

Evaluatie van de Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen bij volwassenen

Karin Neijenhuis¹, Thijs van Toor², Hans Tschur³, Ad Snik¹

¹ *UMC St. Radboud Nijmegen, afd. KNO-audiologisch centrum*

² *Audiologisch Centrum Twente, Hengelo*

³ *Samenwerkende Centra Eindhoven*

De 'Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen' werd ontwikkeld naar aanleiding van een behoefte aan gestandaardiseerde tests voor personen met spraakverstaansklachten, die niet verklaard konden worden vanwege een normaal toon- en spraakaudiogram. Ter evaluatie van de klinische bruikbaarheid van deze testbatterij werd deze afgenomen bij diverse onderzoeksgroepen, waarvan er drie in dit artikel zijn besproken: volwassenen met auditieve klachten en een normale toon- en spraakdrempel (n=24), volwassenen met een chronische whiplash (n=22) en volwassenen met een lichte perceptieve slechthorendheid (n=24). Zes tests werden afgenomen: een zinnen-in-ruis test, patroonherkennings-tests, een woorden-in-ruis test, een dichotische digit test, een gefilterde spraaktest en een binaurale fusietest. Bij vergelijking van de resultaten van de drie onderzoeksgroepen met de controlegroep bleken op de meeste tests significante verschillen te bestaan, hetgeen aantoont dat de tests in staat zijn om auditieve verwerkingsproblemen in kaart te brengen bij personen met een normale gehoordrempel. Daarnaast toonden factoranalyses aan dat het aantal testcores is terug te voeren op drie factoren, te weten 'auditieve decodering', 'binaurale integratie' en 'auditieve temporele ordening'. Geconcludeerd wordt, dat de testbatterij geschikt is voor klinische toepassing in een multidisciplinaire setting.

Inleiding

Audiologische Centra en KNO-artsen krijgen onder andere te maken met personen, die klagen over gehoorproblemen, maar geen audiometrisch aantoonbaar gehoorverlies hebben. Aangezien er tot voor kort weinig andere testmethoden voorhanden waren, werden deze mensen naar huis gestuurd met de mededeling: "we kunnen uw probleem niet aantonen". Voor zowel de patiënt als de professional is dit weinig

bevredigend. Sinds kort hebben de Nederlandse audiologische centra de Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen tot hun beschikking, waarmee dergelijke gehoorproblemen kunnen worden aangetoond. Dit artikel beschrijft de evaluatie van de testbatterij bij drie onderzoeksgroepen volwassenen: personen met (vermoedelijke) auditieve verwerkingsproblemen, personen met chronische whiplash en personen met een licht gehoorverlies.

De ontwikkeling van geschikte tests voor auditieve verwerkingsproblemen is als eerste beschreven door Bocca en Calearo (1963). Patiënten met een eenzijdige lesie in de temporaalkwab bleken geen moeite te hebben met het verstaan van normale spraak, maar wanneer gefilterde spraak werd aangeboden aan het oor, contralateraal aan de beschadiging, was het spraakverstaan gestoord. De spraakverstaansproblemen van deze patiënten konden worden aangetoond door het gebruik van spraakgeluid, dat in redundantie verminderd was. Er volgden al snel andere spraakbewerkingsmethoden, zoals tijdscompressie, interrupties, versnelling en maskering met een competierend signaal (ruis of spraak). Dergelijke tests werden toen gebruikt om, bij gebrek aan andere technieken, neurologische lesies te kunnen lokaliseren. In de loop van de tachtiger jaren verminderde de waarde van de gedragstests vanwege het beschikbaar komen van auditory evoked potentials en radiologische beeldvormingstechnieken. Echter, de bruikbaarheid van de auditieve verwerkingstests werd steeds vaker aangetoond bij kinderen met een variëteit aan communicatieve problemen, waarbij een mogelijke vertraagde neurologische rijping een rol speelde.

De definitie van auditieve verwerkingsproblemen, die gebruikt is in het huidige onderzoek, is afgeleid van twee Amerikaanse consensus-documenten over auditieve verwerkingsproblemen (ASHA, 1996; Jerger & Musiek, 2000). De definitie luidt als volgt: 'Auditieve verwerkingsproblemen zijn problemen in het horen en spraakverstaan, ondanks een normaal gehoor op basis van standaard (toon- en spraak)audiometrie. Deze problemen zijn specifiek voor de auditieve modaliteit en onafhankelijk van mentale vaardigheden.' (Neijenhuis, 2003)

Eind 1997 werd een enquête gehouden onder de verschillende audiologische centra in Nederland, onder andere om de behoefte aan de ontwikkeling van nieuwe auditieve verwerkingstests te peilen. Veel audiologische centra gebruikten de zinnen-in-ruistest volgens Plomp (1988) bij personen met spraakverstaansklachten, ondanks een normale gehoordrempel. Maar deze test bleek te beperkt; er was een gebrek aan tests om naast het zinsverstaan in ruis ook andere auditieve functies te meten. De uitslag van de enquête vormde een goed startpunt voor de ontwikkeling van een geschikte testbatterij. Het audiologisch centrum van het UMC St. Radboud Nijmegen werkte hierbij samen met het audiologisch centrum van het Instituut Sint Marie te Eindhoven. Er kon gebruik gemaakt worden van reeds opgedane ervaring met testontwikkeling, in beide instituten.

In het huidige onderzoek is een testbatterij ontwikkeld, de zogenaamde 'Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen'. Deze bleek geschikt voor het in kaart brengen van auditieve verwerkingsproblemen bij volwassenen en kinderen vanaf 8 ½ jaar (Neijenhuis, 2003). Na de verzameling van normgegevens bij controlegroepen volwassenen en kinderen werd de testbatterij geëvalueerd in diverse onderzoeksgroepen. Allereerst werd de waarde van de testbatterij bij de doelgroep bepaald: patiënten die het audiologisch centrum bezoeken vanwege spraakverstaansklachten, die vervolgens niet verklaarbaar bleken vanuit de standaard (toon- en spraak)audiometrische gegevens. Deze groep bestond dus voornamelijk uit personen met (vermoedelijke) auditieve verwerkingsproblemen (zie ook Neijenhuis et al, 2003). Vervolgens werd besloten om te onderzoeken of de Nijmeegse testbatterij ook bij andere patiëntengroepen auditieve verwerkingsproblemen in kaart kon brengen. Eén van deze groepen wordt gevormd door personen met een chronische whiplash. Hieronder wordt verstaan: landurige hoofd- en nekpijn met duizeligheid na extreme strekking van de nek gevolgd door buiging (Fischer et al, 1997). Als de klachten na 6 maanden nog bestaan, wordt de whiplash chronisch genoemd. Klachten van whiplash-patiënten zijn meestal subjectief en moeilijk aantoonbaar. Onder deze subjectieve klachten wordt vaak melding gemaakt van problemen met spraakverstaan in moeilijke luistersituaties. Indien de Nijmeegse testbatterij in staat zou zijn om bovengenoemde auditieve klachten aan te tonen, zou dit voor whiplash-patiënten een verbeterde erkenning van hun subjectieve klachten kunnen betekenen. Er is echter nog weinig onderzoek gedaan naar de auditieve verwerkingsproblemen bij whiplash. Tjell et al (1999) vergeleken de scores van whiplash-patiënten met een controlegroep op een spraak-in-ruis test. Ze vonden bij 30% van de whiplash-patiënten afwijkende testscores ten opzichte van de controlegroep, waaruit ze concludeerden dat auditieve verwerkingsproblemen bij whiplash-patiënten vaker voorkomen dan men zou verwachten. De Nijmeegse testbatterij test naast spraakverstaan in ruis ook andere auditieve vaardigheden en kan mogelijk meer informatie geven over de aard van de auditieve problemen bij personen met een whiplash.

