

## Evaluatie Kinderhoortest

**April 2016**

**Uitgevoerd in opdracht van:**



Datum	April 2016
Versie	5.1
Status	Eindversie
Auteurs	Marya Sheikh Rashid, MSc, AMC Prof.dr.ir. Wouter A. Dreschler, AMC Dr.ir. Jan A.P.M. de Laat, LUMC
Met dank aan	Marlies Oomen, LUMC/KU-Leuven Emilie Heuinck, LUMC/KU-Leuven Jiska Braakman, LUMC/Windesheim Kristy Heiligenberg, LUMC/Windesheim Marjon Meijering, LUMC/Windesheim Zicht Online Koningin Wilhelminaschool, te Rijnsburg Nationale Hoorstichting
Trefwoorden	Kinderhoortest, kinderen, spraak-in-ruis, basisschool, screening
Opmerkingen	Een evaluatie van de Kinderhoortest onder normaalhorende kinderen in de leeftijd van 5-12 jaar.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	1
1. Introductie.....	3
2. Doelstelling van de studie .....	4
3. Methodologie .....	5
3.1. Beschrijving van de Kinderhoortest .....	5
3.2. Studiepopulatie .....	6
3.3. Werving .....	6
3.4. Meetprocedure .....	6
3.5. Apparatuur .....	7
3.6. Data analyse .....	7
4. Resultaten.....	9
4.1. Onderzoeksdelenemers.....	9
4.2. Exploratieve data-analyse .....	9
4.3. Correlatie SRT resultaten met het toonaudiogram.....	12
4.4. Klassikale afname (desktop versie) .....	12
4.5. Individuele afname (desktop en mobiele versie).....	13
4.5.1. <i>Effect van leeftijd</i> .....	13
4.5.2. <i>Effect van manier van afname (conditie)</i> .....	13
4.5.3. <i>Effect van volgorde van afname</i> .....	13
4.6. De SRT-verschuiving per leeftijdsjaar en vergelijking van de verschillende afnames.....	13
4.7. Resultaten eerste individuele meting .....	14
4.7.1. <i>Referentiewaarden normaalhorenden en leeftijdseffect</i> .....	14
4.7.2. <i>Test-retest betrouwbaarheid</i> .....	15
4.7.3. <i>Samenhang met gehoordrempels</i> .....	16
5. Discussie van de resultaten .....	17
5.1. Samenhang met het toonaudiogram .....	17
5.2. Leeftijdseffect .....	17
5.3. Reproduceerbaarheid.....	18
5.4. Aanbeveling: Leeftijdsafhankelijk afkappunt .....	19
5.5. Overige aanbevelingen.....	20
5.6. Suggesties voor vervolgonderzoek.....	21

Conclusie .....	22
Referenties .....	23
Bijlage 1. Informatiebrief.....	24
Bijlage 2. Vragenlijst .....	25
Bijlage 3. Invloed testlengte .....	26

## 1. Introductie

Vroegtijdige gehoorscreening bij kinderen is van groot belang. Geheeroverlies bij kinderen kan leiden tot moeilijkheden op het gebied van geluidswaarneming en spraakverstaan. Indien een gehoeroverlies niet of niet tijdig wordt ontdekt, kan dit tevens invloed hebben op de spraak- en taalontwikkeling en op de sociaal-emotionele ontwikkeling van kinderen (Stevenson et al.,2009; WHO, 2015).

In Nederland worden pasgeborenen in de eerste zes weken na de geboorte gescreend aan de hand van een OAE-screening of een AABR-screening. De screening vindt meestal thuis of op een consultatiebureau plaats (van Leerdam & van der Ploeg, 2004). Na de neonatale gehoorscreening vindt gehooronderzoek in de praktijk in Nederland op verschillende momenten plaats. Volgens de JGZ-richtlijn Vroegtijdige opsporing van gehoorstoornissen 0-19 jaar, bestaat er geen consensus over de exacte momenten van onderzoek (leeftijd en frequentie). Gebruikelijk is dat er door de schoolarts een screeningsaudiogram wordt afgenomen rond de leeftijd van 5 jaar.

De Nationale Hoorstichting heeft een online hoortest gelanceerd om op een laagdrempelige manier het gehoor van basisschoolkinderen te testen, de Kinderhoortest (KHT). Aan de hand van deze test kan thuis of op school eenvoudig een inschatting gemaakt worden wat betreft het auditief functioneren van kinderen en kunnen perceptieve gehoeroverliezen tijdig worden ontdekt.

## 2. Doelstelling van de studie

Het doel van dit project is het ontwikkelen van een online spraak-in-ruis screeningstest voor basisschoolkinderen van 5 tot 12 jaar. Het project bestaat uit twee delen.

In het eerste deel van het onderzoek stond de inventarisatie van de originele Kinderhoortest centraal (Sheikh Rashid, Evaluatie van de Kinderhoortest, Nationale Hoorstichting, 2014). De inventarisatie had tot doel om testuitslagen uit het verleden te evalueren en punten van verbetering op te sporen, om zodoende de kwaliteit van de test te verhogen.

Naar aanleiding van dit onderzoek is het spraakmateriaal aangepast (van 9 woorden naar 8 woorden) en zijn de niveaus zo gekozen dat de moeilijkheidsgraad van de woorden beter vergelijkbaar wordt. Ook is de ruis vervangen door een nieuwe breedbandige continue ruis, waarbij het spectrum overeen komt met het gemiddelde spectrum van de acht testwoorden met hun individuele aanbiedingsniveaus. Tevens is de testlengte aangepast naar twintig woorden, met een aanloop van tien stimuli. De vernieuwde online Kinderhoortest in HTML kan zowel via desktop of mobiel (via een tablet of mobiele telefoon) worden uitgevoerd. Het gebruik van een oor- of hoofdtelefoon wordt bij deze versie met nadruk aanbevolen. Bij het gebruik van de test op een mobiele telefoon/tablet is het belangrijk om ervoor te zorgen dat je gemakkelijk naar het beeldscherm kunt blijven kijken als je de stimuli hoort.

Uit het inventariserend onderzoek is gebleken dat er een leeftijdsafhankelijkheid is voor de drempels van spraak-in-ruis testen bij normaalhorende kinderen, vergelijkbaar met eerder onderzoek op het VUmc (Smits, Goverts & Festen, 2013; Koopmans, 2014). Het effect is twee tot drie dB en dat is dermate groot dat de interpretatie van de uitkomsten op groepsniveau wordt gehinderd als er geen rekening wordt gehouden met deze leeftijdsafhankelijkheid.

Het huidige onderzoek, deel B van het project, omvat een praktijkevaluatie van de vernieuwde Kinderhoortest onder normaalhorende kinderen van 5 tot 12 jaar op een basisschool. Om te onderzoeken of de Kinderhoortest een betrouwbaar screeningsinstrument is, staan de volgende onderzoeksdoelen centraal:

- Het bepalen van de spraakverstaanbaarheid in ruis bij normaalhorende basisschoolkinderen van 5 tot 12 jaar. Er wordt nagegaan of er al dan niet sprake is van een leeftijdseffect als functie van de leeftijd.
- Het in kaart brengen van de reproduceerbaarheid. Hierbij worden de resultaten van een desktopversie van de Kinderhoortest vergeleken met die van een mobiele versie, in een klassikale en individuele testconditie. Tevens wordt er nagegaan of er sprake is van een leereffect bij herhaalde afname.

### 3. Methodologie

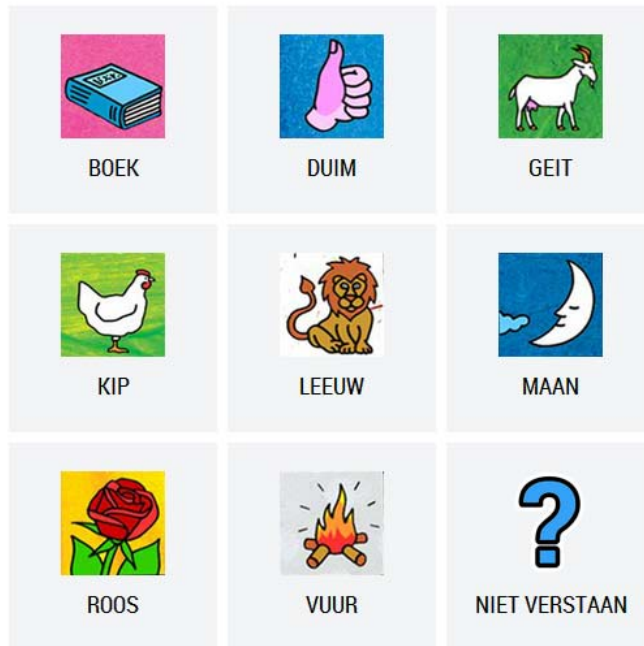
#### 3.1. Beschrijving van de Kinderhoortest

De Kinderhoortest is een spraak-in-ruis test. Er worden acht verschillende monosyllabische (CVC) woorden gebruikt (een gesloten set), die te zien zijn op het scherm in een schema (figuur 1). Om te voorkomen dat de kinderen gaan gokken, is een negende antwoordknop toegevoegd, voorzien van de tekst 'Niet verstaan' en een afbeelding van een vraagteken. De woorden worden aangeboden in een ruis met het spectrum van de gemiddelde spraakstimuli. De Kinderhoortest wordt diotisch (binauraal) aangeboden; beide oren worden tegelijkertijd getest. De test kan afgenomen worden in minder dan vijf minuten per test, inclusief instructies.

