

Audiometria mowy w szumie u dzieci z trudnościami w nauce uwarunkowanymi nieprawidłowym rozwojem języka

Speech in noise testing of children with language-based learning disability

PRZEMYSŁAW ŚPIEWAK^{1,2/}, BEATA ŚPIEWAK^{1/}

^{1/} NZOZ Audiofonika Żywiec

^{2/} Oddział Laryngologii Szpitala Dziecięcego w Bielsku-Białej

Wprowadzenie. Pacjenci z upośledzeniem wyższych czynności słuchowych, w tym z nieprawidłowym rozwojem języka mają trudności z funkcjonowaniem w zdegradowanym akustycznie środowisku. U dzieci przekładać się to może na niezdolność odbioru informacji przekazywanych werbalnie w warunkach klasy, a przez to na słabsze osiągnięcia edukacyjne (*Language-based Learning Disability* – LLD).

Cel pracy. Celem pracy była ocena rozumienia mowy w szumie przez dzieci z językowo uwarunkowanymi trudnościami w nauce.

Materiał i metody. Przebadano 75 uczniów w wieku 8-16 lat z trudnościami w nauce spowodowanymi upośledzonym rozwojem języka. Przeprowadzono badanie testami słownymi w ciszy oraz w szumie, z zastosowaniem stosunku sygnału do szumu (*signal to noise ratio* – S/N) +12dB. Wyniki porównano z rezultatami uzyskanymi u 30 dzieci zdrowych, osiągających dobre wyniki w nauce.

Wyniki. U 73 uczniów rozpoznano centralne zaburzenia procesów przetwarzania słuchowego (*Central Auditory Processing Disorders* – CAPDS), a u 2 dzieci – neuropatię słuchową. U 42 pacjentów z CAPDS obserwowano podwyższenie progu rozumienia mowy w szumie, a u 66 uczniów – poszerzenie krzywych artykulacyjnych po podaniu szumu. Dzieci zdrowe nie wykazywały takich zmian.

Wnioski. Poszerzenie krzywej audiometrii mowy w szumie w stosunku do testów wykonanych w ciszy u dziecka z trudnościami w nauce może wskazywać na występowanie centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego.

Słowa kluczowe: audiometria mowy w szumie, upośledzone przetwarzanie słuchowe, (C)APDs, krzywa artykulacyjna, system FM

Introduction. Patients with impaired higher hearing function, including those with Language-based Learning Disability (LLD), find it difficult to perform normally in the noise-polluted environment. LLD children may experience difficulties with absorbing verbally transmitted information in noisy classrooms, whereby their learning progress may be considerably hindered.

Aim. Assess the ability to understand speech in noise by LLD children.

Material and methods. The subjects were 75 LLD students at the age of 8 to 16 years. Speech audiometry in silence and in noise was used, with a +12dB signal to noise (S/N) ratio. The results were compared with those for healthy students without learning problems.

Results. Central auditory processing disorders (CAPDs) were diagnosed in 73 children and auditory neuropathy was detected in 2 children. Elevated speech perception threshold in noise was recorded in 42 of the patients, while wider articulation curves in the speech in noise were noted in 66 of the patients. No such changes were observed in healthy students.

Conclusions. Widening of speech audiometry curve in noise in a Language-based Learning Disability students vs. that obtained in silence may point to central auditory processing disorders.

Keywords: speech in noise, (Central) Auditory Processing Disorders, (C)APDs, language based learning disability, LLD, articulation curve

© Otorinolaryngologia 2007, 6(3): 151-156

www.mediton.pl/orl

Nadesłano: 21.05.2007

Zakwalifikowano do druku: 18.09.2007

Adres do korespondencji / Address for Correspondence

Przemysław Śpiewak

ul. Kopernika 5A, 34-300 Żywiec

audiofonika@o2.pl

WSTĘP

Od czasu wprowadzenia do diagnostyki testu „Słyszec” na początku obecnego stulecia, do naszego ośrodka audiologicznego zgłasza się coraz więcej dzieci w wieku szkolnym z podejrzeniem upo-

śledzenia wyższych czynności słuchowych [1]. Pacjenci tacy nie są zdolni do prawidłowego funkcjonowania w zdegradowanym akustycznie środowisku, w obecności szumu tła oraz pomieszczeniach z długim czasem pogłosu. Przekłada się to

na niezdolność do prawidłowego odbioru informacji przekazywanych werbalnie w warunkach klasy, a przez to na osiągnięcia edukacyjne. Uczniowie ci, mimo prawidłowych wyników badań audiometrii tonalnej i testów elektrofizjologicznych, sprawiają często wrażenie osób niedosłyszących [2-5].

