH groep geeft meer significante correlaties tussen de geheugentaken dan bij de CI groep. De Bree nonwoorden repetitietest (syllaben en fonemen) correleerde hier wel met andere geheugentaken: met de Listening recall test (syllaben:  $r = 0.435$ ,  $p < 0.05$ , fonemen:  $r = 0.364$ ,  $p < 0.05$ ) en de CHV taak (syllaben:  $r = 0.588$ ,  $p < 0.05$ , fonemen:  $r = 0.546$ ,  $p < 0.001$ ). De Listening recall test correleerde niet significant met de CHV en de CHA taak, in tegenstelling tot bij de CI groep. De correlaties tussen de WM taken van de NH kinderen zijn te vinden in Tabel 6.

*Tabel 5: correlaties tussen de geheugentaken, de PPVT-III-NL en spraakverstaanscores in ruis bij de CI groep*

|                         | Auditief werkgeheugen |       |        | Auditief korte termijngeheugen |              |             |                |
|-------------------------|-----------------------|-------|--------|--------------------------------|--------------|-------------|----------------|
|                         | Listening recall      | CHA   | CHV    | Bree syllaben                  | Bree fonemen | PPVT-III-NL | Spraak in ruis |
| <b>Listening recall</b> | -                     | ,432* | ,555** | ,395                           | ,314         | ,397        | ,018           |
| <b>CHA</b>              |                       | -     | ,812*  | ,086                           | ,087         | ,353        | -,064          |
| <b>CHV</b>              |                       |       | -      | -,017                          | -,015        | ,389        | ,106           |
| <b>Bree syllaben</b>    |                       |       |        | -                              | ,950**       | ,576**      | -,157          |
| <b>Bree fonemen</b>     |                       |       |        |                                | -            | ,527**      | -,254          |
| <b>PPVT-III-NL</b>      |                       |       |        |                                |              | -           | -,115          |
| <b>Spraak in ruis</b>   |                       |       |        |                                |              |             | -              |

\* Correlatie is significant bij  $p < 0.05$

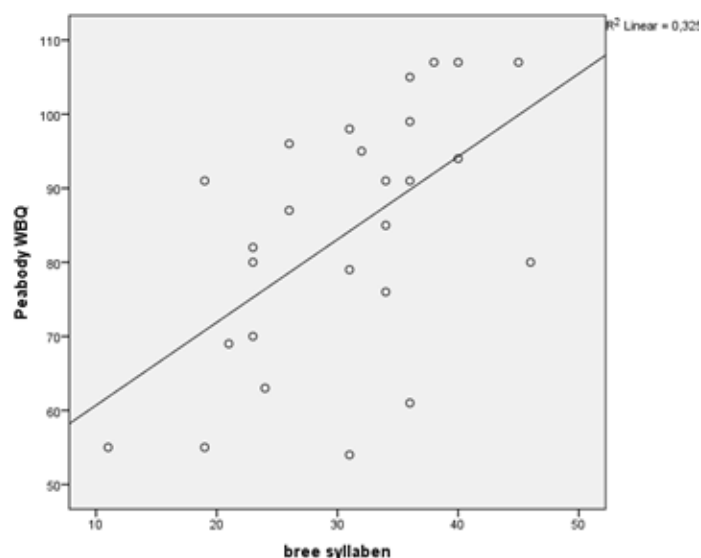
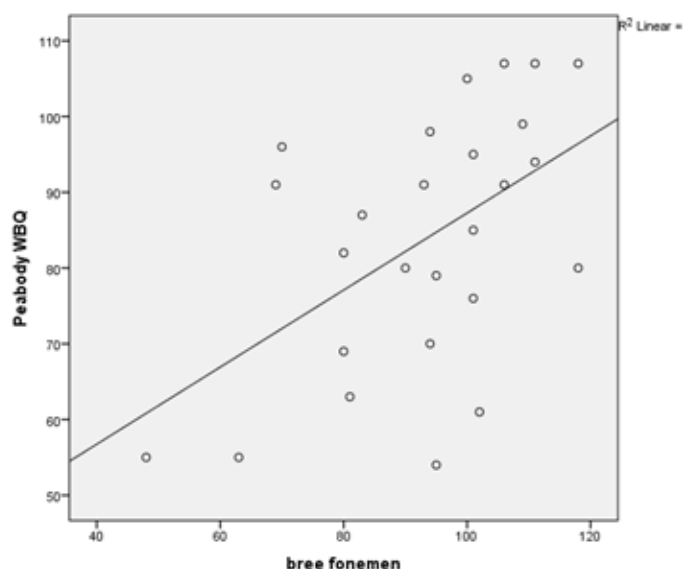
\*\* Correlatie is significant bij  $p < 0.01$

*Tabel 6: correlaties tussen de geheugentaken bij de NH groep*

|                  | Auditief werkgeheugen |      | Auditief korte termijngeheugen |               |
|------------------|-----------------------|------|--------------------------------|---------------|
|                  | Listening recall      | CHA  | CHV                            | Bree syllaben |
| Listening recall | -                     | ,023 | ,341                           | ,435*         |
| CHA              |                       | -    | ,418*                          | ,259          |
| CHV              |                       |      | -                              | -,588*        |
| Bree syllaben    |                       |      |                                | -             |
| Bree fonemen     |                       |      |                                |               |

\* Correlatie is significant bij  $p < 0.05$

\*\* Correlatie is significant bij  $p < 0.01$



*Figuur 3: scatterplots van correlaties tussen de geheugentaken en de PPVT-III-NL*

In Figuur 3 zijn de correlaties tussen de geheugentaken en de PPVT-III-NL in een grafiek te zien. Bij de Bree nonwoorden repetitietest (syllaben en fonemen) is een positieve regressielijn te zien tussen deze test en de scores op de PPVT-III-NL, zoals te verwachten was gezien de significante correlatie tussen de Bree nonwoord repetitietest en de PPVT-III-NL.

