

Ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego: wprowadzenie i opis testów możliwych do zastosowania u pacjentów polskojęzycznych*

Central auditory processing: A brief introduction to the processes involved and the non-verbal behavioural tests that can be used with Polish-speaking patients

ADRIAN FUENTE, BRADLEY MCPHERSON

Centre for Communication Disorders, The University of Hong Kong

W pracy przedstawiono definicję ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego oraz opis procesów słuchowych zachodzących w ośrodkowym układzie nerwowym. Wyjaśniono znaczenie takich procesów, jak dekodowanie fonetyczne, rozdzielczość i konfiguracja czasowa, obustronna interakcja, obustronna separacja i integracja. Podano również kilka przykładów klinicznych występowania tych procesów. W artykule omówiono również testy, szczególnie pozawerbalne, które mogą być stosowane w diagnostyce pacjentów polskojęzycznych. Podano ogólne informacje techniczne oraz metody kliniczne. Zaproponowano również kryteria kliniczne dla wyboru baterii testów (centralnego) przetwarzania słuchowego w przypadku poszczególnych pacjentów.

Słowa kluczowe: ASHA, procesy czasowe, rozdzielczość czasowa, sekwencja tonów o różnej wysokości, sekwencja tonów o różnej długości, test rozróżniania przerw, poziom różnicy spowodowanej maskowaniem

This manuscript addresses an overview of the definition of (central) auditory processing and the auditory processes involved in the central auditory function. The auditory processes of phonetic decoding or auditory closure, temporal resolution, temporal configuration, binaural interaction and binaural separation and integration are explained. Also, some examples of clinical manifestations when each of this process is impaired are provided. This article discusses the non-verbal (central) auditory processing tests that can be used with Polish-speaking patients. General technical information and clinical procedures of the tests are provided. Finally, it is suggested a clinical criterion/approach when choosing a (central) auditory processing test battery for a specific patient.

Key words: ASHA, temporal configurations, temporal resolution, Pitch Pattern Sequence, Duration Pattern Sequence, Random Gap Detection, Masking Level Difference

© *Otorynolaryngologia* 2007, 6(2): 66-76

www.mediton.pl/orl

Nadesłano: 15.05.2007

Zakwalifikowano do druku: 11.06.2007

Adres do korespondencji / Address for Correspondence

Adrian Fuente

5th Floor Prince Philip Dental Hospital, 34 Hospital Road, Hong Kong,

Tel: +852 2859 0586; Fax: +852 2559 0060

e-mail: afuente@hkusua.hku.hk

Wstęp

Słyszenie jest procesem kompleksowym. Droga słuchowa stymulowana jest od momentu, gdy dźwięk dojdzie do błony bębenkowej aż do jego odebrania i interpretacji w ośrodkowym układzie nerwowym. W powszechnym rozumieniu, słyszenie jest uważane za zdolność do wykrywania dźwięku. W tym przypadku zaburzenia słuchu związane są z podwyższeniem progów słuchu

i w rezultacie trudnościami w wykrywaniu dźwięku. Jednakże, słyszenie polega nie tylko na wykrywaniu dźwięku. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO – *World Health Organization*, 2001) zaproponowało przyjęcie pięciu funkcji słuchu, takich jak: detekcja dźwięku, jego dyskryminacja (rozróżnianie), lokalizacja, lateralizacja oraz rozróżnianie mowy [1]. Te funkcje słuchowe mają znaczenie w różnych sytuacjach akustycznych, zarówno mniej stresogennych, jak rozróżnianie mowy w cichym pokoju, oraz bardziej uciążliwych, jak lokalizacja krótkich dźwięków w środowisku

* Tłumaczenie: dr med. Ewa Zamysłowska-Szmytko

akustycznym z wieloma sygnałami. W tak kompleksowych czynnościach biorą udział różne procesy słuchowe oraz różne odcinki drogi słuchowej. Co więcej, zdolność odbierania oraz interpretacji informacji słuchowej wymaga interakcji różnych mechanizmów. Ten zespół procesów oraz mechanizmów słuchowych zwany jest ośrodkowymi procesami przetwarzania.

Ocena ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego [(C)AP – (*central*) *auditory processing*] nie jest nową dziedziną wiedzy. Historia badań w tej dziedzinie obejmuje ponad 50 lat. Od czasów pierwszych prac, w których Bocca i wsp. [2] stosowali mowę filtrowaną u osób z guzami płatów czołowych zaś Kimura [3] – obuuszna stymulację u osób z uszkodzeniami mózgu, aż do badań aktualnie prowadzonych z zastosowaniem testów elektrofizjologicznych do oceny ośrodkowych procesów [4], dziedzina ta była w obszarze zainteresowania audiologów. Ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego badane były w wielu grupach osób, na przykład u pacjentów z chorobą Alzheimera [5,6], z *presbycusis* [7], dysleksją [8-10], ze swoistymi zaburzeniami mowy [11], uszkodzeniami pnia mózgu i kory [12-14], u osób narażonych na rozpuszczalniki organiczne [15,16] oraz z padaczką [17]. Opisywane były również zespoły, w których nie stwierdzano widocznych zaburzeń w ośrodkowym układzie nerwowym, jednakże osoby badane zgłaszały trudności w rozumieniu mowy w szumie. Są one również nazywane „dysfunkcją słuchową o nieznanym tle” lub „zespół King-Kopetzky” mają złożoną etiologię [18].

Duże zainteresowanie wzbudzało diagnozowanie ośrodkowych procesów przetwarzania u różnych populacji. Od lat 90. wzrost zainteresowania audiologów na świecie doprowadził do określenia konsensusu profesjonalnych organizacji pod kątem „co to są (ośrodkowe) procesy przetwarzania” oraz jak je badać. Konsensus ten próbował definiować ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego, zaburzenia tych procesów, jak i najmniejszą baterię testów konieczną do ich diagnostyki.

Amerykańskie Towarzystwo Mowy, Języka i Słuchu (ASHA – *American Speech-Language-Hearing Association*) [19] było jednym z pierwszych, które określiło podstawy konsensusu dla ośrodkowych procesów przetwarzania. ASHA (1996) zdefiniowało te procesy jako mechanizmy słuchowe oraz procesy odpowiedzialne za następujące zjawiska behawioralne: lokalizację i lateralizację dźwięku, dyskryminację słuchową, rozróżnianie cech sygnału, aspekty czasowe słyszenia włączając w to rozdzielczość czasową, maskowanie, in-

tegrację i porządkowanie w czasie, zdolność odbioru sygnału przy występowaniu konkurencyjnych sygnałów akustycznych oraz zdolność odbioru sygnałów o obniżonej redundancji (zdegradowanych). Ośrodkowe procesy przetwarzania oznaczają niedobory jednej lub więcej z wymienionych funkcji słuchowych [19].