Voordat de test begint, wordt er eerst informatie verzameld over het kind. De kinderen dienen hun voor- en achternaam, hun geslacht, hun leeftijd en de manier van afname (desktop of mobiel) in te vullen. Tevens dienen ze een subjectieve beoordeling te geven wat betreft hun gehoor (goed of niet goed). De kinderen dienen ook aan te geven op welke manier het geluid wordt aangeboden, namelijk met de hoofdtelefoon of met de luidspreker. De kinderen kunnen vervolgens aan de hand van een volumeknop op het scherm of aan de hand van de volumeknop op hun computer het volume aanpassen van het woord tot het woord duidelijk verstaanbaar is. Het gekozen volume wordt in de test gebruikt bij de aanbidding van de stimuli.

De kinderen krijgen eerst de doelwoorden te horen terwijl de afbeeldingen te zien zijn op het scherm. Op die manier krijgen de kinderen de mogelijkheid om vertrouwd te raken met de woorden en de afbeeldingen. Bij het uitvoeren van de test krijgen de respondenten achtereenvolgens twintig keer gerandomiseerd één van deze acht woorden te horen (elk woord wordt twee- of driemaal aangeboden), waarbij de intensiteitsverhouding tussen spraak en ruis (de signaal-ruis verhouding in dB: dB SNR) varieert. De kinderen krijgen de instructie om het aangeboden woord te identificeren door de overeenkomstige afbeelding op het scherm aan te klikken.

De woorden worden aangeboden via een adaptieve methode. De Kinderhoortest start met een signaal-ruisverhouding (SNR) van -1 dB SNR en de intensiteit van de spraak wordt volgens een one-down/one-up procedure in stappen van 2 dB gevarieerd. De intensiteit van de ruis is constant. Deze procedure is gebaseerd op de procedure van Plomp & Mimpen (Plomp & Mimpen, 1979). De spraakverstaanbaarheidsdrempel (SRT in dB SNR) wordt bepaald op basis van het gemiddelde van de SNR-waarden van de laatste tien aangeboden woorden. De eerste tien aanbiedingen worden als aanloop van de meting beschouwd. De SRT is de SNR waarbij 50% van de doelwoorden correct kan worden aangeduid (Plomp & Mimpen, 1979). De originele afkapwaarde ligt op -12 dB SNR, waarbij de scores >-12 dB SNR wijzen op een verminderd gehoor en de scores ≤ -12 dB op een goed gehoor.



*Figuur 1. Scherm Kinderhoortest*

### 3.2. Studiepopulatie

In dit onderzoek werd de Kinderhoortest getest onder 94 basisschoolkinderen, met Nederlands als moedertaal. De kinderen kwamen uit groep twee tot en met groep acht van de Koningin Wilhelminaschool, te Rijnsburg.

### 3.3. Werving

Er zijn informatiebrieven, toestemmingsformulieren en vragenlijsten (betreffende achtergrondinformatie van de kinderen) gestuurd naar de ouders van de leerlingen. Een voorbeeld van de informatiebrief, het toestemmingsformulier en de vragenlijst worden weergegeven in Bijlage A. Alleen de kinderen van wie de ouders toestemming hebben gegeven middels de brief, hebben deelgenomen aan het onderzoek.

### 3.4. Meetprocedure

De METC van het LUMC heeft dit onderzoek het projectnummer P11-108 gegeven en goedgekeurd. De metingen vonden tijdens lesuren plaats op de basisschool, in een rustig lokaal met weinig achtergrondlawaai. In het computerlokaal waar de PC versie werd afgenomen, was het gemiddeld achtergrond geluidsdruk niveau 48 dB(A). In de docentenkamer, waar het screeningsaudiogram en de mobiele versie werd afgenomen, was het gemiddeld achtergrond geluidsdruk niveau 42 dB(A). Per kind werden gegevens betreffende leeftijd, geslacht en klas verzameld.

Tijdens een meting werd de Kinderhoortest in totaal driemaal diotisch afgenomen, tweemaal de pc versie (klassikaal en individueel) en eenmaal de mobiele versie (individueel), waarbij telkens een hoofdtelefoon werd gebruikt. De pc versie werd eerst klassikaal afgenomen. Om een volgorde effect te vermijden tijdens de afname, werd de individuele afname (mobiele en pc versie) gerandomiseerd; bij de ene helft van de kinderen werd eerst de mobiele versie afgenomen en nadien de pc versie, bij de andere helft gebeurde de afname in de omgekeerde volgorde.

Bij ieder kind is tevens een screeningsaudiogram afgenomen. Hierbij is gemeten op de frequenties 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz en 4000 Hz. De methode van Hughson-Westlake werd gehanteerd om de

gehoordrempels te bepalen (Hughson & Westlake, 1944). Indien de gehoordrempels op een bepaalde frequentie groter waren dan of gelijk waren aan 20 dB HL, werd op die bepaalde frequentie ook de beengleidingsdrempel bepaald.

Omdat er geen beschikking was over een volledig stille ruimte, werd op 500 Hz een drempel van 25 dB HL of beter als normaal beschouwd. Op de frequenties tussen de 1000 Hz en 4000 Hz werden drempels van 20 dB HL of beter beschouwd als passend bij een normaal gehoor. Indien een kind één of meerdere drempels had die bovenvermelde waarden overschreed, werden de resultaten van dit kind niet gebruikt voor analyse. De ouders werden tevens op de hoogte gebracht dat het kind verhoogde gehoordrempels heeft en werd er gehandeld conform het protocol dat bij het LUMC gebruikelijk is. Bij alle kinderen met verhoogde gehoordrempels werd na afloop 'n diagnostisch audiogram afgenomen, met de mogelijkheid van beengleiding en maskering. Bij 9 van de 10 kinderen waren de gehoordrempels bij alle octaaffrequenties tussen 500 en 4000 Hz beter dan of gelijk aan 30 dB HL. Eén kind liet bij herhaling enkele gehoordrempels zien tussen 30 en 40 dB HL. Aan de ouders van dat kind werden adviezen gegeven door de klinisch-fysicus audioloog (geen hoortoestel indicatie).

Tijdens de afname van de toonaudiometrie kregen de kinderen van groep 3 tot en met groep 8 de instructie om op de drukknop te duwen, telkens wanneer ze een toon hoorden. De kinderen van groep 2 werden getest aan de hand van een spelaudiometrie. Deze kinderen kregen de instructie om een pareltje in een doosje te leggen, telkens als ze een toon hoorden. Bij de kinderen die werden geïnccludeerd in de studie bleek maskering niet nodig.

### 3.5. Apparatuur

Voor de afname van het toonaudiogram werd de Interacoustics AD229b audiometer gebruikt, in combinatie met een Telephonics TDH-39P hoofdtelefoon en een Radioear B71 beengeleider. De desktop versie van de Kinderhoortest werd afgenomen met behulp van een standaard PC en de DKT Eduline of Philips SHP2000 hoofdtelefoon. De mobiele test werd uitgevoerd op een Nokia Lumia 625 of een Huawei G6. Hierbij werd gebruik gemaakt van een Ewent hoofdtelefoon.

### 3.6. Data analyse

Beschrijvende, grafische en statistische analyses werden uitgevoerd met behulp van SPSS (IBM SPSS Statistics 20 en 22) en Microsoft Excel 2010.

Gemeten SRT's (in dB SNR) werden vergeleken met de toonaudiometrische drempels van het beste oor, op basis van de hypothese dat het gevoeligste oor naar verwachting de SRT bepaalt bij een diotisch signaal. Voor elke conditie (type afname: pc klassikaal, pc individueel en mobiel individueel) werden de correlaties bepaald met de gemiddelde gehoordrempels bij individuele octaaffrequentie (500, 1000, 2000 en 4000 Hz) en tevens met de gemiddelde verliezen bij 500, 1000 en 2000 Hz (PTA 0.5/1/2) en bij 1000, 2000 en 4000 Hz (PTA 1/2/4).

Vervolgens zijn de testresultaten (SRT in dB SNR) van de klassikale afname (met pc) geanalyseerd met behulp van een One-way ANOVA, waarbij het effect van leeftijd op de SRT uitslag werd onderzocht. Voor deze analyse werd de factor 'leeftijd' ingedeeld in zeven categorieën, namelijk 5 tot 6, 6 tot 7, 7 tot 8, 8 tot 9, 9 tot 10 en 10 tot 11 jaar. Significante effecten werden verklaard door een post-hoc analyse uit te voeren waarbij de Bonferroni correctie werd toegepast. De assumpties voor het ANOVA-model, namelijk normaliteit, homoscedasticiteit en onafhankelijkheid werden nagegaan,



alvorens de analyse uit te voeren. Daar het ANOVA-model vrij robuust is, verwachtten wij geen problemen. Daarna zijn de resultaten voor de individuele afnames (pc en mobiel) geanalyseerd met behulp van General Linear Model, Repeated Measures analyses. Hierbij werden het effect van leeftijd (tussen-proefpersonen factor), de manier van afname (pc of mobiel) (binnen-proefpersonen factor) en de volgorde van afname (eerste of tweede meting) (binnen-proefpersonen factor) op de SRT uitslag onderzocht. Voor deze analyse werd de factor 'leeftijd' ingedeeld in eerdergenoemde zeven categorieën. Indien er een significant effect gevonden werd bij één van de analyses, werd dit effect geanalyseerd door een post-hoc analyse uit te voeren waarbij de Bonferroni correctie werd toegepast. Eerst werd er een analyse uitgevoerd om het effect van leeftijd en volgorde van afname na te gaan. Vervolgens werden de resultaten geanalyseerd om eveneens het effect van leeftijd en manier van afname na te gaan. Om een schatting van de SRT-verschuiving naar leeftijd te krijgen en de verschillende afnames met elkaar te vergelijken, is tevens een regressie analyse uitgevoerd met SRT (dB SNR) als uitkomstmaat en de factoren leeftijd (continu) en conditie (pc klassikaal, pc individueel en mobiel individueel) als voorspellende factoren.

