

Validering van een categorale spraakwaarnemings-test voor kinderen

Karin Neijenhuis¹, Thom Crul^{1,3}, Ben Maassen^{2,3} en Paul Groenen^{1,3}

Academisch Ziekenhuis Nijmegen St. Radboud

¹ *Afdeling Keel-, Neus- en Oorheelkunde, Kinderaudiologisch Centrum,* ² *Interdisciplinair Kinderneurologisch Centrum,* ³ *Medische Psychologie*

Bij centraal auditieve verwerkingsstoornissen kan er ook sprake zijn van spraakwaarnemingsproblemen. Kinderen met centraal auditieve verwerkingsproblemen worden vaak gekarakteriseerd als slechte luisteraars, snel afgeleid, met een korte aandachtsspanne en een zwak auditief geheugen voor gesproken informatie. Om deze problemen adequaat te kunnen diagnostiseren, is een categorale spraakwaarnemingstest ontwikkeld. Deze test, die de waarneming van foneemcontrasten meet, is gevalideerd met behulp van reeds bestaande centraal auditieve tests (gefilterde spraak, binaurale fusie, spraak-in-ruis). De gebruikte foneemcontrasten zijn plaats-van-articulatie (/b/-/d/) en stemhebbendheid (/b/-/p/).

De onderzoeksgroep bestond uit 51 leerlingen van scholen voor speciaal onderwijs aan kinderen met ernstige spraak/taalproblemen, waarbij tevens luisterproblemen geobserveerd waren. De controlegroep bestond uit 30 leerlingen van een basisschool met een normale ontwikkeling. De leeftijden variëren van 5;4 tot 8;11 jaar.

Dit onderzoek toont aan, dat een categorale spraakwaarnemingstest een bruikbare test is om kinderen met een zwakke centraal auditieve verwerking te diagnostiseren. De test vormt een aanvulling op het bestaande arsenaal aan spraakwaarnemingstests.

Inleiding

Onderzoek naar spraakwaarneming wordt door verschillende disciplines uitgevoerd. In dit artikel zullen audiologische en psycholinguïstische onderzoeksmethoden gecombineerd worden. Gebleken is dat psycholinguïstische inzichten een waardevolle aanvulling kunnen vormen op bestaande audiologische methoden van onderzoek op het gebied van de spraakwaarneming (Groenen, 1997).

Correspondentieadres: Mw. drs. C.A.M. Neijenhuis, Academisch Ziekenhuis St. Radboud, 811 KNO / Kinderaudiologie, Postbus 9101, 6500 HB Nijmegen
E-mail: k.neijenhuis@kno.azn.nl

Audiologie en spraakwaarneming

Binnen de audiologie bestaan tests op het gebied van de centraal auditieve verwerking; de spraakwaarneming vormt hiervan een onderdeel. Een centraal auditieve verwerkingsstoornis (CAPD, Central Auditory Processing Disorder) is een stoornis in de auditieve waarneming bij afwezigheid van een perifere hoorstoornis.

De ASHA (American Speech-Language-Hearing Association) gebruikt een functionele definitie: een centraal auditieve verwerkingsstoornis is een geobserveerd tekort met betrekking tot één of meer auditieve processen, waaronder auditieve discriminatie; temporele aspecten van het horen; verminderde auditieve prestatie bij competerende akoestische signalen of verminderde auditieve prestatie bij gedegradeerde akoestische signalen (ASHA, 1996).

Kinderen met centraal auditieve verwerkingsstoornissen kunnen de volgende problemen hebben: a) moeite met spraakverstaan in de aanwezigheid van achtergrondgeluid; b) snel afgeleid zijn en hyperactiviteit; c) korte aandachtsspanne; d) slecht auditief geheugen, met name voor linguïstisch complex materiaal; e) moeite met het begrijpen van verbale opdrachten; f) slechte leerprestaties en leesproblemen vanwege auditief-fonetische verwarring (Chermak & Musiek, 1992).

Normale spraak vertoont een grote mate van redundantie. Wanneer hiervan gebruik gemaakt zou worden bij het vaststellen van centraal auditieve verwerkingsproblemen, zou dit een ongevoelige test opleveren. Daarom worden bij het diagnostiseren van centraal auditieve verwerkingsproblemen de condities, waarin het spraaksignaal waargenomen moet worden, bemoeilijkt, zodat zwak functionerende centraal auditieve processen eerder ontdekt worden. Bocca en Calero (1963) redeneren als volgt: zowel het neurologische auditieve systeem van een normale luisteraar als het inkomende spraaksignaal zijn redundant. Bij een grote mate van *extrinsieke* redundantie van het akoestische spraaksignaal kan een licht verminderde *intrinsieke* redundantie van het spraakwaarnemingssysteem niet worden aangetoond. Om de test gevoeliger te maken moet men de luisteraar dus minder redundante stimuli aanbieden. Het verminderen van de redundantie van het spraaksignaal kan op twee verschillende manieren worden gedaan: enerzijds bestaat er een psychofysische benaderingswijze, anderzijds een psycholinguïstische. Binnen de audiologie wordt de psychofysische benadering toegepast, bijvoorbeeld door gebruik te maken van gefilterde spraak of spraak in competerend achtergrondgeluid.

Psycholinguïstiek en spraakwaarneming

Binnen de psycholinguïstiek wordt onder andere gebruik gemaakt van spraakwaarnemingsmodellen. Het Dual-Process model past binnen het kader van de centraal auditieve spraakverwerkingsprocessen. Dit model is geïntroduceerd door Fujisaki en Kawashima en uitgewerkt door Pisoni (1973). In het dual-process model onderscheidt men bij verwerking van spraakgeluiden twee verschillende niveaus: een auditief en een fonetisch niveau. De niveaus zijn nagenoeg tegelijk of in zeer snelle opeenvolging actief. Op het auditieve niveau komt alle akoestische informatie binnen. Er worden kenmerken uit het akoestisch signaal geëxtraheerd en in het auditief geheugen bewaard. Omdat bij spraaksignalen het probleem van de akoestische invariantie

speelt, moet dit opgevangen worden op een ander niveau: het fonetisch niveau. Op dit niveau bevindt zich een 'decoder', die het akoestisch signaal in fonemen omzet. Liberman (1967) noemt deze decoder de 'speech code'. In tegenstelling tot een continue waarneming op het auditieve niveau, vindt op het fonetische niveau categorale waarneming plaats.

Categorale spraakwaarneming

Een fenomeen, dat bovengenoemd model mede tracht te verklaren is de categorale spraakwaarneming. Dit houdt in, dat spraakklanken als afzonderlijke categorieën worden waargenomen. Een luisteraar onderscheidt fonemen door het extraheren van distinctieve kenmerken uit het akoestisch spraaksignaal.