#### 4.8 Voorspellers taalbegrip

De mate van variantie veroorzaakt door de verschillende geheugentaken op de PPVT-III-NL scores werd bepaald aan de hand van multiple regressie analyses. De geheugentaken werden elk apart toegevoegd aan de voorspellers geslacht, type implantaat (uni- of bilateraal),

aanvang van doofheid (congenitaal of prelinguaal), leeftijd van implantatie (vóór of na het 3<sup>e</sup> levensjaar) en educatie (regulier of speciaal onderwijs). In Tabel 7 zijn de resultaten van de multiple regressie analyses weergegeven.

Uit de analyses bleek dat de score op de PPVT-III-NL test voor 44% te verklaren was uit de ingebrachte variabelen leeftijd, geslacht, type implantaat, aanvang van doofheid, leeftijd van implantatie en educatie, ( $F(5,20)=3.11$ ,  $p=0.031$ ). Kinderen in het reguliere onderwijs scoorden hoger op de PPVT-III-NL dan kinderen die in het speciaal onderwijs zitten ( $\beta=-0.590$ ,  $p=0.012$ ). De variabelen leeftijd, geslacht, type implantaat, aanvang van doofheid en leeftijd van implantatie hadden apart geen significant effect op de scores op de PPVT-III-NL ( $p>0.05$ ).

De drie korte termijngeheugentaken hadden een voorspellende waarde op de scores op de PPVT-III-NL. De Bree syllaben test bleek daarbij de beste voorspeller te zijn ( $\beta=.374$ ,  $p=0.019$ ). Met toevoeging van de Bree syllaben test aan de eerder genoemde variabelen werd de verklaarde variantie voor de scores op de PPVT-II-NL 54%.

*Tabel 7: voorspellende waarde van de geheugentaken op taalbegrip*

|                                | <b>Listening<br/>recall</b> | <b>Bree syllaben</b> | <b>Bree fonemen</b> | <b>CHV</b> | <b>CHA</b> |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|------------|------------|
| <b><math>\Delta R^2</math></b> | 0.436                       | 0.540*               | 0.531*              | 0.530*     | 0.448      |
| <b>p-waarde</b>                | 0.095                       | 0.013                | 0.015               | 0.015      | 0.054      |

\* Correlatie significant bij  $p<0.05$

## 5. CONCLUSIE

In dit onderzoek is gekeken of er een verschil bestaat in capaciteit van het auditief korte termijngeheugen en het auditief werkgeheugen tussen kinderen met een cochleair implantaat en normaal horende kinderen in de leeftijd van 6 tot 14 jaar en welke invloed leeftijd hierop heeft (hoofdvraag). De hypothese (hypothese 1) luidde dat de capaciteit van het auditief korte termijngeheugen en het auditief werkgeheugen van kinderen met een CI in de leeftijd van 6 tot 14 jaar kleiner is dan dat van normaal horende leeftijdgenootjes. Uit de resultaten is gebleken dat kinderen met een CI significant slechter presteren op korte termijngeheugentaken, gemeten aan de hand van herhalen van nonwoorden en een cijfer herhaaltaak (voorwaarts herhalen). Er werd geen verschil gevonden in capaciteit van het auditief werkgeheugen tussen kinderen met een CI en NH kinderen. De hypothese wordt deels aangenomen, aangezien is aangetoond dat de capaciteit van het auditief korte termijngeheugen van kinderen met een CI daadwerkelijk kleiner is dan de capaciteit van het auditief korte termijngeheugen NH kinderen. Ondanks een goed werkend auditief werkgeheugen hebben kinderen met een CI een zwak auditief korte termijngeheugen, zich uitend in fonologische verwerkingsproblemen.

Leeftijd bleek van invloed te zijn op de auditief werkgeheugencapaciteit van kinderen met een cochleair implantaat. Daarnaast was er ook een effect op de CHV taak, een auditief korte termijngeheugentaak. Oudere kinderen presteerden op deze taken significant beter dan jongere kinderen.

Daarnaast zijn een aantal onderzoeksvragen beantwoord. Zo is er een samenhang gevonden tussen het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en taalbegrip bij kinderen met een CI in de leeftijd van 6 tot 14 jaar (onderzoeksvraag 2). Aan de hand van correlatie analyses werd deze samenhang in kaart gebracht. Er werden correlaties gevonden tussen het auditief korte termijngeheugen en taalbegrip en tussen het auditief werkgeheugen (Listening recall test) en het auditief korte termijngeheugen (CHV). De relatie tussen het auditief werkgeheugen en het auditief korte termijngeheugen werd niet in alle testen gezien. Een correlatie tussen het auditief werkgeheugen en taalbegrip werd niet gevonden in dit onderzoek.

Er bestond een lineair verband tussen het herhalen van nonwoorden en taalbegrip. Een slechte nonwoord repetitie gaat samen met een laag taalbegrip. De hypothese dat een kleine capaciteit van het auditief korte termijngeheugen en het auditief werkgeheugen correleert met een laag taalbegrip (hypothese 2) wordt deels aangenomen. Er werd alleen een correlatie gevonden tussen het auditief korte termijngeheugen en taalbegrip, waarbij een lage score op de nonwoord repetitietest inderdaad samenging met een lage score op de PPVT-III-NL.

Spraakverstaanscores in ruis van kinderen met een CI hadden geen effect op het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en het taalbegrip. Betere spraakverstaanscores hebben geen gevolg voor de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen. De derde hypothese, welke luidde dat de capaciteit van het auditief korte termijngeheugen, het auditief werkgeheugen en het taalbegrip bij kinderen met spraakverstaanscores is ruis van onder de 69% kleiner zou zijn dan bij kinderen met spraakverstaanscores in ruis van 69% of hoger, is niet aangenomen.

Als laatste werd gekeken naar eventueel beïnvloedende factoren op het taalbegrip (onderzoeksvraag 4). De variabelen leeftijd, geslacht, type implantaat (bi- of unilateraal),

aanvang van doofheid (congenitaal of prelinguaal), leeftijd van implantatie (vóór of na het derde levensjaar) en educatie (regulier of speciaal onderwijs) verklaarde voor 59% de variantie in de scores op de PPVT-III-NL. Kinderen in het regulier onderwijs hadden een beter taalbegrip dan kinderen in het speciaal onderwijs, wat de evidentie voor de keuze voor regulier onderwijs sterker maakt. Het auditief korte termijngeheugen had een voorspellende waarde op het taalbegrip. Een beter taalbegrip gaat samen met een beter auditief korte termijngeheugen en andersom. De gebruikte auditief korte termijngeheugen taken geven dus een goede indicatie voor het taalbegrip van de kinderen met een CI. De laatste hypothese wordt ook aangenomen.