## 4. Resultaten

### 4.1. Onderzoeksdeelnemers

Voor dit onderzoek werd data verzameld van 94 kinderen. Na afname van een audiogram, hadden vier kinderen verhoogde drempels beiderzijds, vier kinderen verhoogde drempels aan het rechteroor en twee kinderen verhoogde drempels aan het linkeroor. Dit wil zeggen dat 10,6% van de kinderen geïdentificeerd werd met een mogelijk afwijkend gehoor op één of meer van de octaaffrequenties 500 Hz (>25 dB HL) en 1000 t/m 4000 Hz (>20 dB HL). Na afname van de Kinderhoortest ontbraken er van 2 kinderen resultaten in de database op ten minste 1 van de metingen. Verder hadden vijf kinderen een instabiele meting ( $SD > 3$  dB) op minstens één van de condities en had één kind een plafondscoor behaald op ten minste 1 van de metingen. Eén kind had een leeftijd die viel onder de leeftijdsgrens van vijf jaar. In totaal zijn er dus 19 kinderen geexclueerd. De resultaten van deze deelnemers werden niet meegenomen voor verdere analyse. Alleen complete gegevens van normaalhorende kinderen werden geanalyseerd.

Hieronder volgt een overzicht van de gemiddelde gehoordrempels  $PTA_{0.5/1/2}$  en  $PTA_{1/2/4}$ , per oor en per leeftijdsgroep van de overige 75 deelnemers (tabel 1). Het aantal deelnemers per leeftijdsgroep wordt eveneens weergegeven. Het gaat om 7 kinderen uit groep 2, 14 uit groep 3, 12 uit groep 4, 8 uit groep 5, 14 uit groep 6, 12 uit groep 7 en 8 uit groep 8. Van de 5-jarigen bleven er maar zeven deelnemers over. De jongste kinderen (uit de leeftijdsgroepen 5 en 6 jaar) hebben hogere gehoordrempels ten opzichte van de oudere kinderen. Opmerkelijk is dat gehoordrempels voor de oudste groep (de 11-jarigen) tevens iets hoger liggen.

Tabel 1. Het aantal deelnemers per leeftijdsgroep en de gemiddelde  $PTA_{0.5/1/2}$  en  $PTA_{1/2/4}$  (in dB HL) per oor (AD is rechts en AS is links) en per leeftijdsgroep.

Leeftijdsgroep	Aantal	$PTA_{0.5/1/2}$ (AD)	$PTA_{1/2/4}$ (AD)	$PTA_{0.5/1/2}$ (AS)	$PTA_{1/2/4}$ (AS)
5	7	13,10	12,38	14,05	12,38
6	13	10,26	6,54	10,00	7,69
7	10	8,67	6,33	7,83	5,17
8	11	7,27	4,39	7,12	3,79
9	13	7,69	3,59	8,72	6,28
10	11	7,12	3,94	6,97	4,09
11*	10	10,50	7,17	9,00	5,67

\*2 kinderen zijn 12 jaar

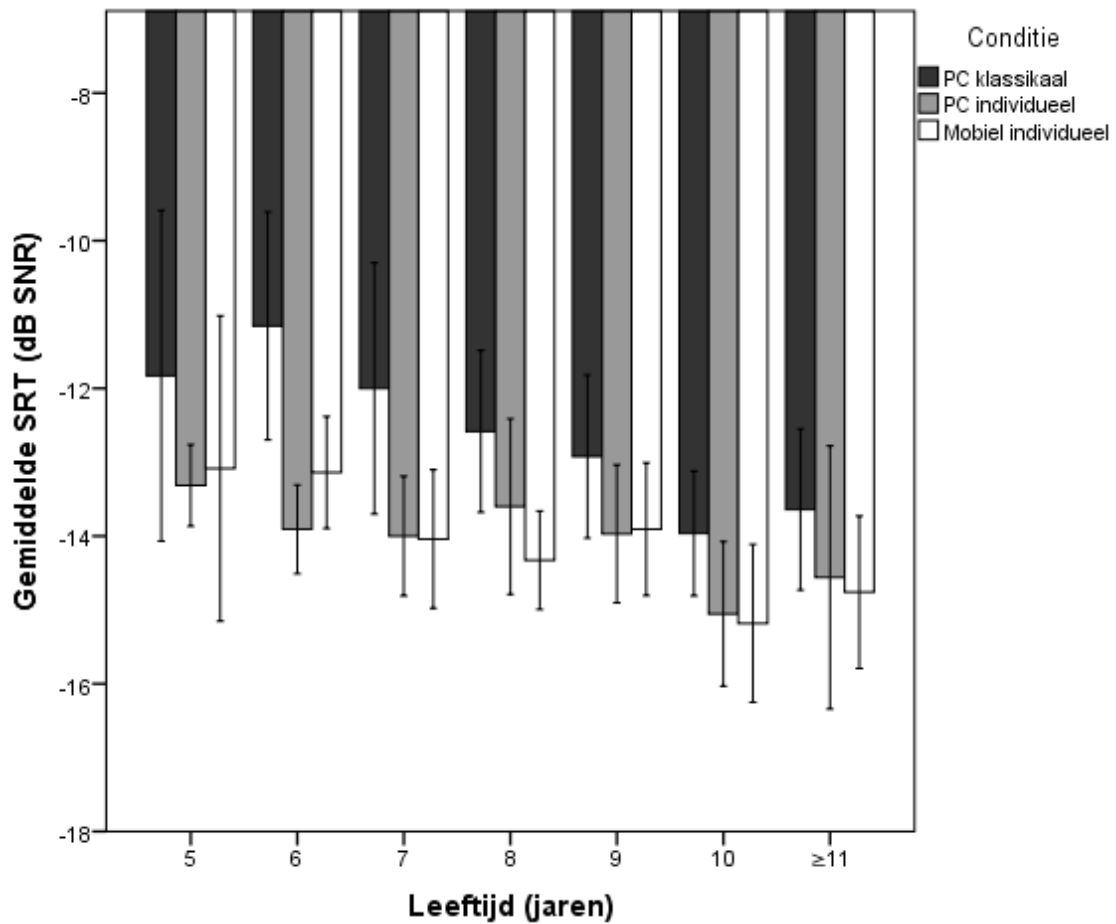
### 4.2. Exploratieve data-analyse

Voor de klassikale pc afname, de individuele pc afname en de individuele mobiele afname van de Kinderhoortest, werd telkens de SRT (in dB SNR) bepaald. Tabel 2 geeft de gemiddelde SRT (in dB SNR) per leeftijdsgroep en voor elke conditie weer. In figuur 2 wordt de gemiddelde SRT (in dB SNR) en bijbehorende spreiding per conditie en per leeftijdsgroep grafisch weergegeven. In figuur 3 wordt de SRT verdeling per conditie tevens in percentielen weergegeven. Over het algemeen hebben de oudere kinderen betere SRT scores vergeleken met de jongere kinderen. Verder halen de kinderen een betere (lagere) SRT score op de individuele afnames vergeleken met de klassikale afname.

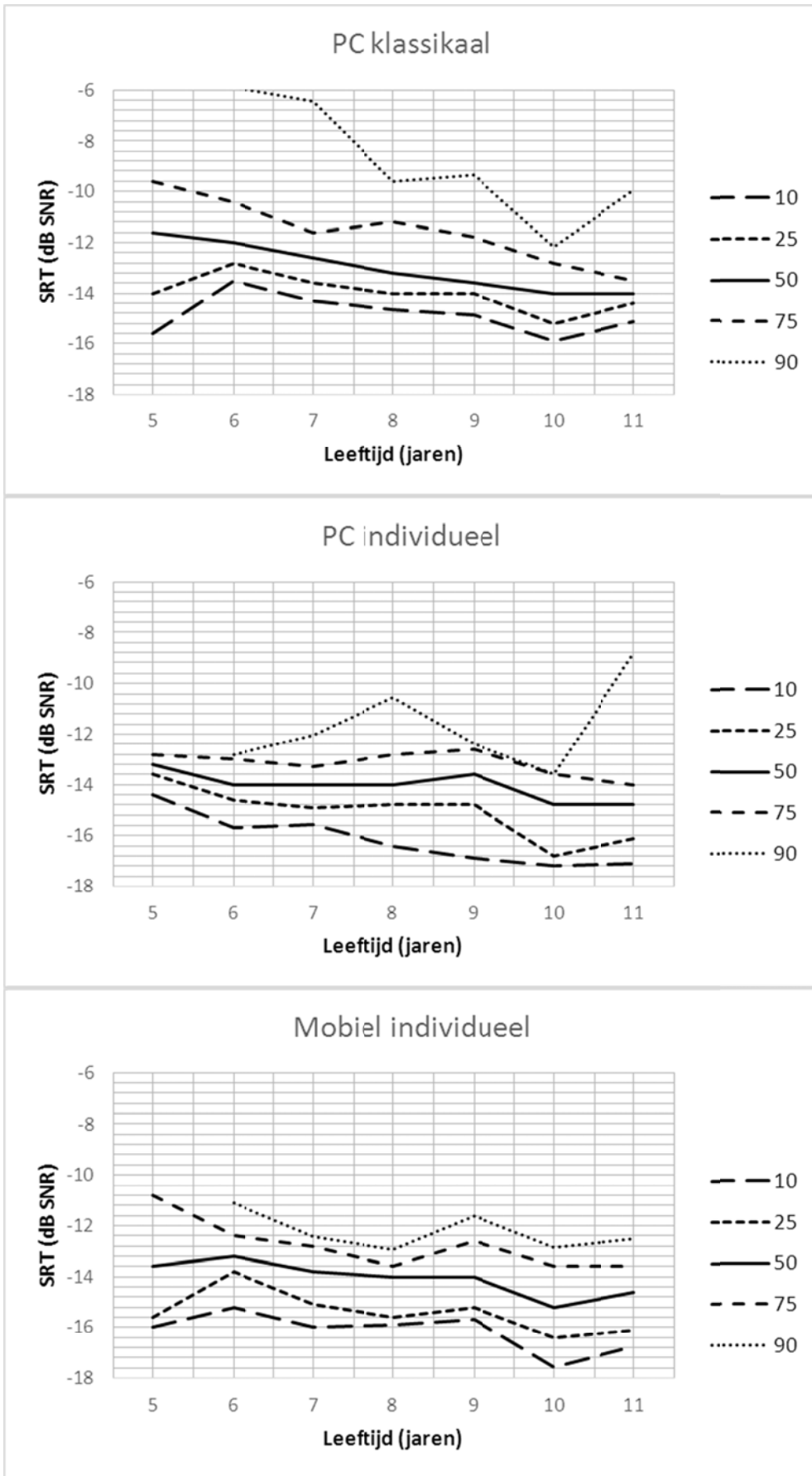
Tabel 2. Gemiddelde SRT per leeftijdsgroep (in dB SNR), per leeftijdsgroep en per conditie.