Categorale spraakwaarneming kan onderzocht worden met behulp van een zogenaamd spraakcontinuüm. Dit bestaat uit een serie van opeenvolgende stimuli, waarbij een bepaald foneem door systematische manipulatie stapsgewijze wordt veranderd in een contrasterende spraakklank. Als voorbeeld kan genoemd worden het foneemcontrast /b/-/d/. Het onderscheid tussen deze twee spraakklanken wordt bepaald door het distinctief kenmerk 'plaats van articulatie'. Bij aanbieding van deze opeenvolgende stimuli neemt men een abrupte overgang van het ene naar het andere foneem waar. Op akoestisch niveau toont een spraakcontinuüm een geleidelijke overgang van het ene foneem naar het andere foneem, terwijl er in de waarneming een abrupte overgang plaatsvindt (zie Liberman e.a., 1957).

Het Kinderaudiologisch Centrum (KAC) en het Interdisciplinair Kinderneurologisch Centrum (IKNC) van het Academisch Ziekenhuis St. Radboud doen al geruime tijd onderzoek naar de spraakwaarneming van diverse groepen kinderen met primaire en secundaire spraak/taalproblemen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een soortgelijke test, die de categorale spraakwaarneming van een luisteraar onderzoekt. Onderzoek met behulp van deze test heeft uitgewezen, dat kinderen met een belaste voorgeschiedenis wat betreft spraak/taalontwikkeling (spraakontwikkelingsdyspraxie, dyslexie, vroegtijdige middenoorproblemen) een zwakke categorale spraakwaarneming kunnen vertonen; bepaalde foneemcontrasten worden door hen minder goed waargenomen (Groenen, Crul, Maassen & van Bon, 1996a; Groenen, Maassen, Crul & Thoonen, 1996b; Groenen, Maassen, Crul, Assman-Hulsmans, 1998).

Op grond van deze bevindingen ontstond het idee om de in verschillende condities gebruikte categorale spraakwaarnemingstest te standaardiseren. Een psycholinguïstische benadering van centraal auditieve verwerkingsproblemen zou een waardevolle aanvulling kunnen zijn op de klassieke, psychofysische benadering middels reeds bestaande centraal auditieve tests. Klinisch gebruik van de test leek zinvol, aangezien er een verband is aangetoond tussen categorale spraakwaarneming en hogere linguïstische processen. Dit verband is onder andere aangetoond door Tallal en collega's. Uit hun onderzoek blijkt, dat kinderen met taalstoornissen vaak problemen hebben met het waarnemen van kortdurende en snel veranderende akoestische cues in het spraaksignaal, die kritisch zijn voor de waarneming van een bepaald spraakkenmerk (Tallal, Miller, Bedi, Byrna, Wang, Nagarajan, Schreiner, Jenkins & Merzenich, 1996; Merzenich, Jenkins, Johnston, Schreiner, Miller & Tallal, 1996).

Centrale vraagstelling

Voordat een test klinisch toegepast kan worden, is het noodzakelijk om deze te valideren. In dit onderzoek wordt dit gedaan door de test enerzijds te vergelijken met bestaande tests op hetzelfde gebied, in dit geval drie centraal auditieve spraakwaarnemingstests: een gefilterde spraaktest, een binaurale fusietest en een spraak-in-ruis-test. Anderzijds is er sprake van vergelijking met een controlegroep kinderen.

De vraagstelling van het onderzoek luidt: is een categorale spraakwaarnemingstest een bruikbare test om aan de reeds bestaande centraal auditieve tests toe te voegen? Als eerste hypothese werd gesteld dat een categorale spraakwaarnemingstest kinderen met luisterproblemen (CAPD) kan onderscheiden van kinderen zonder luisterproblemen. De tweede hypothese stelt, dat een categorale spraakwaarnemingstest door de psycholinguïstische benadering een nuttige aanvulling kan zijn bij de diagnostisering van centraal auditieve verwerkingsstoornissen met behulp van reeds bestaande centraal auditieve tests.

Methode

Testmateriaal

Voor de testafname werden drie reeds bestaande centraal auditieve tests samen met een categorale spraakwaarnemingstest op Compact Disc opgenomen. Allereerst volgt een beschrijving van deze centraal auditieve tests. Deze zijn reeds eerder gebruikt in onderzoek op het instituut St. Marie te Eindhoven (Simkens & van Velzen, 1993; van Velzen, Simkens & Stollman, 1995). Er is naar aanleiding van de onderzoeksresultaten een keuze gemaakt uit de batterij van reeds eerder gebruikte tests: de tests die het best tussen onderzoeks- en controlegroepen discrimineerden, kwamen in aanmerking. Het oorspronkelijke spraakmateriaal is afkomstig van de Bosman (kinder-)lijsten, welke ontwikkeld zijn voor spraakaudiometrie (NVA). Deze lijsten bevatten series van 12 betekenisvolle CVC-woorden. Per afnameconditie werd een lijst aangeboden, waarvan het oorspronkelijke spraaksignaal op verschillende, psychofysische, manieren bewerkt is. De taak voor de proefpersoon is het via de koptelefoon aangeboden woord na te zeggen. Hieronder volgt een beschrijving van de drie gebruikte tests.

1. gefilterde spraaktest

In deze test wordt de redundantie van het spraaksignaal verminderd door middel van filtering. De woorden werden hiervoor gefilterd met een laagdoorlaatfilter met een afsnijfrequentie van 500 Hz en een helling van 18 dB per octaaf. De woorden werden monuraal aangeboden.

2. binaurale fusie

De mate van binaurale interactie speelt een rol bij deze test. Er is gebruik gemaakt van een binaurale fusietest volgens Matzker (1959). De woorden zijn gefilterd in twee frequentiebanden: een hoge band (2000 Hz BP) en een lage band (400 Hz BP). De frequentiebanden geven elk op zich onvoldoende informatie voor het spraakverstaan,

maar geven samen een goede perceptie. Voor beide frequentiebanden geldt een bandbreedte van 100 Hz en een helling van 36 dB per octaaf. De test is in vier verschillende condities afgenomen: monauraal (2x) en binauraal (2x).

3. spraak-in-ruis

Deze test betreft het aanbieden van spraak in achtergrondgeluid. Tegelijk met de spraak is een ruissignaal hoorbaar, dat de waarneming van de spraak beïnvloedt. De signaal-ruisverhouding (S/N) wordt gevarieerd. Deze test is eveneens in 4 condities aangeboden: diotisch (d.w.z. aan beide oren spraak en ruis) met S/N -5 en -10 dB en monauraal met S/N -5 en -10 dB.