W definicji ASHA występują dwa istotne zagadnienia. Po pierwsze w definicji tej (1996) są wspomniane procesy i mechanizmy, jednakże nie ma określenia, czemu one służą. Po drugie, termin mechanizmy behawioralne nie jest jasny. Według tej definicji nie ma czytelnego rozróżnienia między procesami/mechanizmami oraz słuchowymi zjawiskami behawioralnymi.

Jerger i Musiek [20] zorganizowali konferencję dotyczącą konsensusu w diagnostyce ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego u dzieci w wieku szkolnym. Celem tej konferencji było zdefiniowanie klinicznych procedur u dzieci. Zaproponowano trzy możliwe podejścia do skonstruowania baterii testów, tj. w oparciu o testy behawioralne, elektrofizjologiczne i elektroakustyczne oraz neuroobrazowanie. Bateria testów behawioralnych obejmowała co najmniej audiometrię tonalną, audiometrię słowną, testy dychotyczne, test rozróżniania długości sygnału oraz test do oceny procesów czasowych. Według Jerger’a i Musiek’a [20] ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego mogą być ogólnie zdefiniowane jako deficyt w przetwarzaniu informacji swoistych dla słuchu. Deficyt ten może nasilać się w niekorzystnym środowisku akustycznym. Może przejawiać się jako trudności w słyszeniu, zrozumieniu mowy, rozwoju języka oraz uczeniu się. W czystej formie jednakże jest on rozumiany jako deficyt w przetwarzaniu sygnału słuchowego [20].

W definicji podanej przez Jerger’a i Musiek’a istotnych jest kilka kluczowych zagadnień [20]. Po pierwsze, autorzy uważają, że zaburzenia ośrodkowych procesów przetwarzania są swoiste dla procesów słuchowych. Oznacza to, że inne właściwości, jak przetwarzanie procesów językowych, wzrokowych i pamięć również powinny być ocenione, a ich wyniki powinny wskazywać, że nieprawidłowości dotyczą jedynie drogi słuchowej. Brak takiej diagnostyki różnicowej sprawia, że trudno wykluczyć iż trudności dziecka mogą być spowodowane innymi chorobami, a nie tylko zaburzeniami słyszenia. Po drugie, autorzy wspominają, że swoiste trudności w słyszeniu mogą się nasilać w niekorzystnych warunkach akustycznych. Oznacza to, że zaburzenia ośrodkowych procesów przetwarzania mogą być trudne do wykrycia w optymalnych warunkach, na przykład podczas oceny

rozumienia mowy w cichym otoczeniu. Trudności mogą pojawiać się natomiast, gdy dziecko musi rozróżniać dźwięki mowy w obecności hałasu, pogłosu etc. Mogą być one również związane z innymi chorobami, jak zaburzenia rozwoju procesów mowy i uczenia się. Jednakże również w tym przypadku zaburzenia ośrodkowych procesów przetwarzania muszą nadal być swoiste dla procesów słuchu.

Ostatnio (2005) ASHA opracowała nowy dokument, aktualizujący ten z roku 1996 [21]. Według nowych opracowań ASHA procesy przetwarzania odnoszą się do skutecznego i efektywnego wykorzystania informacji słuchowej przez ośrodkowy układ nerwowy. Procesy przetwarzania odnoszą się do odbioru informacji słuchowej przez ośrodkowy układ nerwowy oraz aktywności neurobiologicznej, która leży u podłoża tych procesów i przejawia się jako słuchowe potencjały elektrofizjologiczne. Ośrodkowe procesy przetwarzania obejmują mechanizmy słuchowe będące podstawą takich zdolności i umiejętności, jak lokalizacja i lateralizacja dźwięku, rozróżnianie cech dźwięku, czasowe aspekty słyszenia włączając w to integrację, rozróżnianie, porządkowanie i maskowanie czasowe, odbieranie sygnałów współzawodniczących (również dychotycznych – obuusznych) oraz odbieranie zniekształconych sygnałów akustycznych. Ośrodkowe procesy przetwarzania oznaczają trudności w procesach percepcji informacji słuchowej w ośrodkowym układzie nerwowym, wyrażane w niedostatecznych wynikach w jednej lub więcej przytoczonych umiejętności [21].

W pracach grupy roboczej ASHA uznano, że wymóg „zadaniowej swoistości” jako kryterium diagnostyczne ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego nie jest zgodny z wiedzą na temat procesów przebiegających w ośrodkowym układzie nerwowym. Według ASHA (2005) nawet najbardziej podstawowe procesy neuronalne i manipulacja bodźców zmysłowych są wielozadaniowe. Jednakże według ASHA (2005) udokumentowano, że osoby z ośrodkowymi procesami przetwarzania wykazują deficyt przetwarzania bardziejznaczony dla zmysłu słuchu oraz, u niektórych osób, może być wykazany efekt swoistości zadaniowej słuchowej [21].

W zaktualizowanym dokumencie nadal wspomniana jest teoria mechanizmów, podczas gdy pominięto teorię zjawisk behawioralnych, którą zastąpiono teorią umiejętności i zdolności. Ośrodkowe procesy przetwarzania są więc charakteryzowane jako niedostateczne osiągnięcia w jednej lub więcej z tych zdolności/umiejętności. Bateria

testów powinna zawierać zatem różne testy, na podstawie których można ocenić cały zakres tych zdolności. Podział testów, w zależności od umiejętności zostanie omówiony w następnym rozdziale pracy.

W Wielkiej Brytanii Grupa Robocza dla Zaburzeń Słuchowych Procesów Przetwarzania w ramach Brytyjskiego Towarzystwa Audiologicznego (*British Society of Audiology Steering Group*, 2006) zdefiniowała zaburzenia ośrodkowych procesów przetwarzania jako choroby słuchu wynikające z nieprawidłowej czynności mózgu i charakteryzujące się nieprawidłowym rozróżnianiem, dyskryminacją, separacją, grupowaniem, lokalizacją i porządkowaniem bodźców niewerbalnych [22]. Tak więc, w świetle tej definicji, klinicyści powinni oceniać ww. aspekty dla rozpoznania zaburzeń ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego.

Masquelier (2003) przedstawił kompleksowy obraz ośrodkowych procesów przetwarzania [23]. Stwierdził on, że jest to zespół procesów słuchowych, które wpływają na tak ważną funkcję, jak rozróżnianie mowy. Masquelier zaproponował do diagnozowania i oceny zaburzeń obszerne badania wszystkich procesów słuchowych wymienianych przez ASHA w 1996 roku. Stwierdził on, że powinno się przeprowadzać podstawową baterię testów w porządku pozwalającym na uzyskanie całościowych wyników [23].