Een andere mogelijke doelgroep wordt gevormd door personen met een lichte slechthorendheid. Het lijkt zinvol om bij deze personen, die meestal nog niet in aanmerking komen voor hoortoestelaanpassing, de auditieve vaardigheden in kaart te brengen. Immers, naast een perifeer gehoorverlies (een verminderde gehoordrempel) kunnen nog extra auditieve verwerkingsproblemen een rol spelen. Om de gehoorklachten beter te kunnen verklaren zou het zinvol zijn om de klachten ten gevolge van het perifeer gehoorverlies te onderscheiden van klachten die ontstaan ten gevolge van eventuele bijkomende auditieve verwerkingsproblemen. In eerdere onderzoeken is gebleken dat dichotische cijfers- en zinnentests en frequentiepatroonherkennings-tests dit onderscheid kunnen maken (Fifer et al, 1993; Musiek, 1999). Mogelijk kan de Nijmeegse testbatterij worden aangepast voor afname bij personen met een lichte slechthorendheid.

Methode

Proefpersonen

Voor vaststelling van de normgegevens van de 'Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen' werden 28 volwassenen (18-47 jaar) en 115 kinderen (9-16 jaar) getest (zie ook Neijenhuis et al, 2001, 2002). In dit artikel worden alleen de volwassenen besproken. Alle personen in de controlegroep beschikten over een normaal gehoor (gemiddelde toondrempel 500-400 Hz niet hoger dan 20 dBHL). Met behulp van een vragenlijst (Kapteyn en Kramer, 1997) werd vastgesteld dat er geen klachten bestonden over het horen in verschillende luistersituaties.

Ter evaluatie van de testbatterij werden gegevens verzameld bij de volgende drie onderzoeksgroepen: volwassenen met spraakverstaansklachten ondanks een normale gehoordrempel, volwassenen met een chronische Whiplash en volwassenen met een licht perceptief gehoorverlies.

De eerste onderzoeksgroep bestond uit 24 volwassenen die het audiologisch centrum van het UMC St. Radboud te Nijmegen bezochten vanwege (vermoedelijke) auditieve verwerkingsproblemen. Deze werden vastgesteld doordat ze verwezen werden vanwege spraakverstaansklachten, die niet verklaarbaar bleken uit de standaard toon- en spraaudiometrie. Alle proefpersonen hadden dus normale toon- en spraakdrempels (gemiddelde toondrempel 500-4000 Hz niet hoger dan 20 dBHL, spraakverstaansscore > 90% op 65 dB). Personen met neurologische stoornissen werden uitgesloten, evenals personen boven de 60 jaar. Dit laatste werd gedaan om auditieve verwerkingsproblemen die ten gevolge van meer algemene (neurologische) verwerkingsproblemen en/of ouderdom kunnen optreden, uit te sluiten. In een vragenlijst, ontwikkeld door de Vrije Universiteit Amsterdam (Kapteyn en Kramer, 1997) werden 5 verschillende auditieve vaardigheden geëvalueerd: verstaan in stilte, verstaan in lawaai, onderscheiden van geluiden, waarnemen van geluid en richtinghoren. Bij vergelijking met de controlegroep bleken de personen met auditieve klachten significant meer klachten te scoren, met name op de factoren 'verstaan in lawaai' en 'richtinghoren'.

De tweede onderzoeksgroep bestond uit 22 volwassenen met chronische whiplash (grade I of II volgens de Quebec Classificatie; Spitzer et al, 1995). Net als de hierboven beschreven groepen proefpersonen had ook deze groep een normaal gehoor volgens de eerder genoemde criteria. Verder werden personen met ernstige tinnitusklachten, verdenking van retrocochleaire pathologie en/of frequente middenoorproblemen in het verleden uitgesloten van dit onderzoek.

De derde onderzoeksgroep bestond uit 24 volwassenen die een audiologisch centrum (lokaties Tilburg, Breda of Eindhoven) bezochten vanwege een licht perceptief gehoorverlies. Het toonaudiogram vertoonde een vlak, symmetrisch gehoorverlies, waarbij de gemiddelde toondrempel (500-4000 Hz) varieerde van 17,5 tot 37,5 dBHL. De maximale spraakverstaansscore was 100%, waarbij de gemiddelde spraakverstaansdrempel (SRT) varieerde van 18 tot 36 dB, overeenkomend met de gemid-

delde toondrempel. Personen met middenoorproblemen en/of mogelijke retrocochleaire stoornissen werden uitgesloten door zorgvuldige interpretatie van audiometrische gegevens, aangevuld met tympanometrie en reflexmetingen. Op basis van anamnestiche gegevens werden personen met neurologische stoornissen uitgesloten.

Tabel 1. Verdeling van leeftijd en geslacht over de diverse onderzoeksgroepen

	aantal	geslacht	gem. leeftijd	range
controlegroep	28	6m, 22v	29	18-47
auditieve problemen	24	8m, 16v	35	17-57
whiplash	22	9m, 13v	34	18-48
gehoorverlies	24	7m, 17v	54	38-69

Testmateriaal

Bij alle groepen proefpersonen werd de 'Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen' afgenomen. Deze testbatterij bestaat uit 8 tests, die elk een aspect van de auditieve verwerking meten. Twee van deze tests (cijferreeksen en categorale spraakwaarnemingstest) worden in dit artikel buiten beschouwing gelaten omdat hiervoor alleen normgegevens beschikbaar zijn voor kinderen.