Niemożliwość prawidłowego rozumienia mowy w zdegradowanym akustycznie środowisku jest objawem kluczowym zarówno dla upośledzonego centralnego przetwarzania słuchowego (*Central auditory processing disorders* – (C)APDs), jak i neuropatii słuchowej (*Auditory neuropathy* – AN) [5].

(C)APDs dotyczy deficytu neuronalnego przetwarzania bodźca akustycznego i nie jest związane z ponadmodalnymi czynnikami poznawczymi, językowymi itp. Charakteryzuje się upośledzeniem co najmniej jednej z następujących czynności słuchowych: lokalizacji i lateralizacji dźwięku, rozróżniania słuchowego, identyfikacji wzorca akustycznego i analizy czasowej słuchanego dźwięku. Dodatkowo pacjenci z (C)APDs mają trudności ze słyszeniem informacji podawanej dychotycznie i rozumieniem mowy o zmniejszonej redundancji [6]. U podłoża tego schorzenia leżą zaburzenia funkcjonowania neuronów drogi słuchowej od jądra ślimakowego do kory słuchowej [7].

W ujęciu neurobiologicznym podłożem (C)APDs u dzieci są nieskuteczny transfer informacji między półkulami włóknami spoidłowymi i nietypowa asymetria półkul mózgu. Bardzo rzadko (C)APDs określa się jednak jako schorzenie neurologiczne [8-10]. W czasowym ciągu zdarzeń dźwiękowych, jakim jest mowa, może dochodzić do czasowego maskowania jej jednych elementów przez drugie. Trudności z rozróżnianiem sylab spółgłoskowo samogłoskowych (/da/, /ga/ itp.) mogą wynikać z maskującego efektu ustalonej w czasie samogłoski na krótką początkową spółgłoskę [11].

Podłoże anatomiczne neuropatii słuchowej zostało lepiej zdefiniowane anatomicznie niż (C)APDs. Rapin i Gravel sugerują że termin AN może być używany wyłącznie, gdy uszkodzenie ma miejsce w zwoju spiralnym lub jego wypustkach [12]. Głównym kryterium diagnostycznym AN jest nieprawidłowa synchronizacja odpowiedzi w ABR przy prawidłowej otoemisji akustycznej [13,14].

Dla lepszego zrozumienia anatomicznego podłoża dysfunkcji zarówno AN, jak i (C)APDs, ich behawioralne objawy podzielono na podtypy.

Proponuje się podział neuropatii słuchowej na 4 postaci. Pierwsza to neuropatia demielinizacyjna. Występujące w niej uszkodzenie komórek Schwanna prowadzi do zwolnienia transmisji mię-

dzy neuronami. Druga postać to neuropatia aksonalna. Trzecia to postać aksonalno-czuciowa. W czwartej dochodzi do uszkodzenia zarówno osłonki mielinowej, jak i aksonów [12,15]. Gdy uszkodzenie obejmuje także pień mózgu należy je określać mianem ośrodkowego, a nie neuropatią [12].

Pacjentów z (C)APDs i AN charakteryzuje upośledzenie rozumienia mowy w szumie. Audiometria mowy w szumie została po raz pierwszy użyta do diagnostyki klinicznej przez Sinha w 1959 roku. Autor ten zaobserwował deficyt rozumienia mowy z prezentowanym symultanicznie monotycznym szumem w uchu kontralateralnym w uszkodzeniu korowym [16]. Obserwacje te zostały potwierdzone późniejszymi badaniami [17,18]. Ponadto wykazano nieprawidłowości w badaniach testami słownymi także u pacjentów z uszkodzeniami ósmego nerwu czaszkowego, chorobą Ménière'a, oraz guzami wewnątrz- i zewnątrzosiowymi [19].