Leeftijdsgroep	Gemiddelde SRT (dB SNR)		
	PC klassikaal	PC individueel	Mobiel individueel
5	-11,83	-13,31	-13,09
6	-11,15	-13,91	-13,14
7	-12,00	-14,00	-14,04
8	-12,58	-13,60	-14,33
9	-12,92	-13,97	-13,91
10	-13,96	-15,05	-15,18
11*	-13,64	-14,56	-14,76
<i>Totaal</i>	-12,59	-14,09	-14,08

\*2 kinderen zijn 12 jaar



Figuur 2. Gemiddelde SRT (in dB SNR) en bijbehorende spreiding, per leeftijdsgroep en conditie.



Figuur 3. SRT verdeling in percentielen ( $10^e$ ,  $25^{ste}$ ,  $50^{ste}$ ,  $75^{ste}$  en  $90^{ste}$ ), per conditie

#### 4.3. Correlatie SRT resultaten met het toonaudiogram

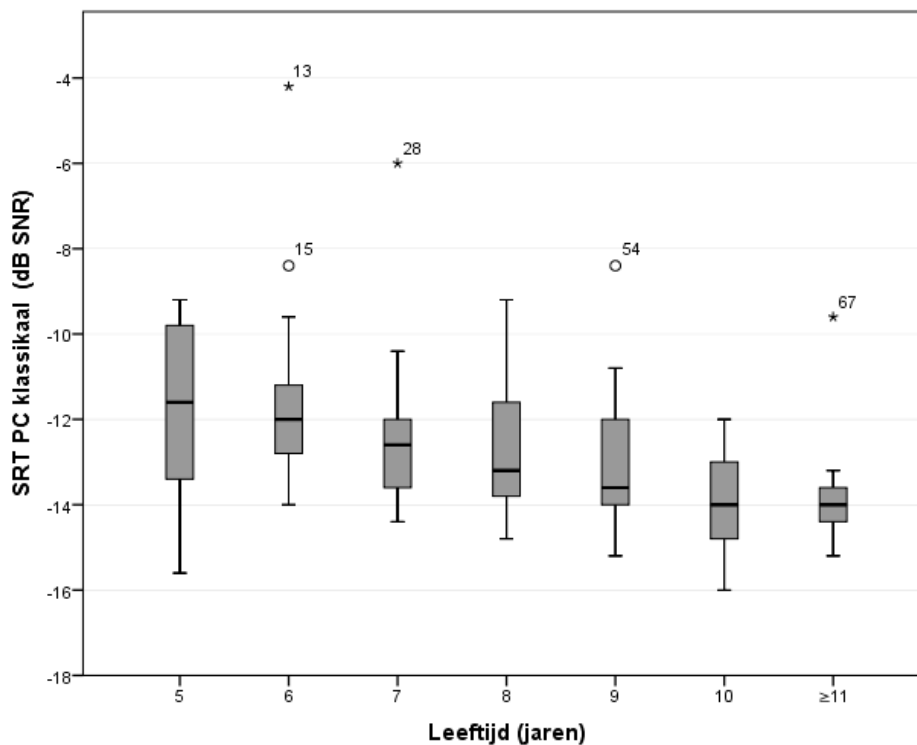
De correlatie analyse toont aan dat er over het algemeen een positieve samenhang is tussen de gehoordrempels van het beste oor enerzijds (per frequentie,  $PTA_{0,5/1/2}$  en  $PTA_{1/2/4}$ ) en de SRT anderzijds, bij de klassikale pc afname en bij de individuele afnames. De samenhang is echter laag ( $r=0,1$  tot  $r=0,3$ ) en slechts in enkele gevallen significant. Over het algemeen worden de hoogste correlaties behaald met de hoogste frequentie 4000 Hz en met de  $PTA_{1/2/4}$ . In tabel 3 worden de resultaten weergegeven.

Tabel 3. De product-moment correlatiecoëfficiënt  $r$  tussen de gehoordrempels en de  $PTA_{5/1/2}$ / $PTA_{1/2/4}$ , met de SRT, per conditie (\*=significant).

Octaafrequentie (Hz)	PC klassikaal	PC individueel	Mobiel individueel
500	0,128	0,099	0,157
1000	-0,012	0,138	0,174
2000	0,087	0,171	0,141
4000	0,267*	0,163	0,305*
$PTA_{0,5/1/2}$	0,085	0,174	0,203
$PTA_{1/2/4}$	0,155	0,204	0,274*

#### 4.4. Klassikale afname (desktop versie)

In figuur 4 wordt de spreiding van de SRT (in dB SNR) van de klassikale pc afname weergegeven voor de verschillende leeftijdsgroepen. De one-way ANOVA toont een significant effect van leeftijd aan  $F(6,74)=2,858$ ;  $p=0,015$ ). Post-hoc analyse toont vervolgens aan dat de kinderen met een leeftijd van 10 tot 11 jaar een significant betere (lagere) SRT behalen van 2,81 dB SNR (95%-BI: -5,34; -0,24) ten opzichte van de 6 tot 7 jarige kinderen ( $p=0,020$ ).



Figuur 4. Spreiding van de SRT (in dB SNR) van de klassikale pc afname voor de leeftijdsgroepen.

#### 4.5. Individuele afname (desktop en mobiele versie)

##### 4.5.1. Effect van leeftijd

De GLM repeated measures analyse toont eveneens bij individuele afname een significant hoofdeffect aan voor leeftijd ( $F(1,75)=3,09$ ,  $p=0,010$ ). Post-hoc analyse toont opnieuw aan dat de 10 tot 11-jarige kinderen een significant betere (lagere) SRT behalen van gemiddeld 1,92 dB SNR (95% BI: -3,70; -0,14) t.o.v. de 5 tot 6 jarigen ( $p=0,023$ ). Verder behalen de 10 tot 11 jarigen een significant betere SRT van gemiddeld 1,60 dB SNR (95% BI: -3,10; -0,09) t.o.v. de 6 tot 7-jarige kinderen ( $p=0,028$ ).

##### 4.5.2. Effect van manier van afname (conditie)

De resultaten tonen aan dat er geen significant hoofdeffect is van 'manier van afname' (ofwel conditie) bij de individuele afnames, nl. pc afname of mobiele afname ( $F(1, 75)= 0,001$ ,  $p=0,982$ ). Er is geen significante interactie tussen de factor 'manier van afname' en 'leeftijd' ( $F(6,75)=0,670$ ,  $p=0,674$ ).

##### 4.5.3. Effect van volgorde van afname

Er wordt een significant hoofdeffect aangetoond voor de factor 'volgorde van afname' ( $F(1,75) = 12,46$ ,  $p<0.001$ ). Een t-test voor gepaarde waarnemingen toont aan dat de SRT score significant verbetert naarmate de test vaker wordt uitgevoerd bij de individuele afnames, ongeacht afname met pc of mobiel. De kinderen behalen een significant betere SRT score van gemiddeld 0,67 dB SNR (95% BI: 0,27; 1,08) bij de tweede afname t.o.v. de eerste afname ( $p=0,001$ ). Er is geen significante interactie tussen 'leeftijd' en 'volgorde en van afname' ( $F(6,75)=1,064$ ,  $p=0.393$ ).

#### 4.6. De SRT-verschuiving per leeftijdsjaar en vergelijking van de verschillende afnames

In tabel 4 worden de waarden van de regressie analyse weergegeven. Volgens het model is de gemiddelde SRT uitslag voor een kind met de leeftijd van 5 jaar bij klassikale pc afname -11,43 dB. Per leeftijdsjaar is er sprake van een significante verbetering in de gemiddelde SRT score ter grootte van 0,325 dB SNR. Over het algemeen scoren kinderen gemiddeld 1,49 dB beter op de Kinderhoortest als deze individueel wordt afgenomen in plaats van klassikaal. De interactie tussen de factoren leeftijd en conditie was niet significant. Het effect van leeftijd is dus voor alle condities hetzelfde.