De testbatterij is ontwikkeld, rekening houdend met een aantal criteria, die we opstelden aan de hand van eigen ervaringen en literatuurstudie. Allereerst zijn er meerdere tests ontwikkeld in plaats van een enkele test. Verder is er afwisseling in het gebruik van tests met spraakmateriaal en tests met niet-spraakmateriaal (tonen). De afname duurt niet langer dan anderhalf uur en is relatief eenvoudig uit te voeren met bestaande audiologische apparatuur (audiometer, CD-speler, koptelefoon). Tenslotte is de invloed van spraak- en taalvaardigheid zo laag mogelijk gehouden door bij het selecteren van spraakmateriaal zoveel mogelijk te kiezen voor eenvoudige losse woorden.

Zinnen-in-ruis test

Deze test is overgenomen van de originele test-CD van Plomp (1988). Bij deze test wordt de drempel bepaald voor het 50% verstaan van zinnen, bij een vast ruisniveau. Het resultaat is een signaal-ruisverhouding. Voor een beschrijving van de test wordt verwezen naar de test-CD. Bij de diagnosestelling kan afname van deze test aanvullende gegevens opleveren omtrent de spraakverstaansvaardigheid. De test is geschikt voor volwassenen en kinderen vanaf 12 jaar.

Patroonherkennings tests

Bij een patroonherkennings test wordt de temporele verwerking van opeenvolgende non-verbale stimuli getest. De twee onderdelen, frequentiepatroonherkenning en duurpatroonherkenning, zijn ontwikkeld door Pinheiro & Ptacek (1971) en Musiek (1994). De huidige versie is overgenomen van de CD, 'Tonal and speech materials for

auditory perceptual assessment' (Noffsinger et al, 1994). Per onderdeel zijn 10 oefenitems opgenomen en 30 testitems. Bij de frequentiepatronen bestaat elk item uit drie opeenvolgende tonen, waarvan twee van gelijke toonhoogte en een van een andere toonhoogte. De patiënt moet het patroon benoemen (Bijv. 'hoog-laag-hoog'). De 'hoge' en 'lage' tonen hebben frequenties van 1122, resp. 880 Hz en een lengte van 150 ms. Het interval tussen de tonen is 200 ms. Bij de duurpatronen zijn er wederom patronen van drie tonen, maar nu zijn er verschillen qua tijdsduur; de patiënt benoemt een patroon met behulp van de labels 'kort' en 'lang'. De korte tonen duren 250 ms, de lange tonen 500 ms. Het interval tussen de tonen is 300 ms. Voor beide testonderdelen geldt een responsietijd van 6 seconden. Het aanbiedingsniveau is 60 dB SPL. De items worden binauraal aangeboden.

Woorden-in-ruis test

Het spraakmateriaal voor de woorden-in-ruis test is overgenomen van de CD voor spraakaudiometrie van de Nederlandse Vereniging voor Audiologie (NVA), ontwikkeld door Bosman en Smoorenburg (1992). Monosyllaben (CVC) werden gemixed met de spraakruis, die het spectrum van de spraak vertegenwoordigt. Tussen de items werd een stilte gecreëerd, om adaptatie aan de ruis te voorkomen. Na enkele voor-experimenten werd bepaald, dat de signaal-ruisverhoudingen -2 en -5 dB gebruikt zouden worden, bij een vast ruisniveau van 65 dB SPL. Twee woordenlijsten werden telkens gecombineerd tot een nieuwe lijst, om de betrouwbaarheid te verhogen. Aan de 4 testlijsten (rechts/links, -2/-5 dB) gaat een oefenlijst van 12 woorden vooraf in de signaal-ruisverhouding 0 dB.

De scores worden, analoog aan de spraakaudiometrie, berekend door het aantal correct nagezegde fonemen op te tellen en vervolgens te delen door het totaal aantal fonemen. Resultaat is het percentage correct nagezegde fonemen per conditie.

Dichotische digit test

Deze test, oorspronkelijk ontwikkeld door Kimura (1961), werd overgenomen van Max en D'Haese uit Antwerpen (1994, 1995). De test bevat 5 oefenitems en 20 testitems, waarbij telkens 6 één-lettergrepige cijfers worden aangeboden: drie cijfers aan het rechter oor en tegelijkertijd drie andere cijfers aan het linker oor. De patiënt wordt gevraagd om zoveel mogelijk gehoorde cijfers op te noemen ('free recall').

Bij een dichotische test wordt gemeten in hoeverre de luisteraar in staat is om tegelijk aangeboden signalen van elkaar te scheiden. Meestal wordt bij deze test een rechter oorvoordeel gevonden, dat wil zeggen: de cijfers die aan het rechter oor worden aangeboden worden vaker nagezegd dan die aan het linker oor. De verklaring hiervoor is, dat de kruisende verbinding van het rechter oor met het taalcentrum in de linker hemisfeer directer en dus sneller is dan de verbinding van het linker oor, want de signalen moeten dan eerst via de rechter hemisfeer en het corpus callosum naar de linker hemisfeer. Personen met auditieve verwerkingsproblemen zouden een extreem groot rechter oorvoordeel kunnen laten zien, evenals kinderen die een achterstand in neurologische rijping vertonen.

De cijfers worden aangeboden op een niveau van 70 dB SPL. Er worden een rechter oorscore, linker oorscore en een totaalscore berekend.

Gefilterde spraak test

Bij tests met gefilterde spraak wordt het principe van de redundantie gebruikt: wanneer de redundantie van de spraak vermindert, hebben personen met auditieve verwerkingsproblemen meestal duidelijk meer moeite met verstaan, terwijl personen met een normale luistervaardigheid het nog net wel kunnen volgen. Voor deze test werd wederom het spraakmateriaal gebruikt van de NVA-CD (Bosman en Smoorenburg, 1992). Met behulp van een laagdoorlaatfilter (afsnijfrequentie 500 Hz, 60 dB/octaaf) en een hoogdoorlaatfilter (afsnijfrequentie 3000 Hz, 60 dB/octaaf) werden een lage band en een hoge band gecreëerd, waarin respectievelijk slechts de lage frequenties en de hoge frequenties van de spraak hoorbaar bleven. Combinatie van deze frequentiebanden levert een redelijk woordverstaan op, alhoewel de middenfrequenties nauwelijks hoorbaar zijn. Bij de gefilterde spraaktest worden de lage en hoge band tezamen monuraal aangeboden.