Wyjaśnienia podłoża anatomicznego uszkodzeń związanych z gorszym rozumieniem mowy w szumie poszukuje się przede wszystkim za pomocą badań elektrofizjologicznych. Cunningham i wsp. porównywali odpowiedzi korowe i pniowe w grupie dzieci z prawidłowymi wynikami w nauce i grupie uczniów z językowo uwarunkowanymi trudnościami w nauce (*Language-based Learning Disability* – LLD). Fizjologiczna odpowiedź zarówno na poziomie korowym, jak i pniowym nie różniła się pomiędzy grupami w idealnych warunkach akustycznych (ciszy). Gdy do bodźca w postaci głoski „da” dodano szum, to odpowiedź była znamienne obniżona w grupie uczniów z LLD [20].

Wible, Nicol i Kraus zaobserwowali gorszą odpowiedź korową rejestrując P1/N1/P2/N2 na powtarzany bodziec w szumie u dzieci z LLD w porównaniu z grupą dobrych uczniów [21]. Warrier i wsp. w 2004 roku dowiedli, że podanie szumu znamienne redukuje potencjały korowe u 20% dzieci z trudnościami w nauce [22]. Wibble i wsp. w 2005 roku dowodzili, że tylko w grupie dzieci z LLD, u których występuje nieprawidłowa synchronizacja impulsów na poziomie pnia mózgu można się spodziewać gorszej odpowiedzi korowej na sygnał podawany w obecności szumu [23].

Muchnik i wsp. badali wpływ pęczka oliwkowo-ślimakowego na słyszenie w hałasie. Kontralateralne podawanie szumu nie hamowało otoemisji akustycznej u dzieci z (C)APDs w przeciwieństwie do populacji zdrowej. Obserwacja ta świadczy o nieprawidłowym funkcjonowaniu słuchowych dróg zstępujących w (C)APDs [24].

Celem pracy była ocena rozumienia mowy w szumie przez dzieci z językowo uwarunkowanymi trudnościami w nauce.

PACJENCI I METODY

Wyjściową grupą chorych stanowiło 671 dzieci w wieku od 6 do 17 roku życia z trudnościami w nauce, które skierowane były do diagnostyki audiologicznej w latach 2003-2007. Prawie wszyscy pacjenci diagnozowani byli wcześniej w poradniach psychologiczno-pedagogicznych, gdzie wykonywano test Wechslera (WISC-R), umożliwiając zidentyfikowanie osób mających językowo uwarunkowane trudności w nauce (charakterystyczna jest duża różnica wyników dla skali niewerbalnej i słownej). 579 pacjentów wykazywało nieprawidłowości w skryningowym teście „Słyszę”, co wskazywało na konieczność dalszej diagnostyki tych uczniów w poradni audiologicznej. W takich przypadkach, w celu poszukiwania ewentualnego miejsca uszkodzenia drogi słuchowej każdy z pacjentów poddany został diagnostyce audiologicznej (tab. I).

Tabela I. Zestaw badań diagnostycznych wykonywanych u pacjentów poradni audiologicznej

Lp. Test
1. Audiometria tonalna
2. Audiometria impedancyjna
3. TEOAEs, DPOAE
4. Audiometria elektrofizjologiczna pniowa – ABR dla 0,5 KHz, 1KHz oraz trzasku z pomiarem latencji fal I, III, V
5. Audiometria słowna – w ciszy – w szumie S/N + 12dB
6. Testy słowne o obniżonej redundancji – jednosylabowe – dwusylabowe
7. Próby analizy długości bodźca dźwiękowego
8. Analiza wysokości dźwięku
9. Test dychotyczny cyfrowy
10. Badanie różnicy poziomów maskowania (MLDs)

Do grupy badanej zakwalifikowano jedynie tych pacjentów, którzy uskarżali się na upośledzone rozumienie mowy w zdegradowanym akustycznym środowisku klasy, czyli tych, u których na przebieg procesu edukacji w szkole mógł mieć wpływ hałas lub (i) pogłos. Z analizy wykluczano dzieci z niewerbalnym ilorazem inteligencji niższym niż 85 w teście Wechslera, dzieci z rozpoznaniem zespołem nadpobudliwości psychoruchowej (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder* – AD/HD), pacjentów ze schorzeniami organicznymi ośrodko-

wego układu nerwowego oraz dzieci z pierwotnie uwarunkowanymi zaburzeniami interakcji społecznych, a także dzieci, u których stwierdzono niedosłuch obwodowy.