Tabel 4. Regressie analyse, met SRT (in dB SNR) als uitkomstmaat

	$\beta$	$p$	95% BI	
Constante*	-11,43	0,000	-11,98	-10,87
Leeftijd (in jaar)	-0,325	0,000	-0,44	-0,21
Conditie				
PC individueel	-1,496	0,000	-2,03	-0,96
Mobiel individueel	-1,488	0,000	-2,02	-0,95

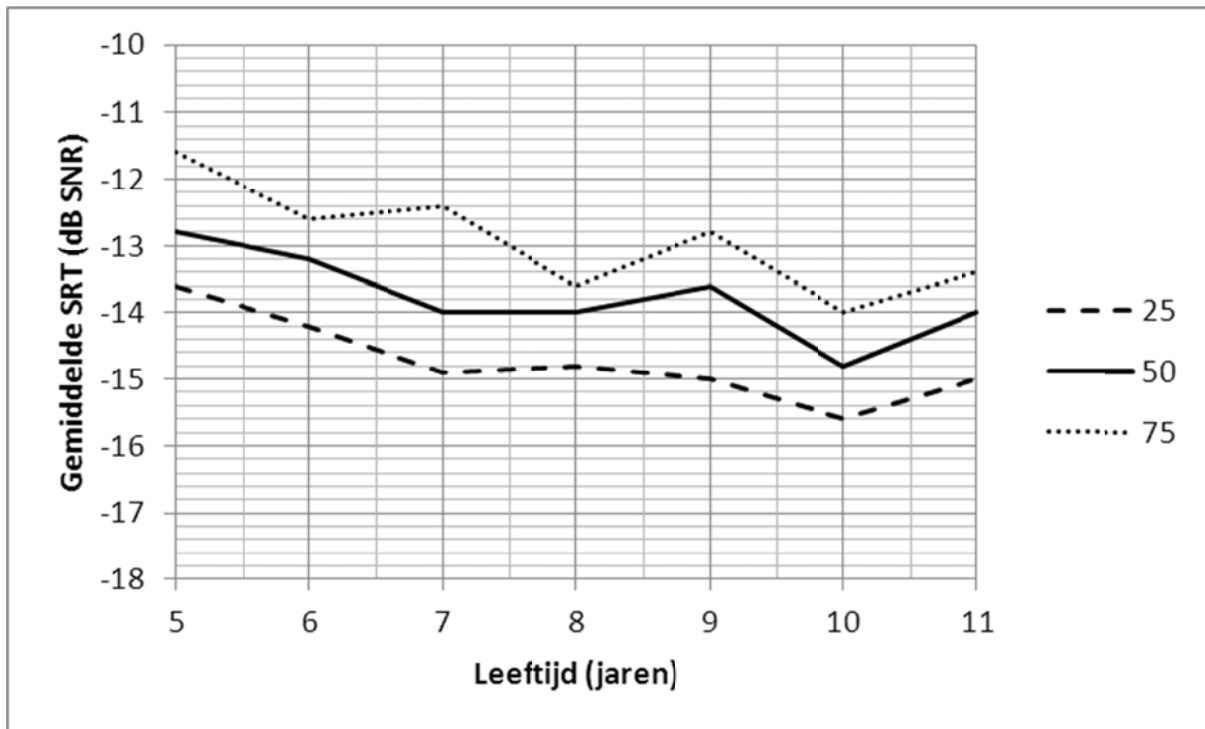
\* Gemiddelde SRT bij een leeftijd van 5 jaar, voor de afname pc klassikaal.

De verklaarde variantie  $R^2=0,25$ .

#### 4.7. Resultaten eerste individuele meting

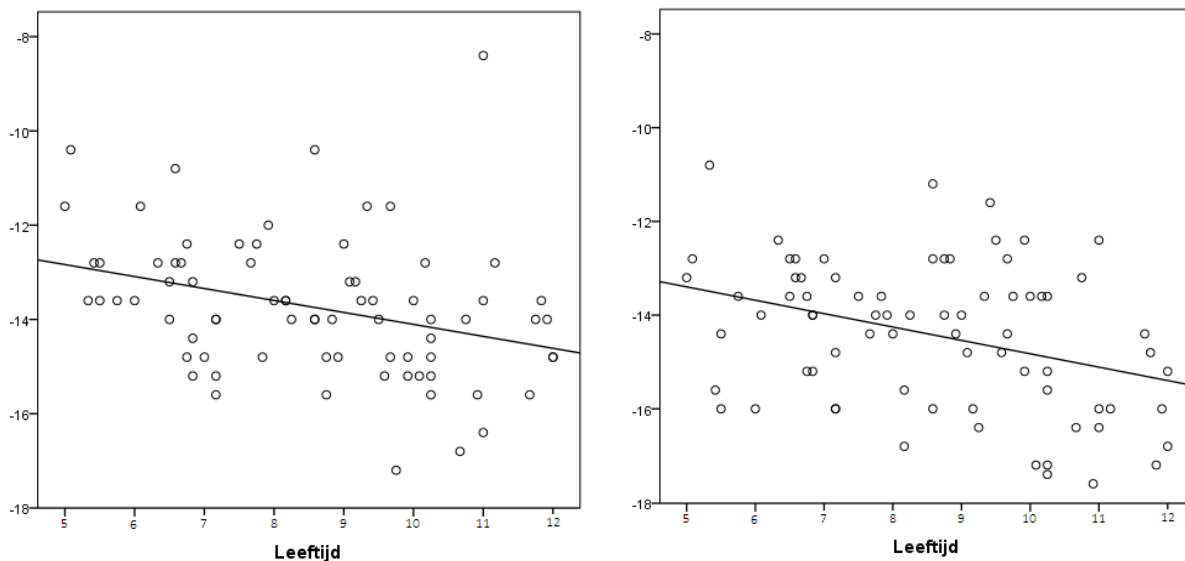
##### 4.7.1. Referentiewaarden normaalhorenden en leeftijdseffect

Uit de analyse beschreven in 4.5 is gebleken dat de manier van individuele afname (conditie pc of mobiel) niet van invloed is op de SRT uitslag. Wel blijkt er een effect van volgorde te zijn. De eerste afname kan om deze reden worden beschouwd als 'test' en de tweede afname als 'retest'. In figuur 5 wordt de SRT verdeling voor de eerste individuele afname per leeftijdscategorie in percentielen weergegeven.



Figuur 5. SRT verdeling per leeftijdscategorie in percentielen, voor de eerste individuele afname

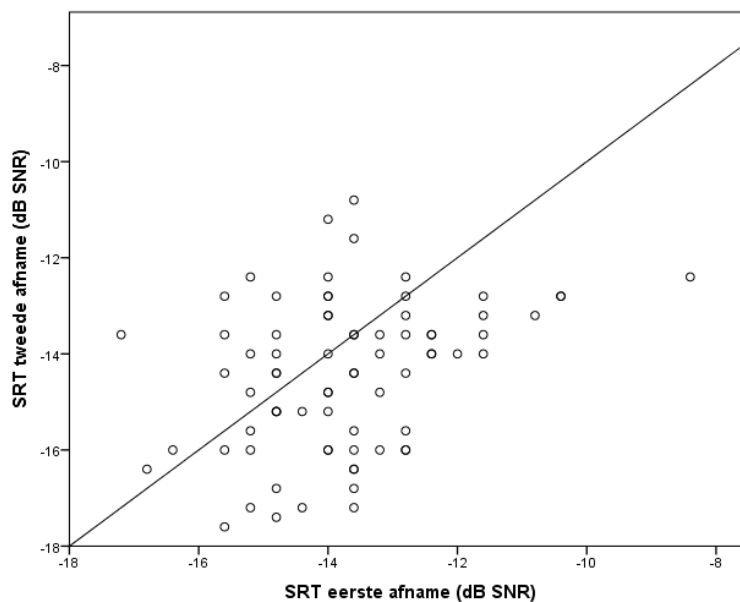
Om een schatting van de SRT-verschuiving naar leeftijd te krijgen, is een regressie analyse uitgevoerd met SRT (dB SNR) als uitkomstmaat en de factor leeftijd (in jaren) als voorspellende factor, voor de eerste en de tweede individuele meting apart. De factor leeftijd is gecorrigeerd, zodat het model als constante de gemiddelde SRT uitslag voor 5-jarigen aanhoudt (leeftijd-5 jaar). Volgens het model is de gemiddelde SRT uitslag voor een kind met de leeftijd van 5 jaar bij de eerste individuele afname (pc of mobiel) -12,84 dB SNR. Per leeftijdsjaar is er sprake van een significante verbetering (vermindering) in de gemiddelde SRT score ter grootte van 0,25 dB SNR (95%-BI: -0,43; -0,08;  $p=0,004$ ,  $R^2=0,11$ ). De gemiddelde SRT uitslag voor een kind met de leeftijd van 5 jaar bij de tweede individuele afname (pc of mobiel) is -13,40 dB SNR. Per leeftijdsjaar is er sprake van een significante verbetering (vermindering) in de gemiddelde SRT score ter grootte van 0,29 dB SNR (95%-BI: -0,46; -0,11;  $p=0,002$ ,  $R^2=0,23$ ). Figuur 6 geeft de geobserveerde waarden en de regressielijnen weer.