## 6. DISCUSSIE

In de discussie worden de gevonden resultaten nader besproken. De resultaten worden vergeleken met uitkomsten uit overeenkomstige onderzoeken, waarbij wordt bekeken of de huidige studie dezelfde of tegenstrijdige resultaten liet zien. Daarnaast zullen een aantal discussiepunten ten aanzien van deze studie aan bod komen. Ook worden er suggesties gedaan voor vervolgonderzoek op het gebied van het korte termijngeheugen en werkgeheugen.

### 6.1 Auditief korte termijn- en werkgeheugen

De capaciteit van het auditief korte termijngeheugen van kinderen met een CI is kleiner dan de capaciteit van normaal horende kinderen, wat overeenkomt met de bevindingen van Harris et al. (2013) en Pisoni en Clearly (2003). Harris et al. (2013) en Pisoni en Clearly (2003) vonden echter ook een verschil in capaciteit van het auditief werkgeheugen bij kinderen met een CI en NH kinderen, waarbij kinderen met een CI een kleinere werkgeheugencapaciteit hadden. In deze onderzoeken werd het auditief korte termijn- het werkgeheugen net zoals in het huidige onderzoek getest met een voor- en achterwaartse cijfer herhaaltaak. In dit huidige onderzoek werd geen verschil gevonden op het auditief werkgeheugen tussen kinderen met een CI en NH kinderen.

Opmerkelijk is dat de prestaties van de kinderen met een CI op de voorwaartse cijfer herhaaltaak (CHV) wél significant slechter waren dan de prestaties van normaal horende leeftijdgenootjes, maar dat er op de achterwaartse cijfer herhaaltaak (CHA) geen verschil werd gevonden tussen de twee groepen. Dit suggereert dat kinderen met een CI meer moeite hebben met een voorwaartse cijfer herhaaltaak dan met een achterwaartse cijfer herhaaltaak, wat ook terug te zien is in de percentages van de Kinderen met een CI die binnen de norm scoorde (zie Figuur 2, CHV: 38%, CHA: 77%). Dit is niet voor de hand liggend, aangezien een CHA taak een complexere taak is dan een CHV taak. Fagan et al. (2007) en Harris et al. (2013) vonden het tegenovergestelde, een verschil op de CHA taak en niet op de CHV tussen kinderen met een CI en NH kinderen.

Het feit dat de kinderen met een CI significant slechter scoorden op de Bree nonwoord repetitietest (syllaben en fonemen) dan de NH groep, geeft evidentie voor een mindere werking van de fonologische lus bij kinderen met een CI. De Bree nonwoord repetitietest is een auditief korte termijngeheugentaak, waarbij binnenkomende informatie tijdelijk vastgehouden moet worden. Het vasthouden van auditieve informatie gebeurt in de fonologische lus (Baddeley, 2007). Aangezien kinderen bij een nonwoord repetitietest geheel afhankelijk zijn van de fonologische structuur van het nonwoord, is het te verwachten dat kinderen met een CI slechter presteren op zo'n taak dan normaal horende kinderen. De auditieve input bij gebruik van een CI is vervormd en verzwakt in vergelijking met een normale werking van het gehoor, wat het analyseren van de fonologische structuur moeilijk maakt. Ook krijgen zij minder gesproken taal aanbod dan normaal horende kinderen (Nittrouer, Caldwell-Tarr & Lowenstein, 2013).

Aangezien de fonologische lus ook onderdeel uitmaakt van het werkgeheugen, zou te verwachten zijn dat de kinderen met een CI op de werkgeheugentaken ook significant slechtere prestaties lieten zien dan de NH groep. Dit was in deze studie niet het geval. Er werden geen verschillen gevonden op de werkgeheugentaken tussen kinderen met een cochleair implantaat en normaal horende kinderen. De kleine range van scores (0 tot 5) kan eventueel van invloed zijn geweest op het niet vinden van een verschil tussen de CI en de NH

groep op de Listening recall test. Een kleine range in scores zorgt, ook bij de NH groep, voor een relatief grote standaarddeviatie ( $M=2.79$   $Sd=0.72$ ). De range waarbinnen een score van de kinderen met een CI als normaal werd gezien was hierdoor relatief groot, wat het vinden van een noemenswaardig verschil in scores niet bevordert.

## **6.2 Samenhang auditief korte termijngeheugen en taalbegrip**

Net zoals in de studies van Blake, Austin, Cannon, Lisus en Vaughan (1994) en Gathercole (2006) werd een in deze studie een relatie gevonden tussen het auditief korte termijngeheugen en taalbegrip bij kinderen met een CI. Het herhalen van nonwoorden staat in lineair verband met taalbegrip. Dit betekent dat een toename in scores op de Bree nonwoord repetitietest samenhangt met een hoger WBQ (woordbegripsquotiënt) op de PPVT-III-NL en andersom. De Bree nonwoord repetitietest bleek alleen te correleren met de PPVT-III-NL en niet met de andere geheugentaken. Dit geeft aan dat een afwijkende score op de Bree nonwoord repetitietest (positief of negatief) niet in relatie staat tot eenzelfde afwijkende score op een andere geheugentaak. Tussen de andere geheugentaken (Listening recall test, CHV en CHA) en het taalbegrip (PPVT-III-NL) werden geen significante correlaties gevonden. Kronenberger et al. (2012) stelde dat verschillende auditieve korte termijn- en werkgeheugentaken gerelateerd zijn aan verschillende linguïstische vaardigheden, niet alleen aan het taalbegrip. Wanneer in eenzelfde studie als de huidige ook andere linguïstische vaardigheden worden meegenomen, wordt mogelijk een correlatie gevonden tussen korte termijn- en werkgeheugentaken en deze linguïstische vaardigheden.