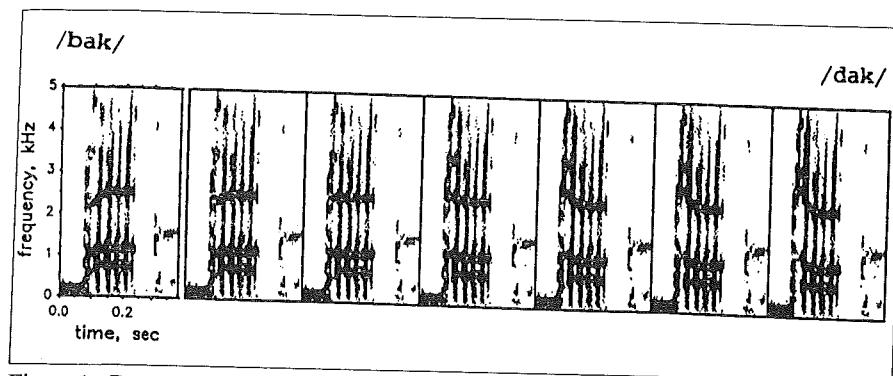
Voorafgaand aan elke nieuwe test werd een oefenlijst aangeboden, waarvan het resultaat niet werd meegeteld bij de analyse. De woorden werden op een geluidssterkte van 65 dB (SPL) aangeboden, dat wil zeggen op een comfortabel niveau.

De te valideren categorale spraakwaarnemingstest meet de vaardigheid om foneemcontrasten adequaat waar te nemen. In deze test worden twee foneemcontrasten gebruikt, nl. het contrast tussen /b/ en /d/ (het kenmerk plaats van articulatie) en het contrast tussen /b/ en /p/ (het kenmerk stemhebbendheid). Er zijn twee spraakcontinua vervaardigd. Een spraakcontinuüm is het resultaat van een serie bewerkingen van het akoestische spraaksignaal, waarbij een relevant akoestisch kenmerk dat verantwoordelijk is voor de waarneming van een bepaald foneemcontrast in een aantal kleine stapjes systematisch wordt gemanipuleerd. Hierdoor wordt een overgang van het ene foneem naar het andere foneem gerealiseerd. Het resultaat hiervan is een serie stimuli, die op fysisch niveau geleidelijk overgaan van het ene naar het andere foneem. Op perceptief niveau vindt de overgang abrupt plaats. De stimulus waar de abrupte overgang plaatsvindt wordt de foneemgrens genoemd.

De stimuli zijn op soortgelijke wijze geconstrueerd als de stimuli in onderzoek naar categorale perceptie bij kinderen met dyslexie (Groenen e.a., 1998). Hierbij werd uitgegaan van de originele stimulus: het woord "bak", uitgesproken door een volwasen man. Vervolgens werd deze gesynthetiseerd en met behulp van het Interactive

Tabel 1. Startwaarden van de tweede en derde formanttransities van de stimuli in het plaats-van-articulatie continuüm.

stimulus	F2	F3	
1	1000	2150	/bak/
2	1083	2317	
3	1167	2483	
4	1250	2650	
5	1333	2817	
6	1417	2983	
7	1500	3150	/dak/



Figuur 1. De zeven stimuli van het /bak/-/dak/-continuüm, weergegeven in een spectrogram.

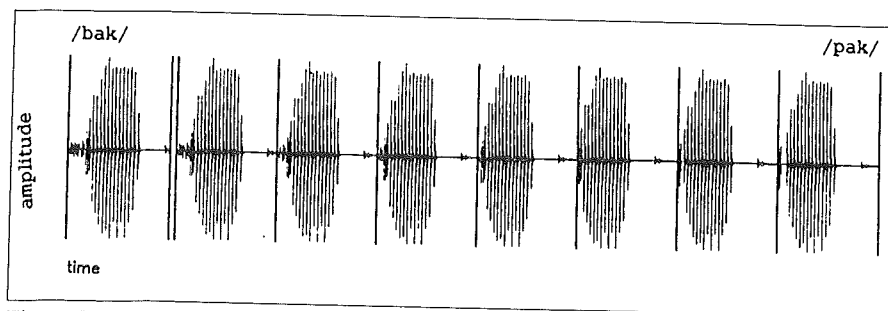
Laboratory System (ILS, V6.1, 1989) bewerkt. Voor het plaats van articulatie-continuüm zijn de formanttransities van de /b/ in /bak/ bewerkt. De opeenvolgende stimuli verschillen van elkaar in de startwaarde en steilheid van de transities van de tweede en derde formant. De startfrequenties van de F2 en de F3 voor elke stimulus zijn genoteerd in tabel 1. F1 startte telkens bij 400 Hz. Het laatste gedeelte van de klinker /a/ bevatte stationaire formantwaarden zoals die in het Nederlands voorkomen: 750 Hz (F1), 1150 Hz (F2) en 2500 Hz (F3).

Vervolgens werden de gemanipuleerde spectrale gegevens geresynthetiseerd. De geresynthetiseerde klinkerdelen werden in de originele uiting /bak/ gevoegd, waardoor zeven stimuli ontstonden. De opeenvolgende stimuli vormen een perceptueel contrast van /bak/ naar /dak/.

Het stemhebbendheid-continuüm bestaat uit acht stimuli, waarbij de voice lead van de initiële medeklinker /b/ steeds iets verkort wordt. De Voice Onset Time (VOT)-waarden verschillen ongeveer 10 ms onderling. De opeenvolgende 8 stimuli hebben VOT-waarden van: -52.7, -40.9, -29.1, -19.1, -10.8, 0, +16.0 ms. Het resultaat is een continuüm, bestaande uit acht opeenvolgende stimuli, die een perceptueel contrast vormen van /bak/ naar /pak/.

Voor beide continua werden twee taken afgenomen:

1. Een identificatietask, waarbij de proefpersoon na een aangeboden stimulus het bijbehorende plaatje moest aanwijzen. Voor het /b/-/d/ continuüm kon men kiezen



Figuur 2. De acht stimuli van het /bak/-/pak/-continuüm, weergegeven in een oscillogram.

tussen een plaatje van een "bak" en een plaatje van een "dak", voor het /b/-/p/ continuum waren dat plaatjes van een "bak" en een "pak".

Elke stimulus werd tien keer aangeboden in een gerandomiseerde volgorde. Het plaats van articulatie-continuüm bevatte zodoende 5 series van 14 stimuli, het stemhebbendheid-continuüm bevatte 5 series van 14 stimuli.

2. Een discriminatietaak, waarbij stimulusparen werden aangeboden. De proefpersoon kreeg twee plaatjes voor zich, die symbolisch de begrippen 'hetzelfde' en 'verschillend' voorstelden. Na aanbieding van een stimuluspaar kon de proefpersoon door middel van aanwijzen aangeven of de twee aangeboden stimuli als hetzelfde of verschillend werden waargenomen.