Binaurale fusietest

Bij deze test worden de frequentiebanden van de gefilterde spraak test aan elk oor afzonderlijk aangeboden, dat wil zeggen de hoge band aan het ene oor, de lage band aan het andere oor. Een goede binaurale samenwerking zorgt dan voor het optimaal verstaan van de spraak. De woordenlijsten zijn wederom een combinatie van twee NVA-lijsten, waarbij een lijst met 12 gefilterde woorden voorafgaat aan de gefilterde spraaktest.

Net als bij de woorden-in-ruis test wordt de score per lijst berekend, waarbij het percentage correct nagezegde fonemen de eindscore omvat.

Tabel 2. Beschrijving van de zes gebruikte tests van de 'Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen'.

Test	Beschrijving
zinnen-in-ruis volgens Plomp	Bepaling van spraakverstaansdrempel in stationaire en fluctuerende ruis (dB). Zinnen bevatten 8 tot 9 syllaben
Patroonherkenningstests	Benoemen van frequentiepatronen (3 tonen, bijv. hoog-hoog-laag) en duurpatronen (3 tonen, bijv. lang-kort-lang)
Woorden-in-ruis test	Eenlettergrepige (CVC-) woorden in spraakruis, monuraal aangeboden op signaal/ruisverhoudingen -2 dB en -5 dB
Dichotische digit test	6 eenlettergrepige cijfers (3 links, 3 rechts) per item, 'free recall'
Gefilterde spraaktest	Gefilterde eenlettergrepige (CVC-)woorden, monuraal aangeboden. Een hoogdoorlaatfilter (afsnijfrequentie 3000 Hz) en een laagdoorlaatfilter (afsnijfrequentie 500 Hz) werden gecombineerd
Binaurale fusietest	Dezelfde filtering als gefilterde spraaktest. Low-pass gefilterde spraak wordt aan het ene oor aangeboden, terwijl high-pass gefilterde spraak in het andere oor gehoord wordt

Procedure

Bij alle groepen proefpersonen werden de 6 tests op de voorgeschreven luidheid afgenomen, met uitzondering van de groep met een licht gehoorverlies. Ter compensatie van hun verhoogde gehoordrempel werd de zgn 'one-half gain-rule' toegepast: de luidheid van de stimuli werd verhoogd met de helft van de gemiddelde spraakverstaansdrempel (SRT). Dit resulteerde in een gewenste aanpassing van 9 tot 18 dB, resulterend in een 10, 15 of 20 dB verhoging van het aanbiedingsniveau. Deze verhoging is niet toegepast bij de dichotische digit test en de patroonherkennings tests.

Resultaten

Groepsverschillen

De onderzoeksgroepen zijn elk apart vergeleken met de controlegroep volwassenen door middel van Mann-Whitney U nonparametrische tests. Op de meeste tests wordt een significant verschil gevonden tussen de onderzoeksgroepen en de controlegroep; de onderzoeksgroepen scoren zwakker dan de controlegroep. In tabel 3 wordt weergegeven bij welke tests significante verschillen werden gevonden, uitgesplitst per groep. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat op de meeste tests significante verschillen worden gevonden.

Tabel 3. Samenvatting van de resultaten van de nonparametrische (Mann-Whitney U) analyses voor groepsverschillen tussen de drie onderzoeksgroepen (auditieve problemen, whiplash, gehoorverlies) en de controlegroep. '*' betekent: significant verschil, $p < 0,05$; '**' betekent: significant verschil, $p < 0,01$; 'nvt' betekent: niet van toepassing (geen scores beschikbaar).

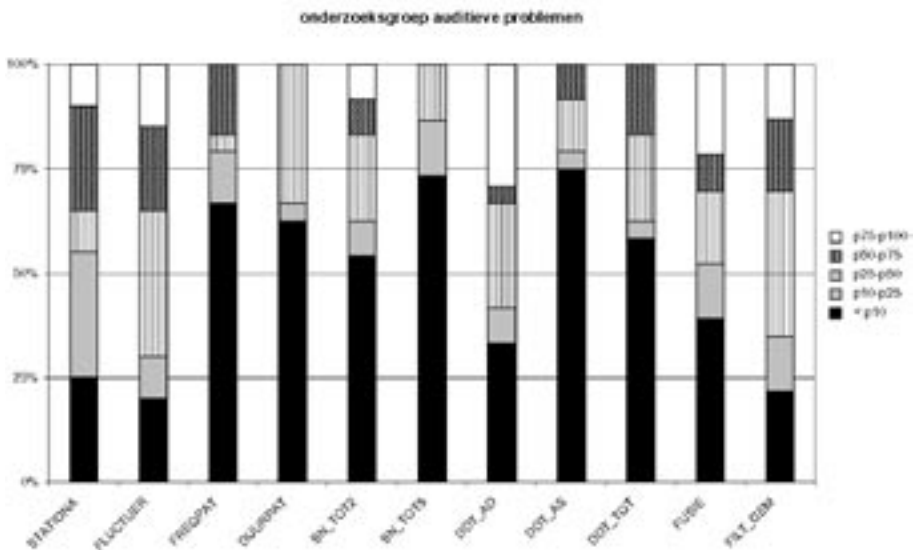
Test	auditieve problemen	whiplash	gehoorverlies
zinnen in stationaire ruis	*		
zinnen in fluctuerende ruis		nvt	
frequentiepatronen	**	**	**
duurpatronen	**	**	
dichotische digits rechts			
dichotische digits links	**	**	*
dichotische digits totaalscore	**	**	*
woorden in ruis -2 dB	**	*	**
woorden in ruis -5 dB	**	**	nvt
gefilterde spraak			*
binaurale fusie			**