## **6.3 Voorspellers van taalbegrip**

Het herhalen van nonwoorden bleek de beste voorspeller te zijn voor taalbegrip. Dit komt overeen met bevindingen van Gathercole (2006), die stelde dat nonwoord repetitie een voorspellende waarde heeft op taalbegrip. Een slechte nonwoord repetitie duidt op een verminderde fonologische verwerking. Aangezien een goed werkend fonologisch systeem belangrijk is bij het leren van nieuwe woorden, is het niet verwonderlijk dat een slechte nonwoord repetitie samenhangt met een laag taalbegrip. De variabelen leeftijd, geslacht, type implantaat (uni- of bilateraal), aanvang van doofheid (congenitaal of prelinguaal), leeftijd van implantatie (vóór of na het 3<sup>e</sup> levensjaar) en educatie (regulier of speciaal onderwijs) verklaarde voor 44% de taalbegripscores. Uit onderzoek van Pisoni en Clearly (2003) bleek dat zulke variabelen 40% tot 65% van de scores op taaltesten voorspellen bij kinderen met een CI. Deze studie sluit goed bij de bevindingen van Pisoni en Clearly (2003) aan.

## **6.4 Correlaties tussen de geheugentaken**

Bij de kinderen met een CI correleerde de Listening recall test, een auditief werkgeheugentaak, met één van de twee auditief korte termijngeheugentaken. Er werd wel een correlatie gevonden tussen de Listening recall test en de CHV taak, maar niet tussen de Listening recall test en de Bree nonwoord repetitietest. Bij de NH groep werd deze correlatie (tussen de Listening recall test en de Bree nonwoord repetitietest) wel gevonden. Een vondst van een correlatie tussen het auditief werkgeheugen en het auditief korte termijngeheugen is niet verrassend, aangezien zowel het auditief korte termijngeheugen als het auditief werkgeheugen een beroep doen op de fonologische lus voor het vasthouden van binnenkomende informatie.

Daarnaast werd bij de NH groep geen correlatie gevonden tussen de twee werkgeheugentaken (Listening recall test en CHA taak), maar bij de CI groep wel. Het feit dat er bij deze twee taken een verschillende auditieve input wordt gegeven, woorden bij de Listening recall test en cijfers bij de CHA taak, kan een aanleiding zijn waarom er geen correlatie tussen de twee taken werd gevonden bij de NH groep.

## 6.5 Taalbegrip

In deze studie werd geen verschil gevonden op taalbegrip tussen de CI groep en de NH groep. 54% van de kinderen met een CI scoorde binnen de norm (zie Figuur 2). Dit komt overeen met bevindingen van Soleymani, Mahmoodabi en Nouri (2016), die een algehele achterstand in taalontwikkeling vonden bij kinderen met een CI (leeftijd 5, 5.5 jaar) in vergelijking met normaal horende leeftijdgenootjes. Er werd geen verschil gevonden tussen de groepen, maar de lagere testscores op de Test of Language Development (Hammil & Newcomer, 2008) van de CI groep suggereerde wel een achterstand in taalontwikkeling.

Löfkvist, Almkvist, Tyxll en Tallberg (2014) vonden wel een verschil in taalbegrip tussen kinderen met een CI en NH kinderen in de leeftijd van 5.6 tot 9 jaar, gemeten met de PPVT-III-NL (Dunn & Dunn, 2006). In de studie van Löfkvist et al. (2014) namen meer kinderen met een CI deel (n=39) dan aan de studie van Soleymani et al. (2016, n=18), wat te maken kan hebben met het verschil in uitkomst in de studies. De meerderheid van de kinderen met een CI zat in het regulier onderwijs (n=27).

## 6.6 Gebruikte testen

Ook aangaande de gebruikte testen zijn er een aantal discussiepunten die tijdens de afnames naar voren kwam. Bij het opstellen van de testbatterij werd een keuze gemaakt tussen de aangepaste versie van de Listening recall test van Baayen (2015) en de originele versie van Geers, Pisoni en Brenner (2013). Aangezien Baayen (2015) de Listening recall test had aangepast voor het gebruik voor 4 tot 8 jarige kinderen, werd een proefafname gehouden bij twee negenjarige kinderen om te kijken of deze versie inderdaad geschikt was voor een doelgroep van 7 tot 14 jaar. Aangezien de kinderen van 9 jaar nog geen maximale score behaalde (score 3) kon deze versie van de Listening recall test goed gebruikt worden voor het onderzoek. Baayen (2015) stelde eerder al dat deze versie van de Listening recall test beter aan zou sluiten bij oudere kinderen (ouder dan in haar studie).

Tijdens de afname bleek dat sommige kinderen met een CI moeite hadden met de uitleg van de test. Het kwam twee keer voor dat een kind het woord 'dier' herhaalde als één van de twee woorden die herhaald moesten worden. Dit gebeurde nog bij de oefenitems, dus had geen invloed op de score. De kinderen waarbij dit gebeurde bleken allebei een WBQ van lager dan 70 te hebben op de PPVT-III-NL, waaruit blijkt dat hun taalbegrip op een laag niveau ligt.

De Bree nonwoord repetitietest bleek een geschikte test om het auditief korte termijngeheugen, en hiermee de fonologische lus, te testen. Een discussiepunt hier is dat de nonwoorden bij elk kind mondeling werden aangeboden, waarbij mogelijk niet iedereen precies hetzelfde aanbod heeft gekregen. Voor een zo optimaal mogelijke interactie met het kind is ervoor gekozen de items mondeling aan te bieden. Voorafgaand aan de afnames zijn de nonwoorden geoefend door de testleidster, maar toch kunnen er minieme verschillen hebben gezeten in het mondelinge aanbod bij de verschillende kinderen. Dit zou objectiever kunnen worden gemaakt wanneer een tweede persoon verschillende opnames van de Bree nonwoord repetitietest, uitgesproken door de testleidster, beoordeeld op gelijkenis van de lijsten in spraak en klemtoon.