Aby wybrać testy wymagane dla oceny ośrodkowych procesów przetwarzania u danej osoby należy znać i rozumieć każdy z procesów słuchowych/umiejętności słuchowych omawianych poprzednio. Ponadto, kategorie testów, czyli badania i ich aspekty, powinny być znane lekarzowi. Z tego powodu następne części pracy będą zawierały definicje różnych procesów, ich odniesienie do rzeczywistych sytuacji życiowych, kategorie testów i opisy poszczególnych badań, oraz, ostatecznie, dyskutowane będą kryteria selekcji baterii testów możliwej do zastosowania. W aktualnej pracy dyskutowane są jedynie testy niewerbalne, ponieważ mogą one być stosowane niezależnie od języka ojczystego. Testy słowne mogą być dodane po opracowaniu polskiej wersji językowej.

Przetwarzanie słuchowe

Dekodowanie fonetyczne

Proces dekodowania fonetycznego, zwany również zamknięciem słuchowym, oznacza zdolność słuchacza do stosowania wewnętrznej i zewnętrznej redundancji (nadmiaru informacji) dla uzupełnienia ominiętych lub zniekształconych części sygnału akustycznego, tak, aby rozpoznać pełny przekaz.

Dekodowanie fonetyczne pełni ważną rolę w codziennej aktywności, podczas słuchania dźwięków mowy w warunkach, które rzadko są idealne. Z klinicznego punktu widzenia zaburzenia ujawniają się właśnie podczas słuchania w szumie. Utrudnione jest również rozumienie mowy w dialekcie lub z silnym akcentem regionalnym bądź, gdy głos mówiącego jest szczególnie cichy.

Ocena ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego nakierowana szczególnie na te zjawiska polega na stosowaniu testów mowy filtrowanej. Można również zastosować testy audiometrii słownej w szumie. Dla testów tych istotna jest separacja dwóch sygnałów akustycznych.

Separacja i integracja obuuszna

Procesy separacji obuusznej oznaczają zdolność słuchacza do skupienia się na informacji podawanej do jednego ucha, przy jednoczesnym ignorowaniu informacji podawanej w tym samym czasie do drugiego ucha. Proces integracji oznacza umiejętność połączenia informacji prezentowanej jednocześnie do obu uszu [24]. W sytuacjach życia codziennego człowiek musi ignorować bodźce słuchowe niestanowiące przekazu werbalnego, na który zwracana jest uwaga. Pozostałe bodźce słuchowe, zarówno werbalne jak i niewerbalne, odgrywają rolę dźwięków maskujących, maskerów energetycznych lub informacyjnych.

Zdolność do separacji i integracji nazywana jest również odpowiednio uwagą selektywną i podzieloną. W niektórych badaniach podnoszono, że podczas zadań nakierowanych na uwagę selektywną u badanego występowało przesunięcie uwagi w kierunku kanału nieaktywnego [25,26]. W większości tych przypadków, w kilka milisekund po tym przesunięciu, badani przestawali odbierać bodziec główny. Niektórzy autorzy wiążą to przesunięcie z zaburzeniami pamięci świeżej [27]. Zadania wymagające uwagi selektywnej wymagają również pamięci świeżej, jako że ich funkcją jest aktywne utrzymywanie w pamięci informacji kluczowych dla całościowego poznania [28]. Conway, Cowan i Bunting (2001) w swoich badaniach wykazali że 65% osób z niską pojemnością pamięci świeżej zauważało swoje imię wśród nieistotnych informacji w porównaniu do 20% osób z wysoką pojemnością [27]. Podobnie, osoby ze słabą pojemnością uznawały test z pogłosem jako bardziej trudny, co odzwierciedlał wynik, wskazujący na popełniania istotnie większej liczby błędów w porównaniu do osób z dużą pojemnością pamięci. Autorzy sugerowali, że zadania na pojemność pamięci świeżej są w istocie zadaniami na podzielność uwagi, podczas gdy zadania na słyszenie obuusz-

ne są zadaniami na selektywność uwagi, jednakże osoby, które wypadły dobrze w jednych zadaniach, również drugie wykonały prawidłowo. Tak, więc nie jest jasne czy niektóre osoby normalnie lub spontanicznie dzielą swoją uwagę podczas testów poznawczych. Raczej może się okazać, że istnieje ogólna zdolność poznawcza, która pozwala na prawidłowe wykonanie obu zadań. Autorzy dowodzą, że ta zdolność jest ściśle związana z pamięcią świeżą.

Z klinicznego punktu widzenia zaburzenia na tym poziomie są również widoczne jako trudności w rozumieniu mowy w hałasie, aczkolwiek etiologia jest tu inna niż w zaburzeniach dekodowania fonetycznego. Inną, częstą manifestacją kliniczną są zaburzenia w prowadzeniu rozmowy, gdy inna osoba mówi w tym samym czasie, czy śledzenie dwóch rozmówców jednocześnie. Separacja obuuszna, która pozwala na wykorzystywanie informacji słuchowej z jednego ucha przy jednoczesnym ignorowaniu sygnałów podawanych do drugiego ucha, również angażuje uwagę selektywną jako, że pozwala słuchającemu na utrzymaniu uwagi na jednej informacji przy hamowaniu informacji z drugiego ucha. Integracja obuuszna, która z jednej strony wymaga korzystania z informacji podawanych do obu uszu jednocześnie, również związana jest z pamięcią świeżą oraz podzielnością uwagi.

Testy do oceny ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego, które są szczególnie nakierowane na te procesy, to testy słuchania obuuszne dla ucha wskazanego lub obu uszu.

Rozpoznawanie procesów czasowych

Procesy rozpoznawania konfiguracji czasowych wymagają zdolności do rozpoznawania akustycznych cech mowy. Obejmuje to odbiór i/lub przetwarzanie dwóch lub więcej bodźców słuchowych w określonej kolejności w czasie. Funkcja ta jest zwykle mierzona przez szacowanie kolejności lub sekwencjonowania bodźca. Bardziej kompleksowe serie bodźców akustycznych są zwykle zwane cechami czasowymi.

Z punktu widzenia języka proces ten pozwala słuchaczowi na korzystanie z takich elementów mowy, jak rytm, akcentowanie, intonacja. Elementy te przenoszą informację językową, ułatwiają zrozumienie dwuznacznych zdań lub wyrażenie intencji mówcy takich jak, pytanie czy wykrzyknik. Obejmują również informacje pozajęzykowe, jak stan emocjonalny. Hirsh (1959) sugerował, że procesy czasowe są krytyczne dla szerokiego spektrum zadań słuchowych dnia codziennego, włączając w to percepcję mowy i percepcję muzyki [29].