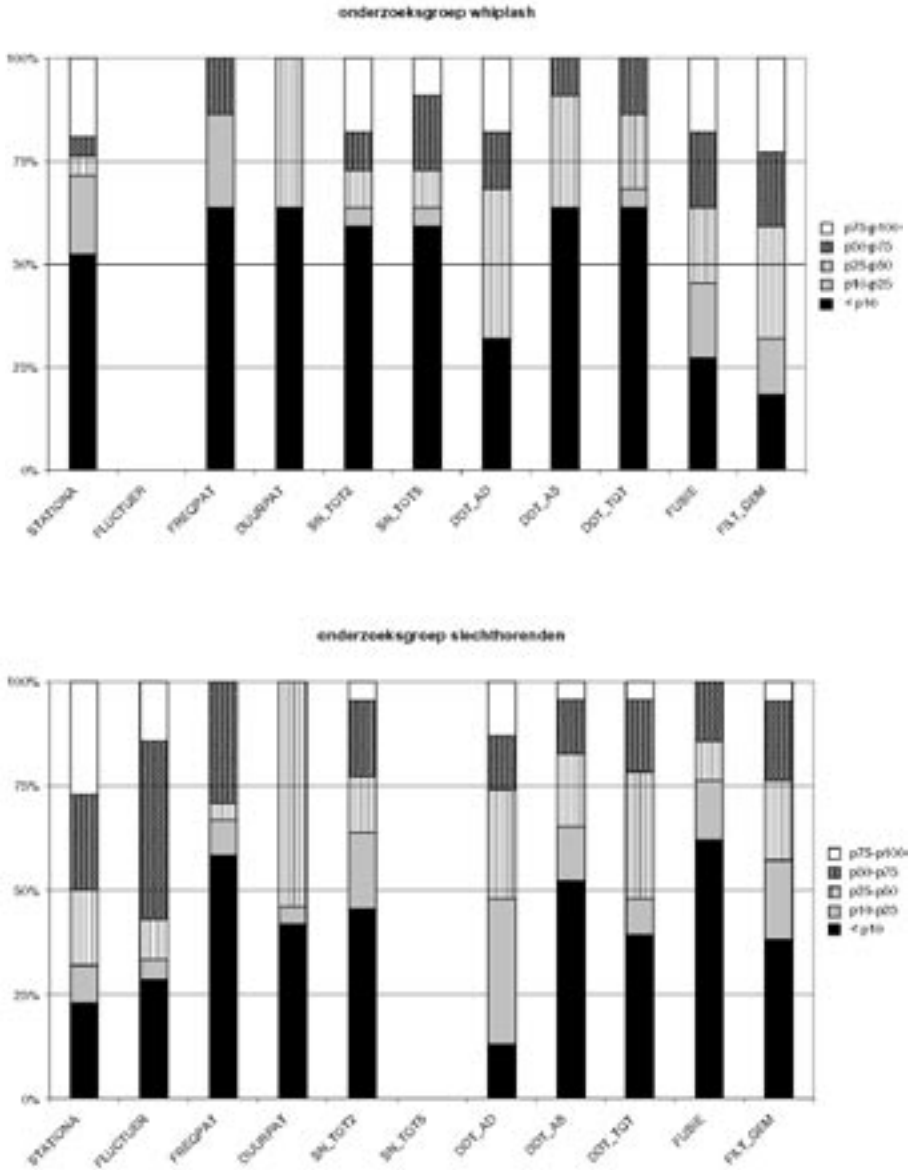
De scorepatronen van de groep volwassenen met auditieve problemen zijn vergelijkbaar met die van de volwassenen met Whiplash: bij beide groepen geven de scores op de gefilterde spraaktest en binaurale fusietest geen verschillen. Deze twee variabelen

zijn dus niet sensitief in het aantonen van groepsverschillen. Bij de groep licht slechthorenden zijn de scores op de gefilterde spraaktest en de binaurale fusietest duidelijk wel gevoelig voor groepsverschillen. De zinnen-in-ruistest geeft in het algemeen voor de drie groepen weinig significante verschillen, evenals de dichotische digit test-rechter oor score. De laatstgenoemde scorevariabelen zijn dus niet gevoelig genoeg voor het aantonen van verschillen tussen de huidige onderzoeksgroepen en de controlegroep.

Een andere manier om test scores te bekijken, is het gebruik van normwaarden die berekend worden naar aanleiding van de scores van een controlegroep. De test scores van de onderzoeksgroep werden vergeleken met de percentielwaarden van de controlegroep. Een test score die op of beneden het 10e percentiel van de controlegroep ligt, wordt hierbij als afwijkend beschouwd. Een score tussen het 10e en 25e percentiel wordt beschouwd als 'matig', tussen het 25e en 75e percentiel vinden we gemiddelde scores, en scores boven het 75e percentiel zijn bovengemiddeld.

Bij het vergelijken van de behaalde scores met de percentielen van de controlegroep, blijken uiteraard de tests waarop eerder de significante verschillen werden gevonden, de grootste aantallen afwijkende scores te vertonen (zie figuur 1-2-3). Bij de groepen 'auditieve problemen' en whiplash zien we de meeste afwijkende scores; meer dan de helft van beide groepen scoort afwijkend op de patroonherkenningstests, de woorden-in-ruistest en de dichotische test (linker oorscore en totaalscore). De zinnen-in-ruistest kent de meeste afwijkende scores in de whiplash-groep. De gefilterde spraak- en binaurale fusietest vertonen de meeste afwijkende scores bij de groep slechthorenden.





Figuur 1-2-3. verdeling van percentielscores van de drie onderzoeksgroepen. (Verklaring van de afkortingen: STATIONA = zinnen in stationaire ruis, FLUCTUER = zinnen in fluctuerende ruis, FREQPAT = frequentiepatronen, DUURPAT = duurpatronen, SN_TOT2/ SN_TOT5 = woorden-in-ruis, signaal/ruisverhouding -2 dB/-5 dB, DDT = dichotische digit test, AD = rechts, AS = links, TOT = totaalscore, FUSIE = binaurale fusietest, FILT_GEM = gefilterde spraak, gemiddelde score)

Factor-analyse

De scoreprofielen van de drie onderzoeksgroepen zijn niet eenduidig. Als op individueel niveau gekeken wordt naar de testcores, zien we veel variatie tussen de proefpersonen. Niet iedereen behaalt op dezelfde tests sterke en/of zwakke scores. Een manier om meer inzicht te krijgen in verschillende scorepatronen is het uitvoeren van een factor-analyse over alle testcores. Hiermee kunnen de testcores mogelijk gegroepeerd worden, waardoor testcores die dezelfde onderliggende vaardigheden weergeven als één factor gelden. De interpretatie van een scorepatroon kan hiermee aanzienlijk vereenvoudigd worden. Resultaten van een factor-analyse over de huidige drie onderzoeksgroepen laat een verdeling in drie factoren zien (zie tabel 4). Gezamenlijk tellen deze factoren voor 67% van de verklaarde variantie. De verdeling van de diverse subtests over de factoren is niet eenduidig; de twee variabelen van de woorden-in-ruis test zijn verdeeld over twee factoren. Echter, bij vergelijking met vorige factor-analyses (Neijenhuis et al, 2002, 2003) lijken deze het best in te delen in de factor, waarin ook de zinnen-in-ruis test en de gefilterde spraaktest clusteren. Wat betreft de scores op de dichotische digt test zien we ook verdeeldheid over de tweede (linker oorscore en totaalscore) en derde factor (rechter oorscore). Echter, de rechter oorscore bleek een weinig sensitieve variabele, dus deze zal weinig bijdragen aan de derde factor. De eerste factor (29%) bevat dus voornamelijk de variabelen zinnen-in-ruis, woorden-in-ruis, gefilterde spraak en binaurale fusie. De tweede factor (20%) bevat voornamelijk variabelen uit de dichotische digt test. Tenslotte bevat de derde factor (19%) de variabelen uit de patroonherkennings test. Hieruit blijkt dat de testcores te groeperen zijn en dit zou de beoordeling van een scorepatroon kunnen vergemakkelijken.