Naast het geluidsaanbod zijn er nog een aantal discussiepunten te noemen over de Bree nonwoord repetitietest. Het meest opvallend is de grote spreiding van scores rondom het gemiddelde bij de CI groep, waarbij deze standaarddeviatie groter is dan bij de NH kinderen. Binnen de CI groep kwam het 5 keer voor dat het kind een woord herhaalde en er ook geen poging deed. In dat geval werd een item overgeslagen, wat een grote invloed heeft op de uiteindelijke score. Bij 1 kind kwam het zelfs voor dat hij twee keer een nonwoord niet

herhaalde, maar op de andere woorden nagenoeg maximaal scoorde. Dit geeft een vertekening van de uiteindelijke scores. Een eventuele oplossing zou zijn om deze kinderen te excluderen op de Bree nonwoord repetitietest (zowel syllaben als fonemen), maar op deze relatief kleine onderzoeksgroep is dat niet verstandig. Bij een grotere groep zou het excluderen van deelnemers op bepaalde testen wel mogelijk zijn, zonder dat de betrouwbaarheid afneemt.

Bij de kinderen met een CI was meer aanmoediging nodig om de test te volbrengen dan bij de NH kinderen. Ook werden er door zowel de CI als de NH kinderen verschillende fonologische verwisselingen gemaakt bij het nazeggen van de nonwoorden. Zo werd *soe fuu teem* [su-fy-tem] uit het item *hie peu soe fuu teem* [hi-pø-'su-fy-tem] vaak herhaald als *toe foe seem* [tu-fu-sem]. De klanken uit het nonwoord werden juist onthouden, maar de volgorde werd omgedraaid. In dit voorbeeld is ook een herhaling te zien, waarbij de diftong *oe* [u] in de tweede lettergreep wordt herhaald.

Er moet een aantal algemene discussiepunten genoemd worden aangaande deze studie. Ten eerste zijn de resultaten verkregen aan de hand van een groep van 26 kinderen met een cochleair implantaat of cochleaire implantaten. Een groter aantal kinderen in de testgroep zou de resultaten qua betrouwbaarheid sterker maken. Daarnaast zijn de inclusiecriteria erg breed, aangezien het in praktijk onhaalbaar was om deze aan te scherpen. De kinderen werden tijdens hun jaarlijkse controles onderzocht in het kader van de standaard evaluatie nu cochleaire implantatie, wat betekende dat de doelgroep beperkt bleef tot de kinderen in de leeftijdsklasse van 6 tot 14 jaar die in de maanden april, mei en juni 2017 de afdeling Hearing & Implants in het Radboudumc bezochten. Wanneer inclusiecriteria erg scherp waren opgesteld, werd het onmogelijk een voldoende grote groep te vinden voor dit onderzoek. De huidige onderzoeksgroep was niet homogeen, gekeken naar verschillende variabelen zoals type implantaat (uni- of bilateraal), geslacht en educatie. Het gebruik van specifiekere inclusiecriteria zal leiden tot een meer homogene groep, wat de betrouwbaarheid van een studie verhoogd. Deze punten kunnen invloed hebben gehad op de uitkomsten van dit onderzoek.

In de onderzoeksgroep zaten twee kinderen die in vergelijking met de anderen relatief laat hun eerste CI kregen, op 10,7 jaar en op 6,6 jaar. Wanneer deze kinderen werden geëxcludeerd zou het inclusiecriteria leeftijd van implantatie van het eerste CI op vóór 7 jaar worden gesteld. Echter, na opnieuw draaien van de analyses bleek dit geen invloed op de resultaten te hebben. Daarom zijn deze twee laat geïmplanteerde kinderen in de onderzoeksgroep gehouden.

Een aspect waar nog op gecontroleerd zou kunnen worden is bijvoorbeeld het gebruik van ondersteunende gebaren bij gesproken taal (Nederlands met Gebaren, totale communicatie) of het gebruik van de Nederlandse Gebarentaal. Interessant is te weten hoe groot het aanbod is van Nederlands met Gebaren of de Nederlandse Gebarentaal aan deze kinderen. Het gebruik van gebaren heeft invloed op taalvaardigheden (Schaerlaekens, 2008), omdat zij naast auditieve input ook visuele input krijgen voor de communicatie. Van de 26 kinderen met een CI die meededen aan dit onderzoek zaten er 4 kinderen zaten op speciaal onderwijs waar Nederlands met Gebaren werd ingezet. 2 kinderen zaten op speciaal onderwijs waar de Nederlandse Gebarentaal met Nederlands met Gebaren werd gecombineerd. In dit onderzoek vielen deze kinderen niet uit op de testen in vergelijking met de kinderen die gesproken onderwijs volgden, maar vanwege deze kleine groep kan hier verder geen uitspraak over worden gedaan.

Tot slot werden de kinderen uit de controlegroep niet getest op hun gehoordrempels. Gebaseerd op de studie van Fonseca, Forsyth en Neary (2005) werd aangenomen dat de kinderen uit de controlegroep daadwerkelijk normaal horend waren.

## 7. AANBEVELINGEN

In dit onderzoek werd een verschil gevonden in capaciteit van het auditief korte termijngeheugen tussen kinderen met een cochleair implantaat en normaal horende kinderen in de leeftijd van 6 tot 14 jaar. Er werd geen verschil gevonden in capaciteit van het auditief werkgeheugen tussen de groepen. De relatief kleine groepsgrootte en het hebben van een heterogene onderzoeksgroep zou een factor kunnen zijn in deze uitkomst. Een volgend onderzoek naar de capaciteit van het auditief korte termijn- en werkgeheugen zal uitgevoerd moeten worden met een grotere en homogene onderzoeksgroep om een betrouwbaarder resultaat te vinden.

Daarnaast zou het interessant zijn naast de relatie tussen taalbegrip en het auditief korte termijn- en werkgeheugen ook de relatie met expressieve taalvaardigheden in kaart te brengen. Samen met de relatie met taalbegrip geeft dit een compleet beeld van de relatie tussen het auditief korte termijn- en werkgeheugen en taalvaardigheden (receptief en expressief). De testen kunnen in een vervolgonderzoek opnieuw afgenomen worden, of er kan gewerkt worden met de bestaande gegevens welke worden aangevuld met de scores op een expressieve taaltest bij dezelfde kinderen.