W percepcji mowy przetwarzanie czasowe jest jedną z funkcji koniecznych dla rozróżniania subtelnych podpowiedzi jak wyraz, bądź rozróżniania podobnych wyrazów. Różnicowanie sekwencji dźwięków w czasie (sekwencjonowanie czasowe) jest niewątpliwie jedną z najbardziej podstawowych i ważnych funkcji ośrodkowego układu nerwowego. Sugerowano, że rozróżnianie sekwencji dźwięków poprzedza rozwój języka [30]. Eisenson (1968) sugerował, że mowa składa się z elementów dźwiękowych i kombinacje tych elementów (wydarzenia lingwistyczne) są czasowe i kolejne. Tak więc, nawet zrozumienie pojedynczego słowa często zależy od odpowiedniej percepcji porządku czasowego elementów dźwiękowych w słowie [31].

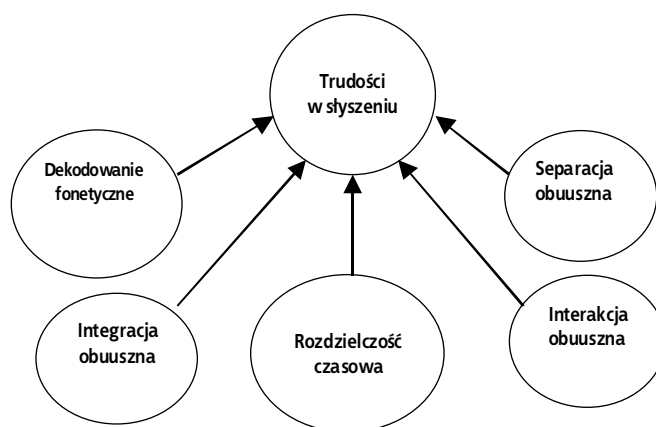
Rozdzielczość czasowa

Jest to ogólny termin szeregu umiejętności obejmujących percepcję przebiegu czasowego sygnału akustycznego. Obejmuje on zdolność do wykrywania zmian w czasie trwania bodźca słuchowego oraz zdolność do wykrywania przerw czasowych między bodźcami słuchowymi [32].

Philips [33] oraz Philips i Hall [34] odróżniali wykrywanie przerw w obrębie kanału i między kanałami w ramach procesów czasowych. W typowym teście wykrywania przerw bodziec poprzedzający przerwę jest identyczny pod względem widma oraz czasu trwania z bodźcem po przerwie. Tak więc, typowy wzór dla wykrywania przerw obejmuje przerwę w środku sygnału akustycznego. W związku z tym można się spodziewać, że sygnał poprzedzający przerwę będzie aktywował te same pola neuronalne, jak bodziec następujący. Zjawisko to opisywane jest jako wykrywanie przerw w obrębie kanału. Jak poprzednio wspomniano, badania wykazały, że prawidłowy próg wykrywania przerw w obrębie kanału wynosi ok. 2 ms. Jednakże przerwy tylko dwumilisekundowe nie są charakterystyczne dla percepcji normalnej mowy. Na przykład percepcja czasu wejścia dźwięku głosu (*voice-onset time*), konieczna dla rozróżnienia między głoskami dźwięcznymi i bezdźwięcznymi jest doskonałym przykładem naturalnego procesu wykrywania przerw podczas swobodnej mowy. W przeciwieństwie do typowego schematu wykrywania przerw stosowanego w laboratoriach psychoakustycznych, widmo oraz czas sygnału akustycznego poprzedzającego przerwę w głosce dźwięcznej (lub bezdźwięcznej) są zupełnie różne od sygnału następującego po przerwie. W tym przypadku można się spodziewać, że aktywowane będą różne pola neuronalne. Jak wykazał Philips prawidłowy próg wykrywania przerw dla

bodźca o zróżnicowanym sygnale przed i po przerwie – sytuacja określana jest jako wykrywanie przerw między kanałami – wynosi średnio 35 ms. Nie jest przypadkowym, że próg 35 ms odpowiada również granicy rozróżniania w percepcji głosów dźwięcznych i bezdźwięcznych [33].

Z klinicznego punktu widzenia, zaburzenia na tym poziomie mogą mieć wpływ na zrozumienie języka mówionego. Osoba może doświadczać trudności w wynajdywaniu słów kluczowych czy odbieraniu niuansów intonacji. Mogą się również pojawić problemy z dyskryminacją mowy jako konsekwencja zaburzeń rozdzielczości czasowej. Testy nakierowane szczególnie na te procesy to testy rozpoznawania cech częstotliwości, czasu trwania oraz test do oceny rozdzielczości czasowej, jak test wykrywania dowolnych przerw [35].



Ryc. 1. Procesy przetwarzania słuchowego leżące u podstaw trudności słyszenia w szumie

Trudności w rozumieniu mowy w hałasie są zjawiskiem złożonym. Mają one ujemny wpływ na funkcjonowanie człowieka. Należy pamiętać, że wiele procesów słuchowych współdziała w rozróżnianiu mowy w obecności hałasu lub konkurencyjnego przekazu słownego.

Testy behawioralne dla ośrodkowych procesów przetwarzania

Rozdział ten przybliży szczegóły dotyczące różnych niewerbalnych testów, które mogą być stosowane u pacjentów polskojęzycznych. W tabeli I zawarto podsumowanie każdego z testów, podano w niej opisy zadań, zaburzenia procesów słuchowych [23,24], procesy behawioralne lub słuchowe [21] oraz kategorię testu według ASHA [19,21]. Tabela zawiera również testy ośrodkowych procesów przetwarzania, w których stosowano materiał słowny jako bodziec. Testy te są dostępne w różnych językach, na przykład duńskim, an-

gielskim, francuskim i hiszpańskim. Wyszczególnienie tego typu testów w tabeli jest istotne dla wytyczenia kierunku badań nad narzędziami do oceny procesów słuchowych u osób polskojęzycznych.

Sekwencja tonów o różnej wysokości (Pitch Pattern Sequence)

Test został opracowany przez Pinheiro [38] i jest dostępny komercyjnie (Auditec, St Louis). Na jego podstawie można wnioskować o procesach rozróżniania tonów, porządkowania czasowego oraz znakowaniu lingwistycznym. Test obejmuje 60 sekwencji (można prezentować mniejszą liczbę) trzech tonów różniących się wysokością (1430 Hz i 880 Hz) nadawanych do jednego ucha na poziomie 50 dB SL powyżej progu słyszenia dla 1000 Hz [39]. Czas trwania każdego tonu wynosi 10 ms, przerwa między tonami – 15 ms oraz dodatkowych 7 ms na interpretację. Osoby badane proszone są o ocenę wysokości tonu (wysoki – niski) i określenie tonów według ich kolejności. Test rozpoczyna się testem próbnym 10 sekwencji dwutonowych, które mają na celu upewnienie się, czy pacjent poprawnie rozróżnia tony wysokie i niskie. Test próbnny nie podlega ocenie. Pozostałe 50 odpowiedzi jest zapisywanych w arkuszu odpowiedzi, na ich podstawie wylicza się odsetek poprawnych odpowiedzi dla każdego ucha oddzielnie.