Tabel 4. Geroteerde componentenmatrix, resulterend uit een factor-analyse met Varimax-rotatie. De analyse is uitgevoerd over de drie onderzoeksgroepen (maximaal 70 proefpersonen). De tabel vermeldt waarden vanaf 0,30. Bij de zinnen in ruis is een negatieve waarde vermeld: hoe lager de testuitslag, des te beter de score.

	Component		
	1	2	3
zinnen in stationaire ruis	-0,30		
frequentiepatronen			0,82
duurpatronen		0,32	0,55
woorden-in-ruis: rechts	0,58	0,33	
woorden-in-ruis: links	0,30	0,67	
dichotische digits rechts			0,84
dichotische digits links		0,92	
dichotische digits totaal		0,75	0,54
gefilterde spraak: rechts	0,91		
gefilterde spraak: links	0,94		
binaurale fusietest	0,95		
% verklaarde variantie	29%	20%	19%

Discussie

Bruikbaarheid bij de diverse doelgroepen

De Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen is afgenomen bij drie onderzoeksgroepen en vervolgens zijn de uitslagen vergeleken met die van een controlegroep volwassenen. Hieruit bleken op de meeste subtests significante groepsverschillen te bestaan; de onderzoeksgroepen scoren zwakker dan de controlegroep.

De auditieve problemen van de eerste onderzoeksgroep volwassenen blijken dus goed in kaart te brengen, evenals die van de groep whiplash-patiënten. Bij deze onderzoeksgroepen lijkt het dus zinvol om de Nijmeegse testbatterij te gaan toepassen. Bij de groep licht slechthorenden bleek ook sprake van zwakke scores op de auditieve verwerkingstests, hetgeen kan betekenen dat alleen het aanpassen van het aanbiedingsniveau niet voldoende is om de perifere slechthorendheid te compenseren. Bij de laatste onderzoeksgroep lijkt het gebruik van de testbatterij niet geheel zinvol, aangezien het bij de interpretatie van de testcores nog steeds lastig blijft om de (perifere) hoorproblemen te onderscheiden van de (meer centrale) auditieve verwerkingsproblemen. Vanwege een mogelijke interactie tussen deze perifere en meer centrale processen kan het zijn, dat personen met een lichte perceptieve slechthorendheid naast een verminderde gehoordrempel ook auditieve verwerkingsproblemen ontwikkelen (Neijenhuis et al, 2004). Mogelijk moet er in de toekomst een aangepaste normering gemaakt worden voor personen met een gehoorverlies.

Sensitiviteit van de diverse tests

De sensitiviteit van de diverse tests kan bepaald worden aan de hand van de mate waarin ze groepsverschillen kunnen aantonen en het aantal afwijkende scores per groep. Als we deze bekijken met de huidige onderzoeksgegevens dan komen de resultaten van de groep volwassenen met auditieve problemen in grote mate overeen met die van de groep whiplash-patiënten. De gefilterde spraak- en binaurale fusietest blijken bij beide groepen weinig afwijkende scores op te leveren. Echter, deze tests blijken bij de groep licht slechthorenden wel groepsverschillen te kunnen aantonen. Mogelijk zijn deze tests meer gevoelig voor perifere hoorstoornissen dan voor auditieve stoornissen op hoger niveau.

De rechter oorscore van de dichotische digit-test is bij alle drie de onderzoeksgroepen weinig sensitief. Een verklaring hiervoor zou gevonden kunnen worden in de dominantie van de linker hemisfeer bij het verwerken van dichotische spraak (zie ook Kimura, 1961). Spraak, aangeboden aan het rechter oor, wordt hierdoor beter verwerkt dan spraak, aangeboden aan het linker oor. Dit wordt ook wel het rechter oorvoordeel genoemd. Bij auditieve verwerkingsproblemen worden eerder problemen verwacht met het verwerken van spraak aan het 'benadeelde oor' (het linker oor dus) dan aan het 'bevoordeelde oor'. Een normale score aan het rechter oor in combinatie met een zwakke score aan het linker oor is dus indicatief voor auditieve verwerkingsproblemen.

De zinnen-in-ruistest volgens Plomp lijkt in het algemeen weinig gevoelig voor

het aantonen van groepsverschillen; de subtest met stationaire ruis is de enige die bij de whiplash-patiënten een groepsverschil aantoont. Het kan echter zijn, dat deze test bij een specifieke subgroep wel in staat is om auditieve verwerkingsproblemen aan te tonen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan personen met een laag taalniveau en/of zwak auditief geheugen, die met name op zinsniveau luisterproblemen vertonen, terwijl deze bij de tests op woordniveau nog geen rol spelen.

Scorepatronen

Gezien het aantal tests kan de vraag gesteld worden, of het zinvol is om dit aantal te reduceren. Als met een enkele test aangetoond kan worden of er sprake is van auditieve verwerkingsproblemen kan de testtijd aanzienlijk verkort worden. De resultaten van de factor-analyses geven echter aan, dat de diverse tests wel in subgroepen ingedeeld kunnen worden, maar niet gereduceerd kunnen worden tot één enkele test. De drie subgroepen die gevonden worden, kunnen we als volgt benoemen: 1) 'spraak met verminderde redundantie' (zinnen-in-ruis, woorden-in-ruis, gefilterde spraak, binaurale fusie); 2) 'binaurale integratie' (dichotische digit test) ; 3) 'patroonherkenning' (patroonherkenningstests). De eerste factor beslaat voornamelijk auditieve functies op laag niveau, de zgn. auditieve decodering. De tweede factor betreft het auditief verwerken van meerdere signalen tegelijk, dit verklaart tevens het feit dat de scores op de woorden-in-ruistest gedeeltelijk op deze factor laden. De derde factor bevat voornamelijk de scores op de patroonherkenningstest, maar ook een score van de dichotische digit test. Een overeenkomst tussen deze tests betreft de ordening van geluiden (cijfers en tonen). Daarom kan deze factor mogelijk ook 'auditieve temporele ordening' genoemd worden. Volgens deze indeling zou het aantal tests misschien verminderd kunnen worden met betrekking tot de eerste factor, aangezien van deze verzameling de woorden-in-ruistest de meest sensitieve test bleek te zijn. Een mogelijk gereduceerde testbatterij wordt getoond in tabel 5.