In deze studie is alleen gekeken naar het auditief korte termijn- en werkgeheugen. Vervolgonderzoek zou kunnen ingaan op het verschil in capaciteit van het visueel korte termijn- en werkgeheugen bij kinderen met een CI en normaal horende kinderen. Er zijn weinig studies die ingaan op de visuele modaliteit van het korte termijn- en werkgeheugen bij kinderen met een CI. In het dagelijks leven en op school is zowel het auditief als het visueel korte termijn- en werkgeheugen erg belangrijk. Kinderen moeten afbeeldingen en geschreven teksten goed kunnen analyseren om de informatie te begrijpen. Ook het gebruik van Nederlands met Gebaren en de Nederlandse Gebarentaal doet een beroep op het visueel korte termijn- en werkgeheugen. Wanneer bekend is dat het visueel korte termijn- en/of werkgeheugen niet goed functioneert, kan overgestapt worden op een andere modaliteit (auditief) bij dat specifieke kind. Een eventueel onderzoek op dit gebied kan vergeleken worden met de resultaten uit de huidige studie, om te bekijken of een verschil in capaciteit van het korte termijn- en werkgeheugen bij CI en NH kinderen modaliteit gebonden is.

Vervolgonderzoek zou dus gericht kunnen zijn op expressieve taalvaardigheden als uitkomstmaat en op de visuele modaliteit van het korte termijn- en werkgeheugen.

## 8. REFERENTIES

- Baayen, T.** (2015). The Effect of Working Memory Capacity on Language Performance in Children with Cochlear Implants (Master's thesis).
- Baddeley, A.** (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2).
- Baddeley, A.** (2007). Working memory, thought and action. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A., & Hitch, G.** (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.) *Recent Advances in Learning and Motivation*, 8, 47-89. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Logie, R.** (1999). Working memory: The multiple component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp.28–61). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Blake, J., Austin, W., Cannon, M., Lisus, A., Vaughan, A.** (1994). The relationship between memory span and measures of imitative and spontaneous language complexity in preschool children. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 91-107.
- Boons, T., Brokx, J. P. L., Dhooge, I., Frijns, J. H. M., Peeraer, L., Vermeulen, A., ... Van Wieringen, A.** (2012). Predictors of Spoken Language Development Following Pediatric Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 33, 627-639. doi: 10.1097/AUD.0b013e3182503e47
- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P.** (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 60B(5), 223-233.
- Burkholder, R. A., Pisoni, D. B.** (2003). Speech timing and working memory in profoundly deaf children after cochlear implantation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85, 63-88. doi:10.1016/S0022-0965(03)00033-X
- Cowan, N.** (2000). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-185. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>.
- Cowan, N.** (2005). Working Memory capacity. Hove, East Sussex, UK: Psychology Press
- Cowan, N.** (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323-338. doi:10.1016/S0079-6123(07)00020-9.
- Cowan, N.** (2010). The Magical Mystery Four: How is Working Memory Capacity Limited, and Why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51-57. doi: 10.1177/0963721409359277.
- Cowan, N., Morey, C.C., AuBuchon, A.M., Zwilling, C.E., & Gilchrist, A.L.** (2010). Seven-year-olds allocate attention like adults unless working memory is overloaded. *Developmental Science*, 13(1), 120–133. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00864.x.
- De Bree, E., Rispens, J., & Gerrits, E.** (2007). Non-word repetition in Dutch children with (a risk of) dyslexia and SLI. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 21(11-12), 935-944. <http://dx.doi.org/10.1080/02699200701576892>
- Dunn, L. & Dunn, L.** (2006). Peabody Picture Vocabulary Test. Pearson: Antwerpen
- Eisenberg, L. S., Kirk, K. I., Martinez, A. S., et al.** (2004). Communication abilities of children with aided residual hearing: comparison with cochlear implant users. *Archives of otolaryngology-head & neck surgery*, 130(5), 563–569.
- Fagan, M. K., Pisoni, D. B., Horn, D. L., & Dillon, C. M.** (2007). Neuropsychological correlates of vocabulary, reading, and working memory in deaf children with cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(4), 461-471. <https://doi.org/10.1093/deafed/enm023>
- Fenson, L., Marchman, V. A., Thal, D., Bates, E., & Dale, P. S.** (2006). *The MacArthur-Bates Communicative Development Test*. Baltimore: Brooks Publishing Co
- Fonseca, S., Forsyth, H., & Neary, W.** (2005). School hearing screening programme in the UK: practice and performance. *Archives of disease in childhood*, 90(2), 154-156. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.2003.046979>

- Gallego, C., Martin-Aragoneses, M. T., Lopez-Higes, R., & Pison, G.** (2016). Semantic and syntactic reading comprehension strategies used by deaf children with early and late cochlear implantation. *Res Dev Disabil*, 49-50, 153-170. doi: 10.1016/j.ridd.2015.11.020
- Gathercole, S.E., & Pickering, S.J.** (2000). Assessment of Working Memory in Six- and Seven- Year-Old Children. *Journal of Educational Psychology*, 92(2), 377-390. DOI: 10.1037//0022-0663.92.2.377
- Gathercole, S. E.** (2006). Nonword repetition and word learning: The nature of the relationship. *Applied Psycholinguistics*, 27(4) , 513-543. DOI: 10.1017/S0142716406060383
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H.** (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40 (2), 177-190. DOI: 10.1037/0012-1649.40.2.177.
- Geers, A, E. (2002).** Factors affecting the development of speech, language, and literacy in children with early cochlear implantation. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 33, 172-183. doi:10.1044/0161-1461(2002/015)
- Geers, A. E., Nicholas, J. G., Sedey, A. L.** (2003). Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 46S–58S. DOI: 10.1097/01.AUD.0000052759.62354.9F
- Geers, A. E., Pisoni, D. B., Brenner, C.** (2013). Complex working memory span in cochlear implanted and normal hearing teenagers. *Otology & Neurotology*, 34, 396-401. Doi: 10.1097/MAO.0b013e318277a0cb
- Geers, A., Tobey, E., Moog, J., Brenner, C.** (2008). Long-term outcomes of cochlear implantation in the preschool years: from elementary grades to high school. *International Journal of Audiology*, 47(2) , S21–S30. <http://dx.doi.org/10.1080/14992020802339167>
- Gosselin, P. A., & Gagne, J. P.** (2011). Older adults expend more listening effort than young adults recognizing audiovisual speech in noise. *Int J Audiol*, 50(11), 786-792. doi: 10.3109/14992027.2011.599870
- Halford, G.S., Cowan, N., & Andrews, G.** (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: A new hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(6), 236–242. doi:10.1016/j.tics.2007.04.001
- Hammill, D. D., & Newcomer, P. L.** (2008). *Test of Language Development-Primar*. New York: Pearson
- Harris, M. S., Kronenberger, W. G., Gao, S., Hoen, H. M., Miyamoto, R. T., & Pisoni, D. B.** (2013). Verbal short-term memory development and spoken language outcomes in deaf children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 34, 179-192. Doi:10.1097/AUD.0b013e318269ce50
- Holt, R. F., & Svirsky, M. A.** (2008). An Exploratory Look at Pediatric Cochlear Implantation: Is Earliest Always Best? *Ear & Hearing*, 29(4), 492-511. DOI: 10.1097/AUD.0b013e31816c409f
- Hoog, de, B.E.** (2017). *Spoken Language Development in children with cochlear implants* (Proefschrift).
- Kaplan, E.F., Goodglass, H. & Weintraub, S.** (1983). *The Boston Naming test (2nd edition)*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Kiese-Himmel, C.** (2008). Receptive (aural) vocabulary development in children with permanent bilateral sensorineural hearing impairment. *The Journal of Laryngology and Otology*, 122, 458-465. doi:10.1017/S0022215107000321
- Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., Harris, M. S., Hoen, H. M., Xu, H., & Miyamoto, R. T.** (2012). Profiles of verbal working memory growth predict speech and language development in children with cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56, 805-825. DOI: 10.1044/1092-4388(2012/11-0356)
- Langereis, M., & Vermeulen, A.** (2015). School performance and wellbeing of children with CI in different communicative educational environments. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(6), 834-839. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.03.014>