Grupę objętą badaniami stanowiło 75 uczniów (26 dziewczynek, 49 chłopców) w wieku 8-16 lat (średnia wieku 11 lat) z trudnościami w nauce uwarunkowanymi nieprawidłowym rozwojem języka (*Language-based Learning Disability* – LLD). U wszystkich osób wykonano badanie testami słownymi NLA-93 w ciszy oraz podaniu monotonycznie szumu białego S/N + 12 dB dla każdej intensywności bodźca. Analizowanymi wielkościami były: próg rozumienia mowy (*Speech Reception Threshold* – SRT) oraz szerokość krzywych artykulacyjnych u dzieci zdrowych. Szerokość krzywej artykulacyjnej określano jako różnicę w dB pomiędzy 0% a 100% rozumienia słów. Jedynie dwoje dzieci nie uzyskiwało 100% dyskryminacji, jako górną wartość przyjęto dla nich poziom natężenia w dB, dla którego odsetek rozumianych słów był najwyższy.

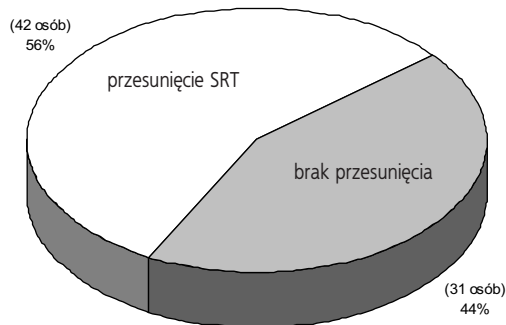
Badania wykonywane były w godzinach przedpołudniowych. Aby wykluczyć czynniki związane z pamięcią odstęp pomiędzy badaniami u danego ucznia wynosił co najmniej tydzień.

Grupę kontrolną stanowiło 30 zdrowych dzieci w tym samym wieku osiągającymi bardzo dobre wyniki w nauce.

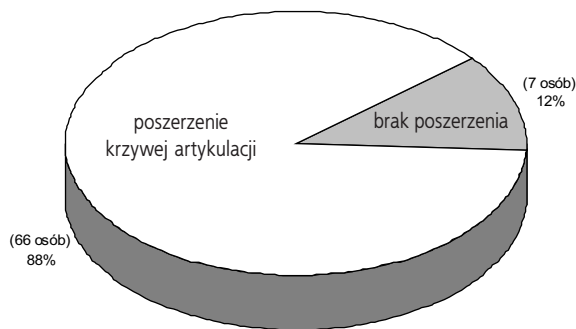
WYNIKI

U 73 uczniów z grupy badanej rozpoznano badaniem audiologicznym zaburzenia przetwarzania słuchowego (C)APDs. Tylko u 2 pacjentów w badaniu ABR zarejestrowano brak synchronizacji odpowiedzi zarówno dla trzasku, jak i krótkich bodźców tonalnych, co przy prawidłowych wynikach otoemisji akustycznych oraz audiometrii tonalnej, pozwoliło na rozpoznanie u tych dzieci neuropatii słuchowej. Stwierdzono, że krzywe artykulacyjne uzyskane w laboratoryjnej ciszy i szumie S/N + 12dB u dzieci zdrowych nakładają się, czyli parametry krzywej artykulacyjnej jak SRT czy szerokość nie zmieniły się.

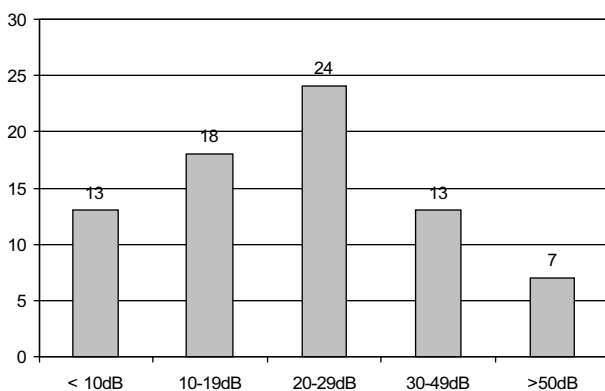
U 42 dzieci (56%) z LLD zanotowano podwyższenie progu rozumienia mowy (SRT) po podaniu szumu (ryc. 1). Średnia zmiany SRT wynosiła + 6dB (+ 5 dB - u dziewczynek, + 7dB - u chłopców). Natomiast aż u 66 (88%) pacjentów z C(APD) doszło do poszerzenia krzywych artykulacyjnych po podaniu szumu (ryc. 2). Średnia przyrostu szerokości krzywej artykulacyjnej wyniosła 21 dB (20 dB - u dziewcząt, 22 dB - u chłopców), najczęściej był to przyrost rzędu 20-29 dB (ryc. 3).