Tabel 5. Een voorstel voor verkorte afname van de Nijmeegse testbatterij (bij volwassenen), opgesteld naar aanleiding van de resultaten van factoranalyses en de sensitiviteit van de tests voor het aantonen van groepsverschillen. De weggelaten testonderdelen zouden bij onduidelijke uitslagen als aanvullende tests gebruikt kunnen worden.

auditieve functie	testonderdeel	aanvullende test
auditieve decodering	woorden-in-ruis	zinnen-in-ruis gefilterde spraak binaurale fusie
auditieve integratie	dichotische digit test	
auditieve temporele ordening	patroonherkenningstests	

Schow et al (1999, 2000) vonden na diverse factor-analyses een consistent model met vier factoren, welke volgens hen minimaal onderdeel moeten uitmaken van een testbatterij. De factoren werden benoemd als 1) 'auditieve patroonherkenning/ordening', 2) 'monaurale separatie/closure', 3) 'binaurale separatie' en 4) 'binaurale integratie'.

Met monaurale separatie en closure wordt bedoeld op monaurale tests met woorden in ruis (separatie) en gefilterde spraak (closure). Met binaurale separatie wordt bedoeld dat bij het dichotisch aanbieden van geluid de informatie van één bepaald oor moet worden weergegeven.

De huidige factor-analyse bevestigt het model van Schow en collega's redelijk. Slechts één factor ('binaurale separatie') werd in het huidige onderzoek niet gevonden; de Nijmeegse testbatterij bevat geen test op dit gebied. De resultaten van factor-analyses blijken in het algemeen samen te hangen met de samenstelling van de testbatterij, aangezien vorige factor-analyses steeds kleine verschillen vertoonden¹. De bovengenoemde factor-indeling kan de interpretatie van testcores vergemakkelijken, aangezien het aantal van elf subtestcores van een patiënt verkleind kan worden tot drie categorieën.

Validiteit van de Nijmeegse testbatterij

De validiteit van de Nijmeegse testbatterij zou ter discussie gesteld kunnen worden, aangezien dit niet op de ideale manier heeft plaatsgevonden. De validering is namelijk niet uitgevoerd met behulp van een zogenaamde 'gouden standaard', zoals in het ideale geval zou moeten; een reeds bestaande en geaccepteerde test op hetzelfde gebied dient in dat geval als vergelijkingsmateriaal. Dit was niet mogelijk, aangezien er bij aanvang van het onderzoek geen vergelijkbare tests waren op het gebied van auditieve verwerking. Daarom is als eerste gekozen voor een onderzoeksgroep, die de vermoedelijke diagnose 'auditieve verwerkingsproblemen' zou krijgen wanneer men slechts de anamnese- en overige testgegevens beschouwt. Dit is de doelgroep, die we voor ogen hebben bij de klinische toepassing van de testbatterij. Alhoewel mogelijk bijkomende problemen zoveel mogelijk werden uitgesloten, zou het in een enkel geval mogelijk zijn dat de auditieve klachten onderdeel vormen van een ander probleem.

Ten tweede kan bekritiseerd worden dat auditieve verwerkingsproblemen niet onderscheiden kunnen worden van verwerkingsproblemen in andere modaliteiten, zolang er alleen maar auditieve tests afgenomen worden. Dit probleem van de 'modality specificity' is een terugkerend onderwerp van discussie in de literatuur (zie onder andere Cacace en McFarland, 1998). In dit onderzoek is hiermee rekening gehouden in de selectie van de proefpersonen (namelijk door toepassing van uitsluitingscriteria), maar ook door tijdens de testafname de aandacht, vermoeidheid en motivatie van

¹ In vorige factor-analyses van de Nijmeegse testbatterij werden ook de resultaten van kinderen betrokken, waardoor de zinnen-in-ruistest niet meegenomen kon worden in de analyses. Naast de drie eerder gevonden factoren bleken de gefilterde spraak- en binaurale fusietest in een aparte (vierde) factor terecht te komen (Neijenhuis et al, 2003). Naar aanleiding van deze analyses zouden we de factor 'monaurale separatie/closure' (in ons model 'verminderde redundantie') kunnen splitsen in een aparte monaurale separatie-factor (spraak-in-ruis) en een monaurale closure-factor (gefilterde spraak-binaurale fusie).

de luisteraars in de gaten te houden. Bovendien blijken de meeste patiënten op één of meerdere subtests normaal te scoren, hetgeen aangeeft dat ze in ieder geval in staat zijn om bij deze taken de aandacht vast te houden. Voor de klinische toepassing van de testbatterij is het belangrijk om bij twijfel over de aard van de verwerkingsproblemen andere disciplines in te schakelen voor differentiaal-diagnostisch onderzoek.

Conclusie

Na afname van de Nijmeegse testbatterij voor auditieve verwerkingsproblemen bij drie verschillende onderzoeksgroepen kan vastgesteld worden dat deze geschikt is om auditieve verwerkingsproblemen in kaart te brengen van personen met auditieve klachten bij een normaal toon- en spraakaudiogram. Bij volwassenen kan dit leiden tot erkenning van de problemen, die eerder als 'subjectief' bestempeld werden. Adviesering op het gebied van 'hoortactieken' (bijvoorbeeld aanpassing van de akoestiek) kan bij deze volwassenen leiden tot een verhoogde kwaliteit van leven.

De testbatterij is minder geschikt voor afname bij personen met een lichte slechthorendheid, aangezien in dit geval alleen het aanpassen van het aanbodingsniveau niet voldoende is om de hogere auditieve functies te onderscheiden van de lagere (perifere) gehoorfuncties. Voor deze laatste doelgroep is een aangepaste normering nodig. Bij factor-analyses is gebleken dat het aantal testscores teruggebracht kan worden naar drie factoren, te weten 'auditieve decoding', 'binaurale integratie' en 'auditieve temporele ordening'. Deze indeling lijkt goed bruikbaar bij de interpretatie van individuele testscores in de klinische praktijk. Meer onderzoek is echter nodig voor de ontwikkeling van nog meer tests met hoge sensitiviteit en specificiteit. Tenslotte blijft de modaliteitsspecificiteit van auditieve verwerkingsproblemen een lastig te beantwoorden kwestie. Een voorwaarde bij de klinische toepassing van de Nijmeegse testbatterij is dan ook dat de scores worden geïnterpreteerd door ervaren professionals, die in een multidisciplinaire setting werken, zoals bijvoorbeeld het Audiologisch Centrum.