Sekwencja tonów o różnej długości (Duration Pattern Sequence)

Test został opracowany przez Musiek'a i wsp. [40] i również jest dostępny komercyjnie (Auditec, St Louis). Bellis zauważył, że w teście tym oceniany jest proces rozróżniania długości, porządkowania czasowego oraz znakowanie lingwistyczne [24]. Test obejmuje 60 sekwencji (można prezentować mniejszą liczbę) trzech tonów różniących się długością trwania (250 ms i 500 ms) nadawanych do jednego ucha na poziomie 50 dB HL powyżej progu słyszenia dla 1000 Hz w audiometrii tonalnej [39]. Częstotliwość każdego tonu wynosi 1 kHz, czas trwania przerwy między tonami – 300 ms. Osoby badane proszone są o określenie, jaki ton usłyszały (długi – krótki) z określeniem kolejności tonów. Test rozpoczyna się testem próbnym 10 sekwencji dwutonowych, który ma na celu upewnienie się, czy pacjent poprawnie rozróżnia tony długie i krótkie. Test próbnny nie podlega ocenie. Pozostałe 50 odpowiedzi jest zapisywanych w arkuszu odpowiedzi, na ich podstawie wylicza się odsetek poprawnych odpowiedzi dla każdego ucha oddzielnie.

Test rozróżniania randomizowanych przerw (Random Gap Detection)

Test został opracowany w formie klinicznej przez Keitha [35]. Służy do oceny rozdzielczości czasowej [24]. Jest dostępny komercyjnie (Auditec, St Louis). Celem badania jest zidentyfikowanie i ocena ilościowa zaburzeń procesów czasowych w układzie słuchowych (zwanymi zaburzeniami procesów czasowych) u dzieci i dorosłych [35]. Bodźce zawierają dwa tony i kliki z przerwą o różnej długości (w milisekundach) pomiędzy dwoma bodźcami. Tony są prezentowane obuusznie na poziomie 50 dB HL [35]. Czas trwania każdego tonu wynosi 17 ms z okresem narastania/opadania 1 ms. Czas trwania kliku wynosi 230 ms. Pary bodźców są prezentowane z częstością co 4,5 sekundy. Przerwy między dwoma tonami i klikami mieszczą się w zakresie od 0 do 40 ms (0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 i 40 i są prezentowane losowo). Badanie obejmuje test 1. (skryning, ćwiczenie), w którym zastosowano ton 500 Hz, test 2. dla częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz, test 3. jest stosowany jako ćwiczenie przed badaniem klikiem i test 4. dla kliku. Pacjent powinien określić, czy słyszy dwa tony, czy jeden. Badanie rozpoczyna się od ćwiczenia w teście 1. Następnie prezentowany jest test 2. w kolejności wymienionej powyżej. Test 3. jest traktowany jako ćwiczenie dla badania klikiem, po czym prezentowany jest test 4. Odpowiedzi pacjenta są zapisywane jako 1, gdy słyszy on jeden ton i jako 2- gdy słyszy dwa tony [35]. Za progi dla każdej z częstotliwości i kliku przyjmuje się czas trwania bodźca w milisekundach, słyszanego jeszcze jako dwa tony, a nie już jako jeden.

Poziom różnicy spowodowanej maskowaniem (Masking Level Difference – MLD)

Test opisywany został opracowany przez Wilsona i wsp., [41] i jest dostępny komercyjnie (Auditec, St Louis). W teście oceniane są słuchowe procesy interakcji odbioru obuusznego [23,24,42]. Test opiera się na spostrzeżeniach, że gdy hałas jest nałożony na ton, poziom dźwięku tonu musi być znacznie wyższy, żeby można było go usłyszeć. Hałas maskuje tony. Jednakże, jeżeli charakterystyka tonów i hałasu różni się znacznie (na przykład są przesunięte w fazie), maskujący efekt hałasu jest mniejszy. W teście opracowanym przez Wilsona i wsp. [41] zastosowano ton przesunięty w fazie, hałas podawano taki sam do obu uszu. Gdy sygnał jest przesunięty w fazie między uszami o π radianów, zaś hałas jest zgodny w fazie dla

Table 1. Opis głównych zadań, procesów słuchowych według Bellis [24] oraz Masquelier [23], zjawisk behawioralnych i umiejętności słuchowych [19,21 oraz kategorii testów [19,21] dla poszczególnych testów

Test	Opis zadań	Procesy słuchowe	Procesy behawioralne i umiejętności [19,21]	Kategoria testu wg [19,21]
Mowa w szumie	Rozpoznawanie monosylab w obecności hałasu białego	Zamknięcie słuchowe [24] Rozdzielenie dwóch sygnałów akustycznych [24] Dekodowanie fonetyczne [23]	Odbieranie bodźców zmniejsza się przy jednoczesnej obecności sygnału współzawodniczącego	Test jednostny, mowa o obniżonej redundancji
Mowa filtrowana	Rozpoznawanie monosylab przy zastosowaniu filtra niskoczęstotliwościowego	Zamknięcie słuchowe [24] Dekodowanie fonetyczne [23]	Odbieranie bodźców zmniejsza się przy zniekształceniu sygnału akustycznego	Test jednostny, mowa o obniżonej redundancji
Test łączenia obuuszego	Rozpoznawanie monosylab, których zakres niskich częstotliwości jest podawany do jednego ucha, zaś wysokie częstotliwości - jednocześnie do drugiego ucha	Interakcje obuuszne [24]	Interakcje obuuszne	Interakcje obuuszne
Masking level difference	Lateralizacja tonów 500 Hz w szumie Rozpoznawanie tonów 500 Hz (w szumie) z lub bez przesunięcia w fazie między uszami	Interakcje obuuszne [23,24]	Interakcje obuuszne	Interakcje obuuszne
<i>Dichotic digits</i>	Powtarzanie dwóch par cyfr podawanych obuusznie (dichotycznie) Powtarzanie cyfr słyszanych w jednym uchu	Przewodzenie sygnału między półkulami [23] Integracja obuuszna – podzielność uwagi [23,24] Separacja obuuszna – selektywność uwagi [23]	Mowa dychotyczna	Mowa dychotyczna
Słowa spondejowe podawane jednocześnie do obu uszu	Powtarzanie czterech słów podawanych do obu uszu jednocześnie	Przewodzenie sygnału między półkulami [23] Integracja obuuszna – podzielność uwagi [23,24]	Mowa dychotyczna	Mowa dychotyczna
Sekwencja tonów o różnej wysokości	Rozróżnianie i porządkowanie tonów o różnej wysokości	Procesy czasowe [23] Rozróżnianie częstotliwości, porządkowanie w czasie, znakowanie lingwistyczne [24]	Dyskryminacja słuchowa Rozpoznawanie cech dźwięku Czasowe aspekty słyszenia włączając rozdzielczość, maskowanie, integracje i porządkowanie Czasowe procesy: porządkowanie, rozdzielczość, integracja, dyskryminacja	Słuchowe procesy czasowe i rozróżniania dźwięku
Sekwencja tonów o różnej długości	Rozróżnianie i porządkowanie tonów o różnym czasie trwania	Konfiguracje czasowe [23] Rozróżnianie czasu trwania bodźca, porządkowanie w czasie, znakowanie lingwistyczne [24]	Dyskryminacja słuchowa Rozpoznawanie cech dźwięku Czasowe aspekty słyszenia włączając rozdzielczość, maskowanie, integracje i porządkowanie Czasowe procesy: porządkowanie, rozdzielczość, integracja, dyskryminacja	Słuchowe procesy czasowe i rozróżniania dźwięku
Test rozróżniania przerw	Wykrywanie przerw między dwoma bodźcami	Rozdzielczość czasowa [24]	Dyskryminacja słuchowa Rozpoznawanie cech dźwięku Czasowe aspekty słyszenia włączając rozdzielczość, maskowanie, integracje i porządkowanie Czasowe procesy: porządkowanie, rozdzielczość, integracja, dyskryminacja	Słuchowe procesy czasowe i rozróżniania dźwięku