Ryc. 1. Przesunięcie wartości progu rozumienia mowy (SRT) dla krzywej artykulacyjnej NLA po podaniu szumu białego u dzieci z rozpoznaniem (C)APDs



Ryc. 2. Poszerzenie krzywej artykulacyjnej po podaniu szumu białego u dzieci z rozpoznaniem (C)APDs



Ryc. 3. Wielkość poszerzenia krzywej artykulacyjnej dla testu NLA-93 po podaniu szumu białego

DYSKUSJA

Audiometria mowy w szumie jest tylko jednym z wielu testów niezbędnych w diagnostyce pacjentów z uszkodzeniem ośrodkowego odcinka drogi słuchowej. Próba ta należy do zestawu audiometrii mowy o obniżonej redundancji [25].

Czułość tej metody dla (C)APDs nie jest wysoka, ponieważ sprawdza ona tylko jedną z domen słuchowych, jaką jest zamknięcie słuchowe. Domena ta jest bezpośrednio związana z różnicowa-

niem fonemów, gdy słuchacz jest zdolny wykorzystać redundancję wewnętrzną i zewnętrzną do wypełnienia brakujących i zniekształconych elementów przekazu. Umożliwia to prawidłowe zrozumienie informacji odebranej drogą słuchową. W diagnostyce ośrodkowych uszkodzeń słuchu poza zamknięciem słuchowym należy sprawdzić także stopień separacji zarówno jednostronnej jak i międzyusznej [26]. Wymaga to zestawu wielu prób [6].

Specyficzność audiometrii słownej w szumie także nie jest wysoka, gdyż obok pacjentów z neuropatią słuchową i (C)APDs trudności z jej wykonaniem mają dzieci m.in. z AD/HD, upośledzeniem intelektualnym, zespołami lękowymi, depresją, autyzmem, zaniedbane wychowawczo itp. [27].

Do badań słownych używamy zestawu list artykulacyjnych NLA-93, gdyż są one jedynymi zestawami dostępnymi komercyjnie, odpowiadającymi obecnemu stanowi rozwoju języka polskiego [28]. Niestety na rynku nie są dostępne listy artykulacyjne z normami opracowanymi dla poszczególnych grup wiekowych. Listy opracowane przez Szmęję, Pruszewicza i Dukiewicza do wstępnego badania słuchu u dzieci szkolnych w 1963 roku znacznie się już zestarzały [29]. Dlatego w naszych badaniach opieramy się nie na wykonaniu testu słownego przez dziecko, ale porównujemy wyniki badań słownych wykonanych w laboratoryjnej ciszy i po podaniu szumu u tego samego pacjenta. W dostępnej literaturze przedmiotu nie znaleźliśmy podobnego sposobu diagnostyki audiometrii mowy. Opracowanie norm dla audiometrii mowy dla wieku rozwojowego będzie możliwe po opublikowaniu list na wzór angielskich zestawów „no excuse” czyli zestawu słów języka polskiego, które w danym wieku dziecko powinno już bezwzględnie poznać [2].

W naszych badaniach słownych zastosowano sygnał głośniejszy od szumu o 10-12 dB, co jest zgodne z zaleceniami Katza i Wilde dla anglojęzycznego testu W-22 [30]. W testach jednosylabowych przeznaczonych dla populacji dziecięcej Summers proponuje obniżenie stosunku sygnału do szumu nawet do 0 dB [31]. Obniżenie wartości S/N do 0 dB testu NLA-93 powodowało, że test ten stał się trudny do wykonania także dla uczniów z celującymi wynikami w nauce. Po licznych próbach z ustaleniem S/N stwierdziliśmy, że wykonanie zadań z list artykulacyjnych jest najbardziej odpowiednie dla S/N +12 dB, gdyż nie sprawia żadnego problemu uczniom z bardzo dobrymi wynikami szkolnymi, natomiast sprawia trudności pacjentom LLD.