- Löfkvist, U., Almkvist, O., Lyxell, B., Tallberg, I.M.** (2014). Lexical and semantic ability in groups of children with cochlear implants, language impairment and autism spectrum disorder. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 78(2), 253–263. <http://dx.doi.org.ru.idm.oclc.org/10.1016/j.ijporl.2013.11.017>
- Moberly, A. C., Lowenstein, J. H., & Nittrouer, S.** (2016). Early Bimodal Stimulation Benefits Language Acquisition for Children With Cochlear Implants. *Otol Neurotol*, 37(1), 24-30. doi: 10.1097/MAO.0000000000000871
- Nittrouer, S., Caldwell-Tarr, A., Lowenstein, J. H.** (2013). Working memory in children with cochlear implants: problems are in storage, not processing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, 1886-1898.
- Ohlenforst, B., Zekveld, A. A., Jansma, E. P., Wang, Y., Naylor, G., Lorens, T., ..., Kramer, E. S.** (2017). Effect of Hearing Impairment and Hearing Aid Amplification on Listening Effort: A Systematic Review. *Ear & Hearing*, 38(3), 267-281. doi: 10.1097/AUD.0000000000000396
- Ouellet, C., Cohen. H.** (1999). Speech and language development following cochlear implantation. *Journal of Neurolinguistics*, 12, 271-288. [http://dx.doi.org.ru.idm.oclc.org/10.1016/S0911-6044\(99\)00018-4](http://dx.doi.org.ru.idm.oclc.org/10.1016/S0911-6044(99)00018-4)
- Ouellet, C., Le Normand M.T., & Cohen, H.** (2001). Language evolution in children with cochlear implants. *Brain and Cognition*, 46(1-2), 231-5. [http://dx.doi.org.ru.idm.oclc.org/10.1016/S0278-2626\(01\)80073-7](http://dx.doi.org.ru.idm.oclc.org/10.1016/S0278-2626(01)80073-7)
- Peters, H., Bastiaanse, Y. R. M., Jansonijs-Schultheiss K., & van der Meulen, S.J.** (2006). *Handboek Stem-, Spraak, Taalpathologie*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum
- Pickering, S. J., & Gathercole, S. E.** (2001). *Working Memory Test Battery for Children*. London: Psychological Corporation.
- Pisoni, D. B., & Cleary, M.** (2003). Measures of working memory span and verbal rehearsal speed in deaf children after cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24, 106S-120S. DOI: 10.1097/01.AUD.0000051692.05140.8<sup>E</sup>
- Pisoni, D., Kronenberger, W., Roman, A., Geers, A.** (2011). Measures of digit span and verbal rehearsal speed in deaf children following more than 10 years of cochlear implantation. *Ear & Hearing*, 32(1), 60s. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3181ffd5b5
- Rakerd, B., Seitz, P. F., & Whearty, M.** (1996). Assessing the cognitive demands of speech listening for people with hearing losses. *Ear & Hearing*, 17(2), 97-106.
- Reave, de, L.** (2014). *Peadiatric Cochlear Implantation: outcomes and current trends in education and rehabilitation* (Proefschrift).
- Rinaldi, P., Baruffaldi, F., Burdo, S., & Caselli, M.C.** (2013). Linguistic and pragmatic skills in toddlers with cochlear implant. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 48(6), 715–725. <http://dx.doi.org/10.1111/1460-6984.12046>
- Schaerlaekens, A.** (2008). *De taalontwikkeling van het kind*. Houten: Noordhoff uitgevers
- Schearleakens, A., Kohnstamm, D., Lejaegere, M.** (1999). *Streefwoordenlijst voor zesjarigen*. Pearson: Antwerpen
- Semel, E., Wiig, E. H., & Secord, W. A.** (2004). *Clinical evaluation of language fundamentals, fourth edition—Screening test* (CELF-4 screening test). Toronto, Canada: The Psychological Corporation/A Harcourt Assessment Company.
- Soleymani, Z., Mahmoodabadi, N., Nouri, M.M.** (2016). Language skills and phonological awareness in children with cochlear implants and normal hearing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 83, 16-21. <http://dx.doi.org.ru.idm.oclc.org/10.1016/j.ijporl.2016.01.013>
- Spitzberg, B. H.** (1995). *Conversational Skills Rating Scale: An instructional assessment of interpersonal competence*. Washington DC: National Communication Association
- Steel, M. M., Papsin, B. C., & Gordon, K. A.** (2015). Correction: Binaural Fusion and Listening Effort in Children Who Use Bilateral Cochlear Implants: A Psychoacoustic and Pupillometric Study. *PLoS One*, 10(10), e0141945. doi: 10.1371/journal.pone.0141945

**Willis, S., Goldbart, J., & Stansfield, J.** (2014). The strengths and weaknesses in verbal short-term memory and visual working memory in children with hearing impairment and additional language learning difficulties. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 78(7), 1107-1114. doi: 10.1016/j.ijporl.2014.04.025

## Bijlage 1: Listening recall test

### Instructie

Ik ga een aantal woorden zeggen. Jij moet deze woorden heel goed onthouden. Bij elk woord vraag ik of het woord een dier was. Daarna mag jij de woorden nog een keer herhalen, in dezelfde volgorde als dat ik ze heb gezegd. Zullen we het eens proberen?