Summary

Because of a lack of standardized auditory tests for people with auditory problems despite normal pure tone and speech thresholds, the 'Nijmegen test battery for auditory processing disorders' was developed. Three experimental groups were tested in order to evaluate her clinical utility: adults with auditory complaints despite normal pure tone and speech thresholds (n=24), adults with chronic whiplash (n=22) and adults with a mild, perceptual hearing loss (n=24). Six tests were administered: a sentences-in-noise test, pattern recognition tests, a words-in-noise test, a dichotic digit test, a filtered speech test and a binaural fusion test. In comparing the results from the three experimental groups to the control group, significant differences were found on

most tests. This suggests that auditory processing disorders can be described in persons with normal hearing thresholds. Furthermore, factor analyses showed a reduction of test scores to four factors, called ‘auditory decoding’, ‘binaural integration’ and ‘auditory temporal sequencing’. It is concluded that the Nijmegen test battery is useful in clinical practice, on condition that a multidisciplinary team is available.

Opmerking

Dit artikel beschrijft de inhoud van het proefschrift “Auditory Processing Disorders – Development and evaluation of a test battery”, dat door de eerste auteur verdedigd werd op 15 oktober 2003 te Nijmegen. Promotor was prof. dr. P. van den Broek, copromotor was dr.ir. A.F.M. Snik. Het proefschrift is verkrijgbaar via de auteur.

Dankwoord

De auteurs bedanken prof. dr. P. van den Broek en dr.ir. A. Snik voor de begeleiding van dit promotie-onderzoek. Tevens wordt mw. M. Blokhorst, onderzoeker op Revalidatiecentrum Het Roessingh te Enschede, bedankt voor haar bijdrage aan het onderzoek bij de patiënten met whiplash.

Referenties

- ASHA. (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 J. Jerger (Ed.), *Modern developments in audiology* (pp. 337-370). New York: Academic Press.
- Bosman, A. J., & Smoorenburg, G. F. (1992). *Woordenlijst voor spraakaudiometrie (Compact Disc)* [Compact Disc]. Gouda, the Netherlands: Electro Medical Instruments bv & Veenhuis Medical Audio bv.
- Cacace, A. T., & McFarland, D. J. (1998). Central auditory processing disorder in school-aged children: a critical review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 41(2), 355-373.
- Fifer, R. C., Jerger, J. F., Berlin, C. I., Tobey, E. A., & Campbell, J. C. (1983). Development of a dichotic sentence identification test for hearing-impaired adults. *Ear Hear*, 4(6), 300-305.
- Fischer, A. J. E. M., Verhagen, W. I. M., & Huygen, P. L. M. (1997). Whiplash injury. A clinical review with emphasis on neuro-otological aspects. *Clinical Otolaryngology*, 22, 192-201.
- Jerger, J., & Musiek, F. (2000). Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11(9), 467-474.
- Kapteyn, T. S., & Kramer, S. E. (1997). Validiteitsbeoordeling op grond van vragenlijst en testbatterij. In W. A. Dreschler & F. J. H. van Dijk & B. E. Glazenburg & T. S. Kapteyn & R.

- A. Tange (Eds.), *Validiteit van het gehoor; lawaai, slechthorendheid en werk* (pp. 91-107). Alphen aan den Rijn: van Zuiden Communications BV.
- Kimura, D. (1961). Some effects of temporal lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, *15*, 156-165.
- Max, L. (1995). Betrouwbaarheid van een Nederlandstalige dichotische luistertest met cijfers. *Tijdschrift voor Stem-Spraak- en Taalpathologie*, *4*(2), 115-131.
- Max, L., & D'Haese, P. (1994). Digitale realisatie van een Nederlandstalige dichotische luistertest met cijfers. *Tijdschrift voor logopedie en audiologie*, *24*(2), 36-41.
- Musiek, F. E. (1994). Frequency (pitch) and duration pattern tests. *J Am Acad Audiol*, *5*(4), 265-268.
- Musiek, F. E. (1999). Central auditory tests. *Scandinavian Audiology*, *28*(Suppl 51), 33-46.
- Neijenhuis, K. (2003). *Auditory processing disorders - development and evaluation of a test battery*. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Neijenhuis, K. A., Stollman, M. H., Snik, A. F., & Van den Broek, P. (2001). Development of a central auditory test battery for adults. *Audiology*, *40*(2), 69-77.
- Neijenhuis, K., Snik, A., Priester, G., Kordenoordt Van, S., & Broek Van den, P. (2002). Age effects and normative data on a Dutch test battery for auditory processing disorders. *International Journal of Audiology*, *41*(6), 334-346.
- Neijenhuis, K., Snik, A., & van den Broek, P. (2003). Auditory processing disorders in adults and children; evaluation of a test battery. *International Journal of Audiology*, *42*(7), 391-400.
- Neijenhuis, K., Tschur, H., & Snik, A. (2004). The effect of hearing impairment on auditory processing tests. *Journal of the American Academy of Audiology*, *15*(1), 5-15.
- Noffsinger, D., Wilson, R. H., & Musiek, F. E. (1994). Department of Veterans Affairs compact disc recording for auditory perceptual assessment: background and introduction. *J Am Acad Audiol*, *5*(4), 231-235.
- Pinheiro, M. L., & Ptacek, P. H. (1971). Reversals in the perception of noise and tone patterns. *J Acoust Soc Am*, *49*(6), 1778-1783.
- Plomp, R. (1988). *Spraakmateriaal voor het testen van zinsverstaan in ruis*. Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, onder auspiciën van de FENAC.
- Schow, R. L., & Chermak, G. (1999). Implications from factor analysis for central auditory processing disorders. *Am J Audiol*, *8*(2), 137-142.
- Schow, R. L., Seikel, J. A., Chermak, G. D., & Berent, M. (2000). Central auditory processes and test measures: ASHA 1996 revisited. *Am J Audiol*, *9*(2), 63-68.
- Spitzer, W. O., Skovron, M. L., & Salmi, L. R. (1995). Scientific monograph of the Quebec Task Force on whiplash-associated disorders: redefining "whiplash" and its management. *Spine*, *20*(7), 7-73.
- Tjell, C., Tenenbaum, A., & Rosenhall, U. (1999). Auditory function in whiplash-associated disorders. *Scand Audiol*, *28*(4), 203-209.