obu uszów ($S\pi No$) wówczas kształt fali sygnału podawanego do uszu różni się pod względem charakterystyki czasu i amplitudy. Dla częstotliwości 500 Hz (co jest częstotliwością tonu stosowaną w teście Wilsona z 2003 roku [41]), największe opóźnienie spowodowane przez maskowanie, lub inaczej poziom różnicy spowodowanej maskowaniem (MLD), osiągany jest dla warunków $S\pi No$, co typowo daje próg 10-14 dB poniżej progu dla warunków $SoNo$.

Badanie obejmuje 33 prezentacje, dziesięć dla warunków podstawowych (bez przesunięcia) $SoNo$ oraz 12 dla warunków $S\pi No$, pozostałych 11 prezentacji to sam hałas bez tonów. Różnice głośności (*Signal to Noise Ratio* – SNR) między tonem a hałasem są obniżane o 2 dB wraz z każdą następną prezentacją. Dla warunków $SoNo$ początkowe SNR wynosi 1 dB, dla warunków $S\pi No$: -7 dB. Progi dla każdego warunków są zliczane, zaś MLD wyznaczany jest przez odejmowanie progów uzyskanych dla warunków $SoNo$ i $S\pi No$.

Test jest prezentowany na poziomie 70 dB HL [41] na tle białego hałasu, obuusznie. Pacjent musi określić, czy słyszy ton. Zliczane są odpowiedzi prawidłowe dla każdego warunków. Ostatecznie, różnicę poziomów maskowania uzyskuje się przez obliczenie różnicy dla obu warunków.

Dyskusja

Aktualnie w ocenie procesów przetwarzania ośrodkowego układu nerwowego w populacji anglojęzycznej stosowane są baterie różnych testów słuchowych. Takie instrumenty diagnostyczne, jak Test dla Zaburzeń Ośrodkowych Procesów Przetwarzania u Młodocianych i Dorosłych (SCAN-A) [43], Test dla Zaburzeń Ośrodkowych Procesów Przetwarzania u Dzieci (SCAN-C) [44] oraz test do Wielorakiej Oceny Zaburzeń Słuchowych Procesów Przetwarzania (MAPA) [45] są przykładami ostatnio opracowanych testów w USA. W innych krajach anglojęzycznych opracowano własne baterie testów lub zaadaptowano testy z amerykańskim akcentem. Przykładem tego jest australijska bateria testów *Macquarie University Speech Tests* [46], zaś przykładem adaptacji – test *Staggered Spondaic Words* (SSW) dla Australijczyków [47], oraz test *Pediatric Speech Intelligibility*, który jest adaptacją testu PSI Jerger i Jerger [48] dla dzieci australijskich [49], a także badania normalizacyjne na materiale tonalnym i werbalnym dla oceny procesów słuchowych „dysk 2.0” [50] dla dzieci z językiem południowoafrykańskim [51]. Opracowano również baterie testów dla osób mówiących

w języku innym niż angielski. W Brazylii Desgualdo i Schochat opracowali baterię testów dla języka portugalskiego [52], Neijenhuis i wsp. – listy z duńskim materiałem słownym [53], Fuente i McPherson – w języku hiszpańskim [54], zaś w Belgii Demanez i wsp. testy dla francuskojęzycznej populacji [42]. Jednakże nadal brak jest testów opracowanych i znormalizowanej dla populacji polskiej. Problem ten wydaje się być dość istotnym, jako, że częstość występowania ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego szacowana jest na około 2-3% u dzieci [55], zaś w Wielkiej Brytanii Saunders i Haggard (1992) szacowali, że u 10% osób dorosłych diagnozowanych z powodu zaburzeń w słyszeniu nie wykazano patologii w obrębie ucha środkowego ani wewnętrznego [56]. Tak, więc następnym krokiem jest opracowanie baterii testów dla pacjentów polskojęzycznych. Aktualnie można ocenić takie procesy, jak interakcję obuuszną, procesy rozdzielczości czasowej oraz rozróżniania cech czasowych, gdyż testy służące do oceny tych procesów są testami niewerbalnymi. Słuchowy proces dekodowania fonetycznego, obuusznej integracji/separacji (określanej jako stymulacja dychotyczna) nie są możliwe do oceny z powodu braku standaryzowanych testów w języku polskim.