De afzonderlijke stimuli zijn steeds twee stappen van elkaar verwijderd binnen het continuüm. Voor het plaats van articulatie-continuüm onstaan zodoende 5 verschillende paren (1-3, 2-4, 3-5, 4-6, 5-7), voor het stemhebbendheid-continuüm ontstonden 6 paren (6-8 eraan toegevoegd). Elk stimuluspaar werd wederom tien keer aangeboden in gerandomiseerde volgorde, zodat het plaats van articulatie-continuüm 5 series van 10 paren bevatte en het stemhebbendheidcontinuüm 5 series van 12 paren.

De intensiteit waarmee de stimuli van de categorale spraakwaarnemingstest werden aangeboden was 70 dB (binauraal, via koptelefoon).

Proefpersonen

Er zijn 81 proefpersonen geselecteerd, bestaande uit een onderzoeksgroep (51 personen) en een controlegroep (30 personen). Alle proefpersonen hadden een normaal gehoor op basis van toonaudiogram en tympanogram, een gemiddelde (performale) intelligentie en Nederlands als moedertaal. Hun leeftijd lag tussen de 5;4 en 8;11 jaar. Ze werden verdeeld in drie leeftijdscategorieën: 6, 7 en 8 jaar.

De onderzoeksgroep bestond uit leerlingen van 3 verschillende scholen voor kinderen met ernstige spraak/taalproblemen (ESM-onderwijs). Het belangrijkste selectie criterium voor de onderzoeksgroep was de aanwezigheid van niet op slechthorendheid gebaseerde luisterproblemen (= centraal auditieve verwerkingsproblemen), door de leerkracht geobserveerd. Voor de selectie werd een observatielijst gebruikt, waarop de ernst van de problematiek kon worden ingevuld (naar: Sanger, Keith & Maher, 1987). Verder werd vereist dat ze over de vaardigheid beschikten om eenvoudige monosyllaben (CVC-woorden) correct na te spreken. De controlegroep bestond uit gemiddeld presterende leerlingen van een reguliere basisschool, die geen luisterproblemen vertoonden.

De testbatterij werd afgenomen in twee sessies van ongeveer 3 kwartier. Er werd voor de testafname gebruik gemaakt van vooraf gecalibreerde apparatuur, te weten een CD-speler, klinische audiometer met bijbehorende koptelefoon en een tympanometer. Zes vierdejaars logopediestudenten van de Hogeschool Arnhem en Nijmegen hebben de gegevens verzameld op 4 verschillende testlokaties.

Tabel 2. Resultaten van de multivariate variantie-analyses (groep \times leeftijd) op de gegevens van de drie klassieke centraal auditieve tests.

testconditie	factoren					
	groep			leeftijd		
	F	df	p	F	df	p
gefilterde spraak rechts	9.39	1;75	.003**	3.94	2;75	.024*
gefilterde spraak links	.26	1;75	.614	3.50	2;75	.035*
monaurale fusie	8.88	1;75	.004**	2.77	2;75	.069
binaurale fusie	8.47	1;75	.005**	7.82	2;75	.001**
spraak-in-ruis -5dB	6.77	1;75	.011*	2.26	2;75	.111
spraak-in-ruis -10dB	2.05	1;75	.156	1.51	2;75	.228

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Resultaten

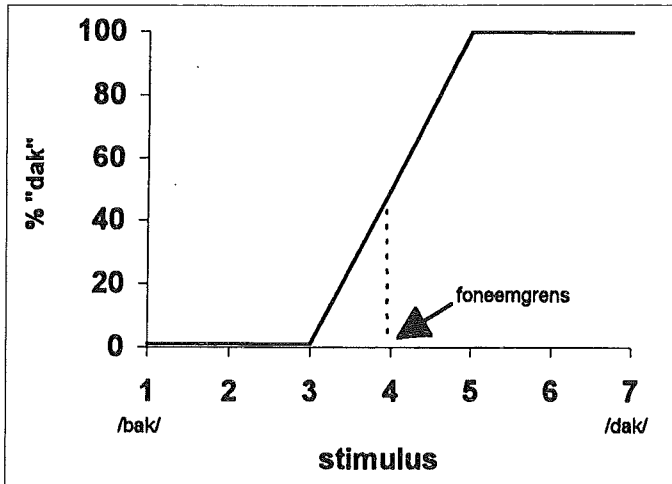
De resultaten op de centraal auditieve tests zijn met behulp van variantie-analyses getoetst. De resultaten op de categorale spraakwaarnemingstest ondergingen diverse analyses alvorens de verschillende tests met elkaar vergeleken konden worden.

Resultaten van de drie centraal auditieve tests

De resultaten van de variantie-analyses (groep \times leeftijd) staan vermeld in tabel 2. Elke test is uiteindelijk verdeeld in twee experimentele condities, zodat er 6 verschillende testresultaten getoetst konden worden. Bij de scores op de drie centraal auditieve tests treden diverse leeftijds- en groepseffecten op. De controlegroep scoorde significant beter dan de onderzoeksgroep op gefilterde spraak rechts, monaurale en binaurale fusie en spraak-in-ruis met S/N -5 dB. Significante leeftijdseffecten werden gevonden voor gefilterde spraak rechts en links en binaurale fusie.

Bij de gefilterde spraaktest is opvallend, dat er in de controlegroep rechts beter gescoord wordt dan links, terwijl dat verschil in de onderzoeksgroep afwezig lijkt. Dit effect is statistisch getoetst door de verschilscore tussen links en rechts te berekenen en hiermee een one way variantie-analyse uit te voeren (factor groep). Het groepsverschil blijkt significant ($F(1;75) = 4.48, p < 0.05$). De controlegroep scoort een significant groter verschil tussen links en rechts en heeft dus een rechter-ooroordeel.

Bij de fusietest wordt op de binaurale fusie-conditie in het algemeen lager gescoord dan op de monaurale fusie-conditie, alhoewel voor beide condities groepseffecten optreden. Bij de spraak-in-ruistest werd door beide groepen zeer laag gescoord op de conditie S/N -10 dB (rond de 30 %), hierin was geen leeftijdseffect aantoonbaar. De conditie S/N -5 dB bleek sensitiever, aangezien hierbij een significant groepseffect werd behaald.



Figuur 3. Voorbeeld van een goede categorisatie. De foneemgrens ligt bij stimulus 4: dat punt, waarop 50% geïdentificeerd wordt als lid van de ene categorie, 50% als lid van de andere categorie.