*Figuur 6. Gemiddelde SRT uitslag naar leeftijd (in jaren) en regressielijn. Eerste individuele meting (links) en tweede individuele meting (rechts).*

#### 4.7.2. Test-retest betrouwbaarheid

In figuur 7 wordt de SRT uitslag voor de eerste afname uitgezet tegenover de SRT uitslag voor de tweede afname. Tabel 5 geeft de test-retest karakteristieken weer. Het positieve verschil tussen de eerste en de tweede afname (0,67 dB) kan beschouwd worden als een significant, maar klein leereffect. De samenhang tussen test en retest is significant, maar niet groot ( $r=0,35$ ). Tevens is de meetfout berekend, de standard error of measurement (SEM). Deze is kleiner dan 1 dB, ondanks het leereffect en eventuele verschillen in de afname per pc of mobiel (hoewel statistisch niet significant).



*Figuur 7. SRT uitslag test vs. SRT uitslag retest*

*Tabel 5. Test retest karakteristieken (in dB SNR)*

SRT test	SRT retest	Vershil test retest	Test-retest correlatie	Meetfout (SEM)
-13,74	-14,42	0,67*	0,350*	0,93



#### 4.7.3. Samenhang met gehoordrempels

De correlatie analyse toont aan dat er over het algemeen een positieve samenhang is tussen de gehoordrempels per frequentie en de  $PTA_{0,5/1/2}$  en  $PTA_{1/2/4}$  van het beste oor enerzijds en de SRT anderzijds, bij de test en de retest meting. De samenhang is echter laag ( $r=0,1$  tot  $r=0,3$ ) en slechts in enkele gevallen voor de eerste afname significant. In tabel 3 worden de resultaten weergegeven.

Tabel 6. De product-moment correlatiecoëfficiënt  $r$  tussen de gehoordrempels en de  $PTA_{0,5/1/2}$ / $PTA_{1/2/4}$ , met de SRT, per conditie (\*=significant).

Octaaffrequentie (Hz)	Eerste afname	Tweede afname
500	0,223	0,043
1000	0,163	0,157
2000	0,196	0,125
4000	0,330*	0,153
$PTA_{0,5/1/2}$	0,249*	0,140
$PTA_{1/2/4}$	0,303**	0,189

## 5. Discussie van de resultaten

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten aan de hand van de opgestelde onderzoeksdoelen. Eerst bespreken we de samenhang met het toonaudiogram. Vervolgens bespreken we het leeftijdseffect en de reproduceerbaarheid van de Kinderhoortest. Tot slot handelt dit hoofdstuk over aanbevelingen voor de praktijk en suggesties voor vervolgonderzoek.

### 5.1. Samenhang met het toonaudiogram

Een eerste doel van dit onderzoek is nagaan in welke mate de resultaten van de Kinderhoortest overeenkomen met de resultaten van een screeningsaudiogram. In onze analyses werd een zwakke positieve correlatie vastgesteld tussen de SRT en de gehoordrempels van het beste oor bij de klassikale pc afname en de individuele pc en mobiele afname. De correlatie met de gehoordrempel bij 4000 Hz en met  $PTA_{1/2/4}$  was het sterkst. Een mogelijke verklaring voor het feit dat de SRT in deze studie slechts licht gevoelig is aan de tonale drempels, is dat alleen de normaalhorende deelnemers geïnccludeerd zijn in dit onderzoek. We verwachten namelijk dat normaalhorenden tonale drempels hebben die binnen bepaalde grenzen vallen. De bestaande variatie binnen deze grenzen is te verklaren door invloed van omgevingslawaai, aandacht en leeftijd. De SRT staat onder invloed van dezelfde factoren, maar deze kunnen variëren over de tijd. De relatieve lage en soms niet-significante correlatiecoëfficiënten die we vinden in dit onderzoek bij normaalhorenden zijn op die manier deels te verklaren door omgevingslawaai, aandacht en leeftijd.

In deze analyse werd alleen de data van de normaalhorenden ( $n=75$ ) geanalyseerd. Om te achterhalen of de Kinderhoortest valide is en gehoorverliezen kan detecteren, zouden echter tevens data van slechthorenden geanalyseerd moeten worden. Wanneer de data van de negen slechthorenden worden geïnccludeerd in de correlatie analyse ( $n=84$ ), zien we dat de correlaties iets sterker worden (tabel 7).

Tabel 7. De product-moment correlatiecoëfficiënt  $r$  tussen de gehoordrempels en  $PTA_{0.5/1/2}/PTA_{1/2/4}$ , met de SRT, per conditie (\*=significant).  $N=84$ .

Octaaffrequentie (Hz)	PC klassikaal	PC individueel	Mobiel individueel
500	0,198	0,136	0,186
1000	0,149	0,140	0,152
2000	0,225*	0,172	0,149
4000	0,331*	0,181	0,313*
$PTA_{0.5/1/2}$	0,235*	0,185	0,201
$PTA_{1/2/4}$	0,298*	0,205	0,262*

### 5.2. Leeftijdseffect

Als tweede onderzoeksvraag willen we nagaan wat het effect van leeftijd is op de SRT. Zowel bij de klassikale als bij de individuele afnames presteerden oudere kinderen significant beter dan jongere kinderen. Bij de klassikale afname behalen de kinderen met een leeftijd van 10 tot 11 jaar een significant lagere SRT van 2,81 dB SNR t.o.v. de kinderen met een leeftijd van 6 tot 7 jaar. Bij de individuele afname presteren de kinderen van 10 tot 11 jaar significant beter met 1,92 dB SNR t.o.v. de kinderen met een leeftijd van 5 tot 6 jaar en 1,60 dB SNR beter t.o.v. de kinderen van 6 tot 7 jaar.

De drie opeenvolgende testen vertonen derhalve een consistent beeld ten aanzien van de leeftijdsafhankelijkheid.

Net als in het onderzoek van Keith (1995, 2000), Neijenhuis et al. (2002), Koopmans et al. (2014), Stolmann et al. (2004) en Yathiraj en Vanaga (2015), vinden we een leeftijdseffect bij kinderen met een leeftijd van 5 tot 12 jaar. In het onderzoek van Koopmans et al. (2014) presteren kinderen van 12 jaar gemiddeld 2 dB SNR beter dan de kinderen van 5 jaar. Dit ligt in dezelfde lijn als de significante verschillen die wij vinden tussen de jongste en de oudste leeftijden bij zowel de klassikale als de individuele afname.

### 5.3. Reproduceerbaarheid

Als laatste onderzoeksdoel willen we in dit onderzoek de reproduceerbaarheid van de Kinderhoortest in kaart brengen. Hierbij werden de resultaten van een desktopversie van de Kinderhoortest vergeleken met die van een mobiele versie. Tevens is er nagegaan of er sprake is van een leereffect bij herhaalde afname van de test. De Kinderhoortest is bij de individuele afnames afgenomen onder dezelfde omstandigheden, met randomisatie van de pc en mobiele afname. Hierdoor kunnen we uitspraken doen over een effect van de manier van afname (pc vs. mobiel) en van de volgorde van afname (eerste vs. tweede individuele meting). Er was geen significant verschil tussen de individuele pc afname en de individuele mobiele afname. Er was wel een significant verschil tussen de eerste en de tweede individuele afname. Dit leereffect is gelijk aan 0,67 dB SNR. Alvorens de eerste en de tweede individuele afname, is bij elke deelnemer eerst een klassikale desktop test afgenomen. De verwachting is dat de eerste klassikale test heeft gezorgd voor een initieel leereffect, zodat het totale leereffect mogelijk nog iets groter kan zijn.

Plomp en Mimpen (1979) vonden een leereffect van 0,11 dB per lijst na afname van 10 lijsten. Hagerman (1982a) vond een leereffect van 0,26 dB per lijst na afname van vier lijsten en Smits et al. (2013) vonden een leereffect van 1,3 dB SNR van de eerste ten opzichte van de tweede tot en met de 5e lijst. Plomp en Mimpen (1979) en Hagerman (1982a) vonden een lager gemiddeld leereffect dan in ons onderzoek. Dit is te wijten aan het feit dat zij in hun onderzoek meerdere lijsten afnamen waarover het leeftijdseffect gemiddeld wordt. We verwachten dat het leereffect van de Kinderhoortest zal dalen bij afname van meerdere testen en zich na een aantal testen zal stabiliseren. Het leereffect van Smits et al. (2013) daarentegen is groter dan het leereffect dat wij vinden in ons onderzoek. Dit is mogelijk veroorzaakt doordat wij eerst een klassikale afname hebben uitgevoerd alvorens de individuele testen werden afgenomen. De deelnemers zijn reeds bekend met de uitvoering van de test en de woordenschat. Hierdoor is het leereffect tussen de eerste en tweede individuele afname minder groot dan bij Smits et al. (2013), die het leereffect bespreken tussen de eerste afgenomen lijst en de andere lijsten.

Het leereffect van de Kinderhoortest blijkt tevens uit de testuitslagen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen een slechte (positieve) en een goede (negatieve) uitslag, o.b.v. het oorspronkelijke (leeftijdsonafhankelijk) afkappunt, dat ligt op -12 dB SNR. In tabel 8 zijn de verdelingen per conditie weergegeven. Naarmate de test vaker wordt uitgevoerd (pc klassikaal vs. pc individueel en mobiel individueel, en pc klassikaal vs. eerste vs. tweede individuele afname), neemt het percentage positieve uitslagen af.

Tabel 8. Testuitslag Kinderhoortest (in categorieën), per conditie. N=75.