Jedną z ważniejszych cech w ocenie (ośrodkowych) zaburzeń procesów przetwarzania jest walidacja stosowanych testów. Jak dotychczas nie ma „złotego standardu”, do którego można porównać uzyskane wyniki testów [57]. Z tego względu uważano, że porównanie wyników do wyników osób z określonymi zmianami w obrębie ośrodkowego układu nerwowego może stanowić najlepszą opcję dla określenia swoistości i czułości testów [21,57]. Prowadzone były różne badania dla oceny wiarygodności testów w grupach osób ze znaną patologią ośrodkowego układu nerwowego. Niektóre z testów nie wykazywały wysokiej czułości ani swoistości, jak na przykład test łączenia sygnału obuusznej [24], mowy filtrowanej [55], mowy przerywanej [55], mowy w hałasie [55]. Inne jednakże, jak test liczb dychotycznych [40], rozróżniania wysokości tonów [58] oraz długości tonów [40] czy test MLD [59,60] okazały się czułe w stosunku do uszkodzeń ośrodkowego układu nerwowego. Pomimo niskiej czułości niektórych badań, baterie testów rozwijały się w ostatnich latach w krajach nieanglojęzycznych [42,52,61], wciąż dołączano do nich nowe testy, jak test mowy filtrowanej, test mowy w szumie czy integracji obuusznej. Dołączenie tych testów okazało

się konieczne, aby sprostać wymogom definicji ASHA [19,21], według której konieczne jest oszacowanie takich funkcji słuchowych, jak rozumienie materiału o obniżonej redundancji (zdegradowanego) czy odbiór materiału słownego podawanego wraz z sygnałem współzawodniczącym, mimo, iż dla ww. funkcji nie opracowano jeszcze bardziej czułych testów. Te ważne zagadnienia powinny być brane pod uwagę przy opracowaniu polskiej wersji testów do oceny ośrodkowych procesów przetwarzania.

W niniejszym artykule omówiono zestaw czterech testów. Inne, dostępne komercyjnie testy mogą być stosowane do oceny tych samych zaburzeń, jakie omawiano poprzednio. Podobnie badania w przyszłości powinny prowadzić do opracowania nowych testów, zarówno werbalnych, jak i niewerbalnych, możliwych do zastosowania u osób polskojęzycznych. Nie oznacza to jednak, że wszystkie możliwe testy powinny być stosowane u każdego z pacjentów. Klinicyści powinni wybrać jeden lub dwa testy do oceny zdolności słuchowych (według ASHA [19,21]) lub procesów słuchowych [23,24] lub z określonych powodów klinicznych niektóre procesy u danej osoby mogą być pominięte. Wybór testów zależy od dolegliwości pacjenta, wywiadu klinicznego i innych czynników. Au-

diolog powinien brać pod uwagę lingwistyczne, poznawcze oraz pozasłuchowe wymagania zadań przy selekcji baterii testów [21]. W tabeli I podano szczegóły dotyczące procesów słuchowych [23,24] oraz umiejętności słuchowe [19,21], a także zjawiska behawioralne [19,21] dla poszczególnych testów. Mogą one być pomocne dla audiologa w wyborze najbardziej odpowiedniego zestawu testów dla danego pacjenta. Ponadto audiolog kliniczny powinien wziąć pod uwagę wiarygodność testów w przypadku pacjentów anglojęzycznych, których analiza przeprowadzona została w pracy Bellis [24].

Ocena (ośrodkowych) procesów przetwarzania słuchowego stanowi wyzwanie dla klinicystów i naukowców pracujących z populacją polskojęzyczną. Aktualnie klinicyści w Polsce mają narzędzia do oceny niektórych procesów słuchowych składających się na ośrodkowe funkcje słuchowe. Doświadczenie w stosowaniu testów w połączeniu z badaniami naukowymi mogą prowadzić do opracowania w bliskiej przyszłości baterii testów w języku polskim. Bez wątplenia będzie to korzystne dla setek mówiących po polsku dzieci i dorosłych, którzy aktualnie nie mogą zostać właściwie zdiagnozowani, a co za tym idzie są pozbawieni odpowiedniej rehabilitacji.

Piśmiennictwo

1. World Health Organization. International Classification of Functioning, Disability and Health. Geneva: World Health Organization, 2001.
2. Bocca E, Callearo C, Cassinari V. A new method for testing hearing in temporal lobe tumors. *Acta Otolaryngologica* (Stockholm) 1954; 44:219-21.
3. Kimura D. Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canad J Psychol* 1961; 15: 156-65.
4. Moncrieff D, Jerger J, Wambacq I, Greenwald R, Black J. ERP evidence of a dichotic left-ear deficit in some dyslexic children. *J Am Acad Audiol* 2004; 518-34.
5. Iliadou V, Kaprinis S. Clinical psychoacoustics in Alzheimer's disease central auditory processing disorders and speech deterioration. *Annals of General Hospital Psychiatry* 2003; 2:12.
6. Strouse AL, Hall JW, Burger MC. Central auditory processing in Alzheimer's disease. *Ear Hear* 1995; 16: 230-8.
7. Frisina DR, Frisina RD. Speech recognition in noise and presbycusis: relations to possible neural mechanisms. *Hear Res* 1997; 106: 95-104.
8. Hugdahl K, Heiervang E, Nordby H, Smievoll AI, Steinmetz H, Stevenson J i wsp. Central auditory processing, MRI morphometry and brain laterality: applications to dyslexia. *Scand Audiol* 1998; Suppl 49: 26-34.
9. Sapir S, Maimon T, Eviatar Z. Linguistic and nonlinguistic auditory processing of rapid vowel formant (F2) modulations in university students with and without developmental dyslexia. *Brain and Cognition* 2002; 48: 520-6.
10. Schulte-Korne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H. Auditory processing and dyslexia: evidence for a specific speech processing deficit. *Neuroreport* 1998; 9: 337-40.
11. Tallal P, Stark RE, Mellis ED. Identification of language impaired children on the basis of rapid perception and production skills. *Brain Lang* 1985; 25: 314-22.
12. Baran JA, Bothfeld RW, Musiek FE. Central auditory deficits associated with compromise of the primary auditory cortex. *J Am Acad Audiol* 2004; 15: 106-16.
13. Musiek FE. Assessment of central auditory dysfunction: The dichotic digit test revisited. *Ear Hear* 1983a; 4: 79-83.
14. Musiek FE. Results of three dichotic speech tests on subjects with intracranial lesions. *Ear Hear* 1983b; 4: 318-23.
15. Fuente A, McPherson B, Muñoz V, Espina JP. Assessment of central auditory processing in a group of workers exposed to solvents. *Acta Oto-Laryngol* 2006; 126: 1188-94.
16. Varney NR, Kubu CS, Morrow LA. Dichotic listening performances of patients with chronic exposure to organic solvents. *Clinical Neuropsychologist* 1998; 12: 107-12.