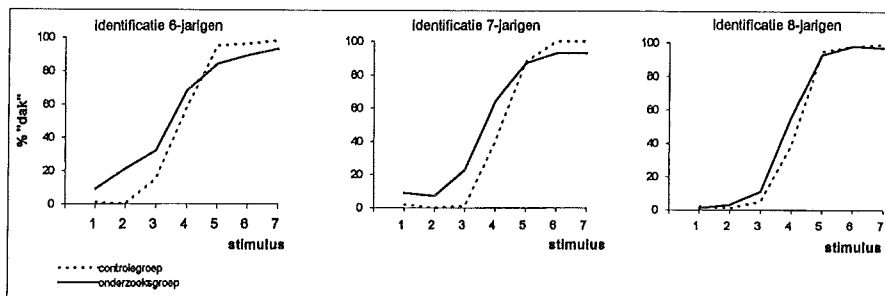
Resultaten van de categorale spraakwaarnemingstest

De resultaten op de categorale spraakwaarnemingstests zijn op verschillende manieren geanalyseerd. Voor de identificatiegegevens zijn een probit-analyse (Finney, 1971) en een berekening van de Categorical Score uitgevoerd (Fourcin, 1978), voor de discriminatiegegevens werd een vergelijking gemaakt met een voorspelde discriminatiecurve en werden de gemiddelde aantallen 'verschillend'-responsen berekend.

De resultaten op de identificatietask worden weergegeven in een perceptiecurve. Deze wordt gevormd door het percentage correcte identificaties uit te zetten tegen de verschillende stimuli. Bij een goede categorisatie wordt een curve, vergelijkbaar met figuur 1, verkregen (figuur 3).

Op basis van vooraf gestelde selectiecriteria met betrekking tot de vorm van de identificatiecurve, vielen enkele proefpersonen af voor verdere analyse; bij hen was geen sprake van categorale spraakwaarneming van de geconstrueerde continua. De criteria waren: passeren van het 50 % -punt, monotone stijging van de curve, geen horizontale lijn. Voor de categorale waarneming betreffende het foneemcontrast /b-/d/ bleven voldoende proefpersonen over (71 van de 81) voor verdere analyse. Voor het foneemcontrast /b-/p/ vielen 45 van de 81 identificatiecurves af op grond van gestelde criteria. Aangezien het hier uitvallers in zowel onderzoeks- als controlegroep betrof, is besloten om de resultaten op deze test verder buiten beschouwing te laten. Bij de meerderheid van de proefpersonen blijkt de categorale spraakwaarneming afwezig voor het stemhebbendheid-contrast. In de discussie zal hierop kort worden ingegaan.

De probit-analyse betreffende de identificatie /bak-/dak/ verstrekt gegevens over de foneemgrens en de helling (slope) van de identificatiecurves. De steilheid van de identificatiecurve geeft de mate van categorisatie aan. Een steile overgang geeft een



Figuur 4. Gemiddelde identificatiecurves (/bak/-/dak/) van de onderzoeks- en controlegroep, onderverdeeld in drie leeftijdsgroepen. Met name de steilheid van de curve verschilt per groep. De niet-categoriale perceptiecurves ('uitvallers') werden niet meegerekend.

kritisch onderscheidingsvermogen van de twee categorieën aan, een minder steile overgang geeft een diffuser onderscheidingsvermogen aan. Bij vergelijking van de steilheid van de curves blijken duidelijke leeftijds- en groepsverschillen (zie tabel 3). De mate van categorisatie is tevens beoordeeld met behulp van een formule voor de Categorical Score, hier ook wel c-score genoemd (Fourcin, 1978). Deze wordt als volgt gedefinieerd:

$$\text{Discrimination} = D = \frac{(\text{aantal correcte identificaties})}{(\text{aantal mogelijke correcte identificaties})}$$

$$\text{Categorical Score} = C = 2 \cdot (D - 0.5)$$

De c-score blijkt, evenals de helling van de identificatiecurves, significante leeftijds- en groepsverschillen te geven.

De hoogte van de categoriale score zegt iets over de mate van categorisatie door de proefpersoon en valt tussen een score 0 (minimaal) en 1 (maximaal). Er is een indeling gemaakt in drie groepen: 1) geen categorisatie: c-score 0.5; 2) matige categorisatie: c-score < 0.5 - 0.74; 3) goede categorisatie: c-score > 0.75. Voordeel van deze manier

Tabel 3. Resultaten van de multivariate variantie-analyses (groep × leeftijd) op helling, foneemgrens en c-score van de identificatie /bak/-/dak/. De zgn. 'uitvallers' (=niet-categoriserende curves) zijn hierbij niet meegerekend.

	factoren					
	groep			leeftijd		
	F	df	p	F	df	p
helling	23.71	1;65	.000*	3.75	2;65	.029*
foneemgrens	1.83	1;65	.181	.88	2;65	.418
c-score	25.77	1;65	.000**	8.21	2;65	.001**

* p < 0.05; ** p < 0.01

Tabel 4. Mate van categorisatie (b-d) binnen de onderzoeksgroep, aangegeven in aantallen en percentages proefpersonen.

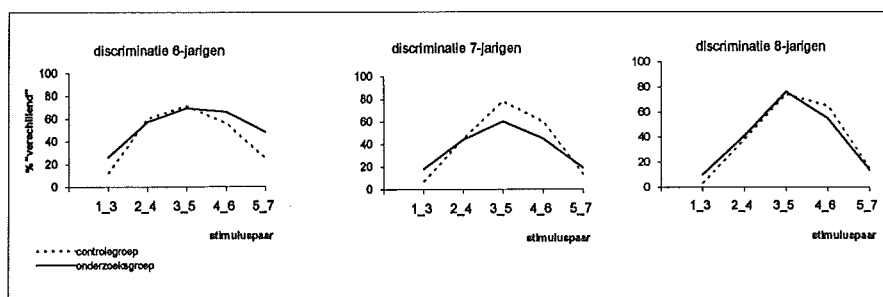
	6 jaar		7 jaar		8 jaar		totaal	
	n	%	n	%	n	%	n	%
geen categorisatie	6	40	4	22	2	11	12	24
matige categorisatie	5	33	5	28	4	22	14	27
goede categorisatie	4	27	9	50	12	67	25	49
totaal	15		18		18		51	

Tabel 4. Mate van categorisatie (b-d) binnen de controlegroep, aangegeven in aantallen en percentages proefpersonen.

	6 jaar		7 jaar		8 jaar		totaal	
	n	%	n	%	n	%	n	%
geen categorisatie	1	8	0	0	1	8	2	7
matige categorisatie	2	17	0	0	0	0	2	7
goede categorisatie	9	75	6	100	11	92	26	87
totaal	12		6		12		30	

van analyseren is, dat de zogenaamde 'uitvallers' in de eerste categorie ingedeeld kunnen worden en zodoende niet afvallen voor verdere analyse. Uit de verdeling naar mate van categorisatie bleek dat 50 % van alle kinderen in de onderzoeksgroep matig of niet categoriseert, vergeleken met 13% van de controlegroep.