W grupie badanej wykazano, że najczęściej dochodzi do poszerzenia krzywej artykulacyjnej w górnym jej odcinku, tj. po przekroczeniu progu rozumienia mowy. Głównym objawem występującym u naszych pacjentów jest niezdolność do prawidłowego rozumienia mowy w szumie. Na podstawie wywiadu stwierdziliśmy, że objaw ten jest tym bardziej nasilony, im szersza jest krzywa w artykulacyjna dla badania w szumie. Niezdolność do wyróżniania sygnału mowy z szumu tła jest najczęstszą dolegliwością ludzi dotkniętych (C)APDs oraz neuropatią słuchową [32]. Częstość występowania zarówno neuropatii słuchowej, jak i zaburzonego przetwarzania w ośrodkowej części drogi słuchowej określa się nawet na 5% populacji dziecięcej [33,34]. Wśród naszych pacjentów zdecydowanie przeważały dzieci z (C)APDs.

Wyniki audiometrii mowy w szumie mogą dawać wskazówkę, jak dziecko poradzi sobie z trudnymi warunkami akustycznymi panującymi w szkolnej klasie. Zmusza nas to do zastosowania odpowiednich modyfikacji środowiska w którym przebywa nasz pacjent.

W badaniach Schneidera i wsp. przeprowadzonych w szkołach Buffalo w pierwszej połowie lat 90. ubiegłego stulecia stwierdzono, że redukcja średniego czasu pogłosu z 0,9 sek. do 0,4 sek. oraz obniżenie poziomu otaczającego hałasu tylko o 10 dB dawało znaczną poprawę wyników nauczania [35].

Innym sposobem poprawy kontaktu nauczyciela z uczniem obarczonym LLD jest zastosowanie indywidualnego systemu FM (Edulink). FM pozwala na poprawę S/N. Korzystanie z tego urządzenia powoduje, że natężenie głosu nauczyciela jest odbierane w sposób jednolity, niezależnie od przemieszczania się nauczyciela w klasie. Umieszczenie mikrofonu blisko ust wykładowcy pozwala na częstotliwościowe zachowanie informacji zakodowanej w częstotliwości jego głosu. Rozumienie mowy w hałasie można także usprawniać długotrwałym treningiem. Trening taki (np. Earobics) prowadzi do poprawy odpowiedzi na bodziec dźwiękowy z towarzyszącym szumem na poziomie zarówno podkorowym jak i korowym [36]. Poprawa w testach słownych z szumie w okresie rehabilitacji ucznia jest najczęściej równoznaczna z poprawą wyników szkolnych. Z naszych obserwacji wynika, że badania audiometryczne w szumie mają ogromne znaczenie w planowaniu rehabilitacji dzieci z (C)APDs. Im większa różnica w położeniu i kształcie krzywej artykulacyjnej uzyskanej w ciszy i szumie, tym większy zysk z urządzeń wspomagających słyszenie.

WNIOSKI

Poszerzenie krzywej audiometrii mowy w szumie w stosunku do testów wykonanych w ciszy u dziecka z trudnościami w nauce może wskazywać na występowanie centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego.

Piśmiennictwo

1. Czyżewski A, Skarżyński H, Kostek B. "I can hear" a system for universal hearing screening. The 35th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering Honolulu, Hawaii 3-6 December 2006.
2. Bellis TJ. When the Brain can't Hear. APD in Children. Atria Books. 67-118 New York 2003.
3. Katz J. (C)APD: A Coherent Approach. Key Lecture. IV Panamerican Congress of Audiology, Mexico City 2006 19-22 March.
4. Cunningham J, Nicol T, Zecker SG, Bradlow A, Kraus N. Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficits and strategies for improvement. Clin Neurophysiol 2001; 112(5): 758-67.
5. Śpiewak P, Śpiewak B. Objawy nieprawidłowego przetwarzania słuchowego u dzieci w wieku szkolnym. Otorinolarygologia 2006; 5 (supl 1): 112.
6. American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorders - The role of the audiologist. Position Statement of the Working Group on Auditory Processing Disorders of American Speech - Language-Hearing Association. Rockville, MD, 2005.
7. Philips DP. An introduction to central auditory neuroscience. (w) Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder. Musiek EF, Chermak GD (red.). Vol. I, 2006: 53-87.
8. Jerger J, Musiek F. Report of the consensus conference on the diagnosis of auditory processing disorders in school aged children. J Am Acad Audiol 2000; 11: 467-74.
9. Kraus N, McGee T, Carrell T, Zecker S, Nicol T, Koch D. Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in Children with learning problems. Science 1996; 273: 971-3.
10. Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Neuroaudiology case studies. San Diego 1994: Singular Publishing Group.
11. Tallal P, Merzenich MM, Miller S, Jenkins W. Language learning impairments: integrating basic science, technology and remediation. Experimental Brain Research 1998; 123(1-2): 210-9.
12. Rapin I, Gravel J. Auditory neuropathy: Physiologic and pathologic evidence calls for more diagnostic specificity. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2003; 67: 707-28.