	Positieve uitslag n (%)	Negatieve uitslag n (%)
<i>PC klassikaal</i>	19 (25,3%)	56 (74,7%)
<i>PC individueel</i>	3 (4%)	72 (96%)
<i>Mobiel individueel</i>	8 (10,7%)	67 (89%)
<i>Eerste individuele afname</i>	8 (10,7%)	67 (89%)
<i>Tweede individuele afname</i>	3 (4%)	72 (96%)

#### 5.4. Aanbeveling: Leeftijdsafhankelijk afkappunt

Uit dit onderzoek is gebleken dat er een leeftijdsafhankelijkheid is voor de drempels van spraak-in-ruis testen bij normaalhorende kinderen. Het effect is dermate groot dat de interpretatie van de uitkomsten op groepsniveau wordt gehinderd als er geen rekening wordt gehouden met deze leeftijdsafhankelijkheid. Het voorstel is dan ook om het vaste afkappunt van -12 dB SNR, dat voor kinderen van alle leeftijden geldt, aan te passen naar leeftijdsafhankelijke afkapwaarden.

De resultaten van de regressie analyse, betreffende de eerste individuele meting, kunnen hiervoor gebruikt worden (paragraaf 4.7.1). Volgens het model is de gemiddelde SRT uitslag voor een normaalhorend 5 jarig kind -12,84 dB SNR. Per leeftijdsjaar is er sprake van een significante verbetering (vermindering) in de gemiddelde SRT score ter grootte van 0,25 dB SNR (95%-BI: -0,43; -0,08;  $p=0,004$ ,  $R^2=0,11$ ). Op basis van de uitkomsten van deze studie doen wij een concreet voorstel voor de aanpassing van de afkapwaarden. In tabel 9 zijn de leeftijdsafhankelijke afkapwaarden weergegeven. De 'startwaarde' (het afkappunt bij 5 tot 6 jarigen) is gebaseerd op het 90<sup>ste</sup> percentiel van de huidige testuitslagen (van de eerste individuele afname): zo'n 90% van de normaalhorende kinderen uit de leeftijdscategorie 5 tot 6 jaar scoort -11,00 dB SNR of beter en zo'n 90% van de normaalhorende kinderen uit de leeftijdscategorie 6 tot 7 jaar scoort -11,25 dB SNR of beter.

Tabel 9. Leeftijdsafhankelijke afkapwaarden.

Leeftijdscategorie	Afkapwaarde (score positieve uitslag) (dB SNR)
<i>5 tot 6 jaar</i>	>-11,00
<i>6 tot 7 jaar</i>	>-11,25
<i>7 tot 8 jaar</i>	>-11,50
<i>8 tot 9 jaar</i>	>-11,75
<i>9 tot 10 jaar</i>	>-12,00
<i>10 tot 11 jaar</i>	>-12,25
<i>11 tot 12 jaar</i>	>-12,50

Tenslotte is gekeken hoe de 75 normaalhorenden scoren op de eerste individuele afname, op basis van de voorgestelde criteria (tabel 10). Tweënnegentig procent van de normaalhorende kinderen behaalt een negatieve score, ten opzichte van 89% zonder leeftijdsafhankelijke criteria (tabel 8).

Tabel 10. Hypothetische testuitslag Kinderhoortest, met leeftijdsafhankelijke criteria.

	Positieve uitslag n (%)	Negatieve uitslag n (%)
Normaalhorenden (n=75)	6 (8,0%)	69 (92,0%)
Slechthorenden (n=9)	1 (11,1%)	8 (88,9%)

Volledigheidshalve is tevens bepaald hoe de uitkomst ten opzichte van de leeftijdsafhankelijke criteria zijn voor de 9 “slechthorenden”. Omdat deze proefpersonen om verschillende redenen zijn geëxcludeerd (sommigen op basis van een verschil van 5 dB bij één frequentie), is het zuiverder om te spreken van proefpersonen die de toonaudiometrische norm voor “normaalhorend” niet haalden dan van “slechthorenden”.

### 5.5. Overige aanbevelingen

In deze sectie doen wij op basis van de resultaten van dit onderzoek een aantal aanbevelingen voor de implementatie van de Kinderhoortest in de praktijk.

- De Kinderhoortest is gericht op kinderen van 5 tot 12 jaar. Echter, de groep van kinderen van 5 jaar is ondervertegenwoordigd in dit onderzoek (n=7), waardoor de onderzoeksresultaten voor deze groep minder representatief zijn. Verder is gebleken dat deze kinderen moeite hadden met de uitvoering van de test. In de praktijk bleek het lastig te zijn om jonge kinderen duidelijk uit te leggen wat het doel was en hoe de test in zijn werking gaat. Het voorstel is dan ook om de Kinderhoortest te gebruiken voor kinderen vanaf 6 jaar.
- Uit dit onderzoek is gebleken dat de klassikale afname van de Kinderhoortest minder betrouwbaar is dan de individuele afname en resulteert in slechtere uitslagcores (deels verklaard door een leereffect, maar deels ook door manier van afname, meer onrust in de klas). Aanbevolen wordt om de test individueel af te nemen in een rustige ruimte, met gebruik van een hoofdtelefoon.
- Uit het onderzoek komt een duidelijk en significant leereffect naar voren. Het blijkt dat kinderen de test bij een tweede (en zelfs nog bij een derde afname) beter doen. Het leereffect bedraagt in deze studie ca. 0,5 – 0,6 dB. Om het aantal vals-positieve uitslagen te verkleinen, is het advies dan ook om een automatische retest in te bouwen bij een testuitslag die duidt op een verminderd gehoor.
- Perceptief vs. geleidingsverlies: er is behoefte aan een duidelijke instructie voor de ouders of begeleiders. De test is alleen gevoelig voor perceptieve gehoorverliezen, waarbij de selectiviteit van het gehoor wordt aangetast, en niet voor geleidingsverliezen, die juist bij jonge kinderen vaak voorkomen. Bij oudere kinderen in de leeftijd van zes tot twaalf jaar (de doelgroep van de Kinderhoortest), komt geleidings-slechthorendheid minder frequent voor dan op jongere leeftijd, maar het blijft één van de mogelijke gehooraandoeningen. Het is van belang om in de communicatie rondom de test (richting health professionals, leerkrachten, ouders, e.d.) te benadrukken dat een spraak-in-ruis test niet gevoelig is voor geleidingsverliezen (zoals die bij middenoorontstekingen voorkomen).
- Op basis van dit onderzoek (zie bijlage 3) is er geen aanwijzing om de testlengte verder in te korten. De testlengte bedraagt twintig woorden, met een aanloop van tien stimuli.

### 5.6. Suggesties voor vervolgonderzoek

In deze sectie geven we een aantal suggesties voor mogelijk vervolgonderzoek.

1. Eerst en vooral zou er onderzocht moeten worden in welke mate de Kinderhoortest een valide en betrouwbare screeningstest is om gehoorverliezen bij kinderen te kunnen detecteren. Hiervoor zou een grootschalig cross-sectioneel onderzoek uitgevoerd moeten worden, waarbij er bij een representatieve groep basisschoolkinderen in een realistische testomgeving (consultatiebureau of basisschool), de Kinderhoortest en een screeningsaudiogram worden afgenomen. Hierbij is het van belang om van te voren slechthorendheid bij kinderen te definiëren. In dit onderzoek vielen alle kinderen met een niet-normaal, afwijkend gehoor in de categorie “slechthorend”. Echter dit is een zeer strenge definitie. Het is daarom zuiverder om te spreken van proefpersonen die de toonaudiometrische norm voor “normaalhorend” niet haalden dan van “slechthorenden”. Als besloten is wat men eigenlijk verstaat onder een gehoorverlies en wat men wel of niet zou willen opsporen met behulp van de Kinderhoortest (welk type gehoorverlies en in welke mate), kan de sensitiviteit en de specificiteit van de Kinderhoortest bepaald worden.
2. In deze studie werd de Kinderhoortest twee keer afgenomen onder dezelfde omstandigheden bij de individuele afnames. Op die manier hadden wij de mogelijkheid om een uitspraak te doen over het leereffect dat optreedt bij herhaalde afname van de Kinderhoortest. In een eventueel vervolgonderzoek, zou het nuttig kunnen zijn om de test meerdere malen (meer dan tweemaal) af te nemen met verschillende tijdsintervallen. Men kan op die manier nagaan wanneer het leereffect zich stabiliseert, alsook kan men nagaan of er een leereffect aanwezig blijft bij een langer tijdsinterval tussen twee afnames.
3. Het kan nuttig zijn om in vervolgonderzoek de test af te nemen voor elk oor afzonderlijk. Op die manier zou er met een grotere nauwkeurigheid gescreend kunnen worden en kunnen asymmetrische gehoorverliezen worden opgespoord.
4. Verder is het interessant om te onderzoeken of de Kinderhoortest tevens thuis uitgevoerd kan worden. Hiertoe is het noodzakelijk om in kaart brengen in hoeverre de minder gecontroleerde omgeving en geringe supervisie (geen testafnemer, maar eventuele ondersteuning van een ouder) hun effect hebben op de testresultaten.

## Conclusie

Op basis van de uitgevoerde testen kunnen we de volgende conclusies trekken uit dit onderzoek:

1. De Kinderhoortest kan bij kinderen vanaf 6 tot 12 jaar oud worden uitgevoerd en heeft een goede reproduceerbaarheid (de test-retest betrouwbaarheid is beter dan 1 dB).
2. De testuitslagen van de mobiele versie en de pc versie (individueel afgenomen) waren niet significant verschillend en kunnen dus als gelijkwaardig worden beschouwd.
3. Er treedt een gering leereffect op (0,67 dB) dat verkleind zou kunnen worden door het inbouwen van een herhaalde test bij een uitslag die wijst op een verminderd gehoor.
4. Zowel bij de klassikale als bij de individuele afnames scoorden oudere kinderen significant beter dan jongere kinderen.
5. Deze leeftijdsafhankelijkheid is in kaart gebracht en bedraagt ongeveer 0,25 dB per levensjaar. Geadviseerd wordt om deze resultaten te verwerken in een leeftijdsafhankelijk afkappunt (zie tabel 9).
6. De relaties met de resultaten van screeningstoonaudiometrie zijn zwak, omdat binnen dit onderzoek gewerkt is met een selectie van normaalhorende kinderen. Maar dat was ook geen doel van het onderzoek).