Bij de beoordeling van de discriminatiecurves van het foneemcontrast /b/-/d/ waren geen evidente effecten aantoonbaar. Een algemene maat van discriminabiliteit kon niet berekend worden. In het algemeen kan geconcludeerd worden, dat er gemiddeld bij de jongere kinderen van de onderzoeksgroep (6-jarigen) de neiging bestaat om vaker 'verschillend' te antwoorden. Naarmate de leeftijd vordert wordt de



Figuur 5. Gemiddelde discriminatiecurves (/bak/-/dak/) van de onderzoeks- en controlegroep, onderverdeeld in drie leeftijdsgroepen. De 'uitvallers' op de identificatietask werden niet meegerekend.

'gepiektheid' van de curve meer uitgesproken, waardoor er een leeftijdseffect lijkt te bestaan.

Statistische analyse toont voor de waarneming van het plaats van articulatie-continuüm duidelijke leeftijds- en groepeffecten aan. Voor alle leeftijdsgroepen is gebleken, dat de onderzoeksgroep duidelijk van de controlegroep verschilt voor wat betreft de mate van categorisatie. Maar op het stemhebbendheid-continuüm wordt zodanig onbetrouwbaar gescoord dat dergelijke effecten hiervoor niet aantoonbaar zijn.

Vergelijking van de centraal auditieve tests met de categorale spraakwaarnemingstest

In een factoranalytische vergelijking van de resultaten op de centraal auditieve tests enerzijds en de categorale spraakwaarnemingstest (/bak/-/dak/) anderzijds bleek dat de tests in te delen zijn in een aantal groepen, die verschillende functies meten. Twee duidelijk te onderscheiden factoren vormen a) de centraal auditieve tests en b) de identificatiegegevens van de categorale spraakwaarnemingstest (b-d). Het onderscheid tussen deze twee groepen tests is mogelijk te verklaren vanuit een verschil in verwerkingsniveau: de centraal auditieve tests richten zich met name op processen, waarbij hogere linguïstische processen een rol kunnen spelen (top-down processen), de categorale spraakwaarnemingstest beperkt zich tot een lager, fonetisch niveau (bottom-up processen). Bij de centraal auditieve tests speelt het op een hoger linguïstisch niveau gelegen lexicon als a priori set namelijk een rol bij de luistertaak, terwijl deze bij de categorale spraakwaarnemingstest buiten beschouwing gelaten wordt. Hierbij gaat het alleen om het waarnemen van een enkel distinctief kenmerk.

Discussie en conclusies

De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn: 1) Een categorale spraakwaarnemingstest kan kinderen met luisterproblemen onderscheiden van kinderen zonder luisterproblemen. 2) Een categorale spraakwaarnemingstest voegt iets toe aan de diagnostisering van centraal auditieve verwerkingsstoornissen met behulp van reeds bestaande audiologische tests. 3) Er is bij centraal auditieve verwerkingsproblemen sprake van een ontwikkelingsachterstand, die op latere leeftijd kan worden ingehaald.

De eerste conclusie wordt vooral ondersteund door de resultaten op de identificatietask van het plaats-van-articulatie continuüm. Problemen in de categorale spraakwaarneming vertonen samenhang met problemen op een hoger niveau van de taalverwerking. Immers, de groep kinderen met luisterproblemen vertoonde in dit geval eveneens ernstige spraak- en taalmoeilijkheden. Zo bleek uit vorige onderzoeken bij andere doelgroepen eveneens, dat moeilijkheden met de categorale spraakwaarneming samenhang vertonen met problemen in hogere linguïstische processen (Groenen, e.a., 1996a, 1996b, 1997). Andere onderzoeken verwoorden bovenstaande bevindingen op een meer algemene manier. In een overzicht van literatuur over auditieve waarnemingsproblemen bij kinderen met specifieke taalstoornissen (Lubert, 1981)

wordt gesteld dat kinderen met spraak/taalproblemen vaak moeite hebben met het perceptueel verwerken van kortdurende akoestische cues (zie ook: Tallal e.a., 1996; Merzenich e.a., 1996). Het perceptueel contrast, dat in de spraakwaarnemingstest gebruikt wordt, bevat eveneens een kortdurende akoestische cue. Voor het contrast bak-dak bestaat deze kritische cue uit de korte formanttransitie. In laatstgenoemde onderzoeken blijkt tevens, dat training in de waarneming van snelle frequentieveranderingen in spraak een positief effect heeft op hogere linguïstische kennis. Kortom: de prestaties op een categorale spraakwaarnemingstest kunnen eventuele problemen met de verwerking van linguïstische informatie op hoger niveau voorspellen.

De tweede conclusie volgt uit het feit, dat de centraal auditieve tests blijkens de factoranalyse een ander aspect van de spraakwaarneming meten dan de categorale spraakwaarnemingstest. Een categorale spraakwaarnemingstest betekent een uitbreiding van gebruiksmogelijkheden en van het soort centraal auditieve verwerkingsstoornissen dat kan worden gediagnostiseerd ten opzichte van reeds bestaande audiologische tests. Wat zijn nu werkelijk de verschillen tussen de twee categorieën tests? Allereerst wordt bij de tests een verschillende respons van de proefpersoon gevraagd. Bij de centraal auditieve tests wordt gevraagd een woord na te spreken, bij de categorale spraakwaarnemingstest kunnen twee verschillende plaatjes aangewezen worden. De taak van de proefpersoon vereist bij de centraal auditieve tests meer vaardigheden wat betreft de spraak, waardoor dit mede getest wordt. Echter, in dit onderzoek is daarmee rekening gehouden door slechts die proefpersonen te selecteren die in staat zijn eenvoudige CVC-woorden na te spreken. Een verschil in afname heeft in dit onderzoek dus geen nadelige rol gespeeld. Een groot voordeel van de categorale spraakwaarnemingstest is, dat kinderen met ernstige articulatieproblemen desondanks betrouwbaar getest kunnen worden, aangezien de spreekvaardigheid bij deze test geen rol speelt.

Een ander verschil tussen de twee categorieën tests is het aangeboden spraakmateriaal. Bij de centraal auditieve tests werd gebruik gemaakt van (bewerkte) natuurlijke spraak, terwijl bij de categorale spraakwaarnemingstest geresynthetiseerde spraak gebruikt werd. Dit laatste vereiste gewenning bij de proefpersonen, die werd ondergaan door een aantal oefen-stimuli aan te bieden. Of het verschil in spraakmateriaal een wezenlijk onderscheid in resultaten tussen de twee categorieën tests veroorzaakt, blijft een moeilijk te beantwoorden vraag.