### Oefenitems:

1. Spin Is dit een dier?  
2. Muts Is dit een dier?  
Recall: Spin - Muts

1. Traan Is dit een dier?  
2. Bloem Is dit een dier?  
3. Mier Is dit een dier?  
Recall: Traan – Bloem – Mier

1. Buik Is dit een dier?  
2. Hert Is dit een dier?  
Recall: Buik – Hert

| <u>Woord</u> | <u>Is dit een dier?</u> | <u>Correcte recall</u>     | <u>Antwoord</u> |
|--------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1. Deur      | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Aap       | ja/nee                  | Deur – Aap                 | .....           |
| 1. Ei        | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Broek     | ja/nee                  | Ei – Broek                 | .....           |
| 1. Kat       | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Neus      | ja/nee                  | Kat – Neus                 | .....           |
| 1. Muis      | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Fiets     | ja/nee                  |                            |                 |
| 3. Stoel     | ja/nee                  | Muis – Fiets – Stoel       | .....           |
| 1. Trui      | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Hond      | ja/nee                  |                            |                 |
| 3. Vis       | ja/nee                  | Trui – Hond – Vis          | .....           |
| 1. Fruit     | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Zee       | ja/nee                  |                            |                 |
| 3. Paard     | ja/nee                  | Fruit – Zee – Paard        | .....           |
| 1. School    | ja/nee                  |                            |                 |
| 2. Koe       | ja/nee                  |                            |                 |
| 3. Slang     | ja/nee                  |                            |                 |
| 4. Bos       | ja/nee                  | School – Koe – Slang – Bos | .....           |

|           |               |                                 |       |
|-----------|---------------|---------------------------------|-------|
| 1. Eend   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 2. Zand   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 3. Pen    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 4. Tand   | <b>ja/nee</b> | Eend – Zand – Pen – Tand        | ..... |
| 1. Sok    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 2. Taart  | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 3. Schaap | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 4. Zus    | <b>ja/nee</b> | Sok – Taart – Schaap – Zus      | ..... |
| 1. Juf    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 2. Hand   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 3. Bal    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 4. Wesp   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 5. Rups   | <b>ja/nee</b> | Juf – Hand – Bal – Wesp – Rups  | ..... |
| 1. Bed    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 2. Leeuw  | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 3. Mond   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 4. Vork   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 5. Dak    | <b>ja/nee</b> | Bed – Leeuw – Mond – Vork – Dak | ..... |
| 1. Wip    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 2. Zon    | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 3. Geit   | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 4. Brood  | <b>ja/nee</b> |                                 |       |
| 5. Duif   | <b>ja/nee</b> | Wip – Zon – Geit – Brood – Duif | ..... |

## Bijlage 2 : De Bree nonwoord repetitietest

Ik ga nu steeds een woord zeggen wat jij mag nazeggen, maar het zijn gekke woorden. Ze bestaan niet (uit een ander land). Eerst oefenen we er een paar.

| Nr | Oefen items                                  |              |                     |                    |
|----|----------------------------------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| a  | toes [tus]                                   |              |                     |                    |
| b  | Jui-FOOT<br>[jœy-'fot]                       |              |                     |                    |
| c  | Jee-MUI-boo-vaus [je-'mœy-bo-vaʊs]           |              |                     |                    |
|    | Test items                                   | Transcriptie | Ruwe score syllaben | Ruwe score fonemen |
| 1  | Feu-PAAN<br>[fø-'pan]                        |              | 0 1 2               |                    |
| 2  | Suu-TAU-mief [sy-'taʊ-mif]                   |              | 0 1 2 3             |                    |
| 3  | Jie-NOES<br>[ji-'nus]                        |              | 0 1 2               |                    |
| 4  | Puu-SOE-dau-jien [py-'su-dau-jin]            |              | 0 1 2 3 4           |                    |
| 5  | Foo-nei-WUI-soe-taam<br>[fo-nɛi-'wœy-su-tam] |              | 0 1 2 3 4 5         |                    |
| 6  | Joe-SEE-waup [ju-'se-waʊp]                   |              | 0 1 2 3             |                    |
| 7  | Wuu-taa-MOO-bee-juin<br>[wy-ta-'mo-be-jœyn]  |              | 0 1 2 3 4 5         |                    |
| 8  | Hie-JEE-muu-teip<br>[hi-'je-my-tɛip]         |              | 0 1 2 3 4           |                    |
| 9  | Waa-DUIS<br>[wa-'dœys]                       |              | 0 1 2               |                    |
| 10 | Bee-POE-taa-muuf [be-'nu-ta-mvɸ]             |              | 0 1 2 3 4           |                    |
| 11 | Soo-TEIF<br>[so-'tɛif]                       |              | 0 1 2               |                    |
| 12 | Baa-woo-VUU-jie-zaun<br>[ba-wo-'vy-ji-zaʊn]  |              | 0 1 2 3 4 5         |                    |
| 13 | Too-PEU-sie-woem [to-'pø-si-wum]             |              | 0 1 2 3 4           |                    |
| 14 | Doo-LIE-neif [do-'li-nɛif]                   |              | 0 1 2 3             |                    |
| 15 | Hie-peu-SOE-fuu-teem [hi-pø-'su-fy-tem]      |              | 0 1 2 3 4 5         |                    |
| 16 | Waa-FIJ-sien [wa-'fɛi-sin]                   |              | 0 1 2 3             |                    |
|    |                                              | Totaal       | /56                 | /128               |
|    |                                              | Percentage   |                     |                    |