17. Ortiz KZ, Pereira LD, Borges AC, Vilanova LC Staggered spondaic word test in epileptic patients. *São Paulo Med J* 2002; 120: 185-8.
18. Zhao F, Stephens D. Subcategories of patients with King-Kopetzky syndrome. *Brit J Audiol* 2000; 34: 241-56.
19. ASHA. Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *Am J Audiol* 1996; 5: 41-54.
20. Jerger J, Musiek FE. Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children. *J Am Acad Audiol* 2000; 11: 467-74.
21. American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorders - the role of the audiologist. American Speech-Language-Hearing Association: 2005; http://www.asha.org/nr/rdonlyres/8A2204DE-EE09-443C-98AA-3722C18214E3/0/v2PS_CAPD.pdf.
22. British Society of Audiology. Auditory processing disorder. British Society of Audiology Steering Group, 2006: <http://www.thebsa.org.uk/apd/Home.htm#working%20def>.
23. Masquelier MP. Management of auditory processing disorders. *Acta Oto-Rhino-Laryngol Belg* 2003; 57: 301-10.
24. Bellis TJ. Assessment and Management of central auditory processing disorders. (2nd ed.). Clifton Park, NY: Thomson, 2003.
25. Cherry EC. Some experiments on the recognition of speech, with one and two ears. *J Acoust Soc Am* 1953; 25: 975-9.
26. Wood NL, Cowan RW. The cocktail party phenomenon revisited: Attention and memory in the classic selective listening procedure of Cherry (1953). *J Experim Psychol Learn Mem Cogn* 1995; 21: 255-60.
27. Conway ARA, Cowan N, Bunting MF. The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review* 2001; 8: 331-5.
28. Baddeley AD, Hitch GJ. Working Memory. (w) Bower GA (red.). *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. New York: Academic Press, 1974; 8: 47-89.
29. Hirsh IJ. Auditory perception of temporal order. *J Acoust Soc Am* 1959; 31: 759-67.
30. Furth HG. Sequence learning in aphasic and deaf children. *J Speech Hear Dis* 1964; 29: 171-7.
31. Eisenson J. Developmental aphasia (dyslogia). A postulation of a unitary concept of the disorder. *Cortex* 1968; 4:184-200.
32. Singh S, Kent RD. Illustrated dictionary of speech-language pathology. San Diego, CA: Singular Publishing Group, Inc, 2000.
33. Philips DP. Auditory gap detection, perceptual channels, and temporal resolution. *J Am Acad Audiol* 1999; 10: 343-54.
34. Philips DP, Hall SE. Independence of frequency channels in auditory temporal gap detection. *J Acoust Soc Am* 2000; 108: 2957-63.
35. Keith RW. Random Gap Detection Test. St. Louis. Auditec, 2000a.
36. Durlach NI, Thompson CL, Colburn HS. Binaural interaction of impaired listeners. A review of past research. *Audiology* 1981; 20: 181-211.
37. Noffsinger D, Schaefer AB, Martinez CD Behavioral and objective estimates of auditory brainstem integrity. *Seminars in hearing* 1984; 5: 337-49.
38. Pinheiro M. Tests of central auditory function in children with learning disabilities. (w) Central auditory dysfunction. Keith R (red.). New York, Grune & Stratton 1977: 223-56.
39. Musiek FE. Frequency (pitch) and duration patterns tests. *J Am Acad Audiol* 1994; 5: 265-8.
40. Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology* 1990; 29: 304-13.
41. Wilson RH, Moncrieff DW, Townsend EA, Pillion AL. Development of a 500 Hz masking-level difference protocol for clinic use. *J Am Acad Audiol* 2003; 14: 1-8.
42. Demanez, L, Dony-Closon B, Lhonneux F, Demanez JP. Central auditory processing assessment: a French-speaking battery. *Acta Oto-Rhino-Laryngol Belg* 2001; 57: 275-90.
43. Keith R. Development and standardization of SCAN-A: test of auditory processing disorders in adolescents and adults. *J Am Acad Audiol* 1995; 6, 286-92.
44. Keith R. Development and Standardization of SCAN-C Test for auditory processing disorders in children. *J Am Acad Audiol* 2000b; 11: 438-45.
45. Domitz D, Schow R. A new CAPD battery-Multiple Auditory Processing Assessment: Factor analysis and comparisons with SCAN. *Am J Audiol* 2000; 9: 101-11.
46. Golding M, Birtles G. Macquarie University Speech Tests. Sydney: Macquarie University, 2001.
47. Golding M, Lilly DJ, Lay JW. A staggered spondaic word (SSW) test for Australian use. *Austr J Audiol* 1996; 18: 81-8.
48. Jerger S, Jerger J. Pediatric Speech Intelligibility Test. St. Louis: Auditec, 1984.
49. Cameron S, Barker R, Newall P. Development and evaluation of an Australian version of the pediatric speech intelligibility test for auditory processing disorder. *Aust New Zealand J Audiol* 2003; 25: 16-27.
50. Wilson RH, Strouse A. Tonal and Speech Materials for Auditory Perceptual Assessment disc 2.0. Tennessee: Department of Veterans Affairs, 1998.
51. Campbell NG, Wilson WJ. The performance of South African English first language child speakers on a 'low linguistically loaded' central auditory processing test protocol. *South Afr J Comm Dis* 2003; 50: 15-8.
52. Desgualdo LS, Schochat E. Baixa Redundancia: Fala Filtrada e Fusao Biaural [low redundancy: filtered speech and binaural fusion]. (w) *Processamento Auditivo Central: Manual de Avaliação*. Desgualdo LS, Schochat E (red.). São Paulo, Brazil: Lovise, 1997: 103-9.
53. Neijenhuis K, Stollman M, Snik M, Van den Broek P. Development of a central auditory test battery for adults. *Audiology* 2001; 40: 69-77.
54. Fuente A, McPherser B. Auditory processing tests for Spanish-speaking adults: An initial study. *Int J Audiol* 2006; 45: 645-59.

55. Chermak GD, Musiek FE. Central auditory processing disorders; new perspectives. San Diego: Singular, 1997.
56. Saunders GH, Haggard MP. The clinical assessment of "Obscure Auditory Dysfunction" (OAD) 2. Case control analysis of determining factors. *Ear Hear* 1992;13: 241-54.
57. Musiek FE. Central auditory tests. *Scand Audiol* 1999; 28 Suppl 51:33-46.
58. Musiek FE, Pinheiro ML. Frequency patterns in cochlear, brainstem, and cerebral lesions. *Audiology* 1987; 26: 79-88.
59. Lynn GE, Gilroy J, Taylor PC, Leiser LP. Binaural masking level differences in neurological disorders. *Archives of Otolaryngology* 1981; 107: 357-62.
60. Noffsinger D, Martinez CD, Schaefer A. Auditory brainstem responses and masking level differences from persons with brainstem lesions. *Scand Audiol* 1982; 15: 81-93.
61. Neijenhuis K, Snik A, Van den Broek P. Auditory processing disorders in adults and children: evaluation of a test battery. *Int J Audiol* 2003; 42: 391-400.