Een verschil dat een grote rol zou kunnen spelen, is het verschil in verwerkingsniveau. Bij de audiologische tests moet een woord gereproduceerd worden dat afkomstig is uit het parate lexicon van de proefpersoon, terwijl het bij de categorale spraakwaarnemingstest gaat om het verschil tussen twee fonemen aan het begin van een woord dat verder identiek is. De twee mogelijke responsen zijn bij voorbaat al bekend. Het lexicon speelt hierbij geen enkele rol. In het eerste geval zijn er veel verschillende responsen mogelijk, in het tweede geval zijn er slechts twee verschillende responsen mogelijk. Alhoewel beide categorieën tests bottom-up processen testen, lijkt de categorale spraakwaarnemingstest een lager proces te testen dan de audiologische tests. In spraakwaarnemingsmodellen wordt de categorale perceptie op een laag niveau geplaatst. Het dual-process model geeft aan, dat categorale spraak-

waarneming voor het belangrijkste gedeelte op fonetisch niveau plaatsvindt, met ondersteuning van akoestische informatie, waargenomen op auditief niveau. De waarneming van de bewerkte CVC-woorden uit de audiologische tests gaat verder dan dit model. Deze speelt zich op hogere niveau's af.

De derde conclusie volgt uit de leeftijdseffecten, die voor de verschillende tests zijn aangetoond. Eerder onderzoek met de drie centraal auditieve tests heeft aangetoond, dat volwassenen beter scoren dan kinderen van de controlegroep (Simkens & van Velzen, 1994; van Velzen e.a., 1995). In de literatuur is gevonden dat de ontwikkeling van centraal auditieve vaardigheden doorloopt tot ongeveer 11-jarige leeftijd (Keith, 1982; Katz & Wilde, 1994). Literatuur over categorale perceptie toont vergelijkbare ontwikkelingstrends aan (o.a. Sussman, 1993). Uit experimenten met training van de gebrekkige spraakwaarneming (Crul, 1980; Tallal e.a., 1996; Merzenich e.a., 1996) is gebleken, dat deze ontwikkelingsachterstand getraind kan worden. Het gaat dus niet altijd om een stoornis in de spraakwaarneming, maar kan ook een ontwikkelingsachterstand zijn. De resultaten suggereren dat de oudere kinderen van de onderzoeksgroep nagenoeg geen achterstand meer vertonen. Aangezien de kinderen in de onderzoeksgroep allen deelnemen aan het ESM-onderwijs, waar training van auditieve vaardigheden meestal onderdeel uitmaakt van het onderwijsprogramma, zou het verdwijnen van de achterstand een rechtstreeks gevolg kunnen zijn van deze training.

Een discussiepunt vormt het verschil in resultaten tussen de twee continua van de categorale spraakwaarnemingstest. Op het stemhebbendheid-continuüm werden onbetrouwbare scores behaald; 50 % van de kinderen zonder luisterproblemen scoorde in de categorie 'geen categorisatie', tegenover 84 % van de kinderen met luisterproblemen. In eerdere onderzoeken met dezelfde continua is een dergelijk verschil niet gemeten.

Ter controle van de stimulusconstructie zijn de twee taken bij twee normaalhorende volwassenen afgenomen. Hieruit bleek voor beide personen een goede categorisatie. Een fout in de stimulusconstructie wordt dus uitgesloten geacht.

Een andere factor, die een rol zou kunnen spelen, is de volgorde van testafname. Het stemhebbendheid-continuüm vormde de laatste test van de testbatterij. Vermoeidheid van de proefpersoon zou een rol gespeeld kunnen hebben. Maar in een aantal gevallen werd dit continuüm wegens tijdnood in een derde sessie afgenomen. Hierbij speelde vermoeidheid geen rol, waardoor een verklaring voor de onbetrouwbare testresultaten uitblijft.

Een mogelijke verklaring van de verschillen, die wederom moeilijk aan te tonen is, zou de moeilijkheidsgraad van de foneemcontrasten kunnen zijn. Subjectief gezien lijkt het foneemonderscheid /b-/d/ groter dan het onderscheid /b-/p/. Een groter foneemonderscheid zou een lagere moeilijkheidsgraad kunnen betekenen. Nader onderzoek zou echter verricht moeten worden om deze hypothese zonder meer te kunnen stellen.

Suggesties voor de toekomst

Vervolgonderzoek zou mogelijk antwoord kunnen geven op de vragen, die in dit

onderzoek onbeantwoord blijven, waaronder de onbetrouwbare scoring op het stemhebbendheid-continuüm. Het verdient ook aanbeveling om te onderzoeken of het aantal stimuli van de categorale spraakwaarnemingstest gereduceerd kan worden, zodat de test aantrekkelijker wordt voor klinisch gebruik bij jonge kinderen. Daarnaast is het voor klinische toepassing van belang bij grotere groepen kinderen onderzoek naar de sensitiviteit en specificiteit van deze categorale spraakwaarnemingstest te doen.

Het verdient aanbeveling om centraal auditieve verwerkingsproblemen te diagnosticeren met behulp van een testbatterij (Keith, 1996). Gebruik van een testbatterij is nodig omdat centraal auditieve verwerking zo complex is, dat geen enkele test op zichzelf voldoende is om het gehele verwerkingsproces te kunnen beoordelen. In het Academisch Ziekenhuis Nijmegen St. Radboud is een vervolgonderzoek opgestart. Doel hiervan is het ontwikkelen van een centraal auditieve testbatterij voor klinische toepassing bij volwassenen en kinderen met centraal auditieve verwerkingsproblemen. De in de huidige studie gebruikte psycholinguïstische benaderingswijze zal wederom gecombineerd worden met diverse psychofysische benaderingen (verbale en non-verbale centraal auditieve tests).

Klinische relevantie

Door middel van een validering van de categorale spraakwaarnemingstest is een bijdrage geleverd aan het bestaande arsenaal van auditieve tests op logopedisch en audiologisch gebied. Aangezien problemen met de spraakwaarneming een sterke samenhang vertonen met spraak/taalproblemen is het nuttig om de spraakwaarneming bij de diagnostisering en behandeling van de problematiek te betrekken.

Zodra is vastgesteld dat er naast spraak/taalproblemen tevens centraal auditieve verwerkingsproblemen bestaan, is het van belang dat in de logopedische therapie o.a. aandacht wordt besteed aan centraal auditieve vaardigheden. Het is immers gebleken, dat er bij centraal auditieve verwerkingstoornissen sprake is van een ontwikkelingsachterstand, die in veel gevallen ingelopen kan worden.