## Referenties

- Hagerman, B. (1982). Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scandinavian Audiology*, 11, 79-87.
- Hughson, W., & Westlake, H. D. (1944). Manual for program outline for rehabilitation of aural casualties both military and civilian. *Transactions of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*, 48, 1-15.
- Keith, R.W. (1995). Development and standardization of SCAN-A: test of auditory processing disorders in adolescents and adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 6 (4), 286– 292.
- Keith, R.W., (2000). Development and standardization of SCAN-C test for auditory processing disorders in children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11 (8) (2000) 438.
- Koopmans W, Goverts T, Smits C. 2014, NVA voordracht, <http://www.ned-ver-audiologie.nl/wp-content/uploads/2014/09/Koopmans.pdf>
- Neijenhuis, K.A.M., Snik, A., Priester, G., van Kordenoordt, S., van den Broek, P., (2002). Age effects and normative data on a Dutch test battery for auditory processing disorders, *International Journal of Audiology*. 41, 334–346.
- Plomp, R., & Mimpen, A. M. (1979). Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology*, 18, 43-52.
- Plomp, R., & Mimpen, A.M. (1979a). Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 1333–1342.
- Sheikh Rashid, M., Dreschler W.A. Evaluatie Kinderhoortest. Augustus 2014. In opdracht van de Nationale Hoorstichting.
- Smits, C., Theo Goverts, S., & Festen, J. M. (2013). The digits-in-noise test: assessing auditory speech recognition abilities in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(3), 1693–706.
- Stevenson, J., McCann, D., Watkin, P., Worsfold, S., & Kennedy, C. (2009). The relationship between language development and behaviour problems in children with hearing loss. *The journal of child psychology and psychiatry*, 51, 77-83.
- Stollman, M.H.P., van Velzen, E.C., Simkens, H.M., Snik, A.F., & van den Broek, P. (2004). Development of auditory processing in 6–12-year-old children: a longitudinal study. *International Journal Audiology*, 43 (1), 34–44.
- van Leerdam, F.J.M., & van der Ploeg, C.P.B. (2004). Vroegtijdige opsporing van gehoorstoornissen door de jeugdgezondheidszorg. *Bijblijven*, 7, 247-254.
- World Health Organization (2015). Deafness and hearing loss. Geraadpleegd op oktober 18, 2015, van <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/>.
- Yathiraj, A., & Vanaja, C. S. (2015). Age related changes in auditory processes in children aged 6 to 10 years. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(8), 1224–1234.
- Yund, E. W., & Woods, D. L. (2010). Content and procedural learning in repeated sentence tests of speech perception. *Ear and Hearing*, 31(6), 769–778.



# Bijlage 1. Informatiebrief



## LEIDS UNIVERSITAIR MEDISCH CENTRUM

Leiden, 24 september 2015

In goed overleg met de directeur van de Koningin Wilhelminaschool in Rijnsburg, vragen wij u vriendelijk om de medewerking van uw zoon/dochter aan een korte evaluatie van de door ons ontwikkelde "kinderhoortest".

### Doel van het onderzoek

Om het gehoor van kinderen tussen vijf tot twaalf jaar te testen, kan er gebruik worden gemaakt van de eenvoudige online kinderhoortest, aangeboden door de Nationale Hoorstichting (voor meer informatie zie [www.kinderhoortest.nl](http://www.kinderhoortest.nl) of [www.hoorstichting.nl](http://www.hoorstichting.nl)). Van deze test werd een nieuwe versie ontwikkeld. Het doel van dit korte onderzoek is het evalueren van deze nieuwe versie, door de resultaten te vergelijken met een screeningsaudiogram.

### Opzet van het onderzoek

In totaal zullen uit elke groep (2 t/m 8) zo mogelijk vijftien kinderen deelnemen aan dit onderzoek. De nieuwe versie van de kinderhoortest wordt via de computer (PC) afgenomen. De afname vindt klassikaal plaats. Tevens zal er individueel een toonaudiogram gemaakt worden. Dit onderzoek geeft een goed beeld van het gehoor. Daarnaast wordt ook de mobiele versie van de nieuwe kinderhoortest getest. Dit alles neemt ongeveer dertig minuten in beslag en zal op een geschikt moment in de maand oktober worden uitgevoerd.

Wanneer uw kind onverhoopt niet goed scoort op de test, wordt er contact met u opgenomen. Hierbij wordt u de mogelijkheid geboden om een wat uitgebreidere test te laten afnemen, om zo het gehoor verder te controleren. Vervolgens zal dit resultaat met u besproken worden door dr. ir. Jan A.P.M. de Laat, als klinisch-fysicus – audioloog verbonden aan het Audiologisch Centrum van de afdeling KNO van het LUMC.

### Eventuele risico's en vrijwillige deelname aan het onderzoek

Deelname aan dit onderzoek brengt geen risico's met zich mee. Wel zijn de resultaten van nut voor de verbetering van deze gehoortest bij kinderen. Deelname aan dit onderzoek is volledig vrijwillig.

### Vertrouwelijkheid van de gegevens

Alle gegevens die tijdens dit onderzoek verzameld worden, worden vertrouwelijk behandeld. De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden in een wetenschappelijke publicatie, maar ook dan is er sprake van anonieme gegevensverwerking en zijn die niet tot een persoon herleidbaar.

### Tenslotte

Mocht u naar aanleiding van deze informatie nog vragen hebben dan kunt u contact opnemen met de audioloog, de heer dr. ir. Jan A.P.M. de Laat, tel. 071-5266799, of 071-5261314.

We willen u vragen het toestemmingsstrookje of dit A4-tje ingevuld weer met uw kind mee te geven naar school.



Ik, ondergetekende, .....(naam),

ouder / voogd van ..... (naam), leerling van groep .....

geef wel / geen toestemming voor deelname aan dit onderzoek en verklaar hierbij naar tevredenheid te zijn geïnformeerd. Ik heb het recht mijn toestemming op ieder moment zonder reden in te trekken.

Handtekening:

Datum:



## Bijlage 2. Vragenlijst



### LEIDS UNIVERSITAIR MEDISCH CENTRUM

#### Vragenlijst ouder(s)/verzorger(s), Evaluatie [www.kinderhoortest.nl](http://www.kinderhoortest.nl)

Voornaam kind:

Achternaam kind:

Geboortedatum kind:

Woonplaats:

Adres:

Postcode:

Telefoonnummer ouder(s)/verzorger(s):

E-mailadres ouder(s)/verzorger(s):

1. Heeft uw kind op dit moment gehoorklachten?

- Nee
- Ja

2. Heeft uw kind in het verleden gehoorklachten gehad?

- Nee
- Ja

3. Indien uw kind gehoorklachten heeft (gehad), welke? (Bijvoorbeeld: al dan niet terugkerende oorontsteking, aangeboren afwijkingen etc.)

4. Indien er sprake is (geweest) van gehoorklachten, aan welke zijde?

- Rechts
- Links
- Beiderzijds

5. Zijn er overige bijzonderheden te melden over uw kind? (Bijvoorbeeld: concentratieproblemen die van invloed kunnen zijn op de test, sociaal-emotionele problemen etc.)



### Bijlage 3. Invloed testlengte

In dit onderzoek is geanalyseerd wat de invloed is van de lengte van de aanloop tot de daadwerkelijke meting en de totale testlengte van de Kinderhoortest op de gemiddelde SRT en intra-individuele standaarddeviatie. Dit is bepaald voor de testresultaten van de individuele mobiele afname.

De huidige test bestaat uit een totaal aantal van 20 stimuli. Er is sprake van een aanloop van 10 stimuli. De SRT wordt berekend over de laatste 10 aanbiedingen (groen gemarkeerde combinatie). Dit resulteert in een gemiddelde SRT van -14,11 dB SNR en een gemiddelde intra-individuele standaarddeviatie van 1,9 dB. De resultaten behorende bij de verschillende combinaties (een aanloop van 4, 8 of 10 stimuli, gecombineerd met een totale test lengte van 16 of 20 stimuli), worden weergegeven in onderstaande tabel. Het onderzoek dat in 2015 is uitgevoerd ging uit van een test met een totale lengte van 16 aanbiedingen en een aanloop van 4 (rood gemarkeerde combinatie).

Het blijkt dat een langere aanloop tot een beter resultaat (een lagere gemiddelde SRT score) leidt, met een kleinere intra-individuele standaarddeviatie (betrouwbaarder resultaat). Dit geldt zowel voor een totale testlengte van 16 als van 20 aanbiedingen.

Echter, de analyse is alleen verricht onder normaalhorende kinderen. Het zou kunnen dat kinderen die minder goed horen een langere test nodig hebben om tot een betrouwbaarder resultaat te komen. Het voorstel is dan ook om op basis van dit onderzoek, de testlengte niet verder in te korten.

Aanloop (# stimuli)	Totale lengte (# stimuli)			
	16		20	
	SRT (dB)	intra-test sd (dB)	SRT (dB)	intra-test sd (dB)
4	-12,85	2,50	-13,16	2,48
8	-13,93	1,85	-13,98	1,94
10	-14,13	1,73	-14,11	1,90