Aansluitend op de diagnostisering van centraal auditieve verwerkingsproblemen met o.a. de categorale spraakwaarnemingstest zou adequate remediëring moeten volgen. Het bestaande arsenaal van auditieve trainingsprogramma's behoeft, evenals het aantal auditieve tests, uitbreiding. Onderzoek naar een geschikt trainingsprogramma voor centraal auditieve verwerking is geïndiceerd. Dit zou vergelijkbaar kunnen zijn met reeds eerder ontwikkelde oefenprogramma's (Crul, 1980, Tallal e.a., 1996).

Dankwoord

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van een afstudeerscriptie voor de opleiding Spraak- en Taalpathologie aan de Katholieke Universiteit te Nijmegen.

Dank is verschuldigd aan leerlingen en medewerkers van de Mgr. Hanssenschool

te Hoensbroek, De Horst te Eindhoven, dr. Bosschool te Arnhem en basisschool 't Veer te Duiven. Tevens gaat onze dank uit naar medewerkers van Audiologisch Centrum "Hoensbroeck" te Hoensbroek en het Audiologisch Centrum van Instituut St. Marie te Eindhoven voor het ter beschikking stellen van meetapparatuur. We bedanken Martin Stollman van Instituut St. Marie voor het construeren van de drie centraal auditieve tests. Tenslotte worden de zes vierdejaars studenten van Hogeschool Arnhem en Nijmegen, opleiding logopedie (1996-1997), hartelijk bedankt voor het afnemen van de tests bij de 81 proefpersonen.

Summary

In Central Auditory Processing Disorders (CAPD) speech perception problems can be present. From a behavioral point of view, children with CAPD are often characterized as poor listeners, easily distractable, with a short attention span, and with poor memory for auditory information, especially for speech information. A categorical speech perception test has been developed to diagnose the speech perception problems. This test measures perception of phoneme contrasts. It is validated with three existing, more classical central auditory tests (filtered speech, binaural fusion, speech-in-noise). Two phoneme contrasts are used in the categorical speech perception test: place-of-articulation (/b/-/d/) and voicing (/b/-/p/). The experimental group included 51 children attending a special school for the speech and language impaired. These children also had observed problems in listening. The control group included 30 normally developing children attending a primary school. Ages varied between 5;4 and 8;11 years.

This study shows that a categorical speech perception test is useful in diagnosing children with poor central auditory processing. The test provides additional information to the battery of already existing speech perception tests.

Literatuur

- American Speech-Language-Hearing Association (1996) Central auditory processing: current research and implications for clinical practice. *American Journal of Audiology*, 5, 2, 41-54.
- Bocca, E. & Calero, C. (1963) Central Hearing Processes. In: *Modern Developments in Audiology* (J. Jerger, ed.), 337-370. New York: Academic Press.
- Chermak, G.D. & Musiek, F.E. (1992) Managing central auditory processing disorders in children and youth. *American Journal of Audiology*, 1, 3, 61-65.
- Crul, Th.A.M. (1980) *Auditory training of the voicing distinction, a study of categorical speech perception in hearing impaired children*. Nijmegen: H. Peeters & J. van Kaauwen.
- Finney, D.J. (1971) *Probit Analysis*. Cambridge: University Press.
- Fourcin (1978) Perception and production of speech patterns by hearing impaired children. *Speech and hearing*, 174-204.
- Groenen, P. (1997) Central auditory disorders: a psycholinguistic approach. *Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen*. Nijmegen: Academisch Ziekenhuis St. Radboud.
- Groenen, P., Crul, Th., Maassen, B., van Bon, W. (1996a) Perception of voicing cues by children with early Otitis Media with and without language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 43-54.
- Groenen, P., Maassen, B., Crul, Th., Thoonen, G. (1996b) The specific relation between

- perception and production errors for place of articulation in developmental apraxia of speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 468-482.
- Groenen, P., Maassen, B., Crul, Th., Assman-Hulsmans, C. (1998) Auditory and phonetic perception of voicing and place-of-articulation in developmental dyslexia. Submitted for publication.
- Katz, J. & Wilde, L. (1994) Auditory Processing Disorders. In: *Handbook of Clinical Audiology* (J.Katz, ed.), chapter 32, 490-502. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Keith, R.W. (1982) Central auditory tests. In: *Speech, language and hearing* (Lass, McReynolds, Northern, Yoder, eds.), vol. III: Hearing Disorders, chapter 43, 1015-1038. Philadelphia: W.B. Saunders.
- Keith, R.W. (1996) Understanding central auditory processing disorders: diagnosis and remediation. *The Hearing Journal*, 49, 11, 19-28.
- Lieberman, A.M., Harris, K.S., Hoffman, H.S., Griffith, B.C. (1957) The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 5, 358-368.
- Lieberman, A.M., Cooper, F.S., Shankweiler, D.P., Studdert-Kennedy, M. (1967) Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.
- Lubert, N. (1981) Auditory perceptual impairments in children with specific language disorders: A review of the literature. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46, 3-9.
- Matzker, J. (1959) Two new methods for the assessment of central auditory functions in cases of brain disease. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol*, 68, 1185-1197.
- Merzenich, M.M., Jenkins, W.M., Johnston, P., Schreiner, C., Miller, S.L., Tallal, P. (1996) Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science*, 271, 77-80.
- Nederlandse Vereniging voor Audiologie. *Woordenlijsten voor spraakaudiometrie*. Bijlage bij CD met Bosman spraaklijsten, Electro Medical Instruments b.v., Veenhuis Medical Audio b.v.
- Pisoni, D. B. (1973) Auditory and phonetic memory codes in the discrimination of consonants and vowels. *Perception & Psychophysics*, 13, 253-260.
- Sanger, D.D. Keith, R.W., Maher, B.A. (1987) An assessment technique for children with auditory-language processing problems. *Journal of Communication Disorders*, 20, 265-279.
- Simkens, H. & van Velzen, E. (1993) Auditive Funktionen bei sprachbehinderten Kindern. In: *Zentrale Hörstörungen* (P. Plath, ed.), 93-122. Essen: Geers-Stiftung.
- Sussman, J.E. (1991) Stimulus ratio effects on speech discrimination by children and adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, 34, 671-678.
- Tallal, P., Miller, S.L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S.S., Schreiner, C., Jenkins, W.M., Merzenich, M. (1996) Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science*, 271, 81-84.
- Van Velzen, E.C.W., Simkens, H.M.F., Stollman, M.H.P. (1995) The value of central auditory tests in the detection of auditory processing disorders in language impaired children. In: *Proceedings European Conference on audiology* (R. Schoonhoven, T.Kapteyn, J. de Laat, eds.), 247-253. Leiden: Nederlandse Vereniging voor Audiologie.