13. Hood LJ, Berlin CI. Auditory neuropathy (auditory dys-synchrony) disables efferent suppression of otoacoustic emissions. (w) Auditory neuropathy: A new perspective on hearing disorder. Sininger Y, Starr A (red.). Singular Publishing Group, San Diego 2001; 183-202.
14. Zeng FG, Oba S, Garde S, Sininger Y, Starr A. Psychoacoustic and speech perception in auditory neuropathy. (w) Auditory neuropathy: A new perspective on hearing disorders. Sininger Y, Starr A (red.). Singular Publishing Group, San Diego 2001; 141-64.
15. Starr A. The neurology of auditory neuropathy. (w) Auditory neuropathy: A new perspective on hearing disorders. Sininger Y, Starr A (red.). Singular Publishing Group, San Diego 2001; 37-49.
16. Sinha SO. The Role of the temporal lobe in hearing. Tezy pracy dyplomowej. McGill University, 1959, Montreal, Kanada.
17. Heilman KM, Hammer LC, Wilder BJ. An Audiometric defect in temporal lobe dysfunction. *Neurology* 1973; 23: 384-6.
18. Morales-Garcia C, Poole JO. Masked speech audiometry in central deafness. *Acta Otolaryngol* 1972; 74: 307-16.
19. Olsen WQ, Noffsinger D, Kurdziel S. Speech discrimination in noise by patients with peripheral and central lesions. *Acta Otolaryngol* 1975; 80: 375-82.
20. Cunningham J, Nicol T, Zecker SG, Bradlow A, Kraus N. Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficit and strategies for improvement. *Clin Neurophysiol* 2001; 112(5): 758-67.
21. Wible B, Nicol T, Kraus N. Abnormal neural encoding of repeated speech stimuli in noise in children with learning problems. *Clin Neurophysiol* 2002; 113(4): 485-94.
22. Warriar CM, Johnson KL, Hayes EA, Nicol T, Kraus N. Learning impaired children exhibit timing deficits and training-related improvements in auditory cortical responses to speech in noise. *Experimental Brain Research* 2004; 157(4): 431-41.
23. Wible B, Nicol T, Kraus N. Correlation between brainstem and cortical auditory processes in normal and language impaired children. *Brain* 2005; 128: 417-23.
24. Muchnik C, Ari-Even Roth D, Othman-Jebara R, Putter-Katz H, Shabtai EL, Hildesheimer M. Reduced medial olivocochlear bundle system function in children with auditory processing disorders. *Audiol Neurootol* 2004; 9(2): 107-14.
25. Schow RL, Chermak GD, Seikel JA, Brockett JE, Whitaker MM. Multiple auditory processing assessment. MO:Auditec, St. Louis, 2006.
26. Demanez L, Boniver V, Dony-Closon B, Lhonnex-Ledoux F, Demanez JP. Central auditory processing disorders: Some cohorts studies. *Acta Oto-rhino-laryngol Belg* 2003; 57(4): 291-9.
27. Chermak GD, Somers FK, Seikel JA. Behavioral signs of central auditory processing disorders and attention deficit hyperactivity disorders. *J Am Acad Audiol* 1998; 9: 78-84.
28. Pruszewicz A, Demeńko G, Richter L, Wika T. Nowe listy artykułacyjne do badań audiometrycznych. *Otolaryng Pol* 1994; 38: 50-5.
29. Szmeja Z, Pruszewicz A, Dukiewicz K. Metoda masowego wstępnego badania słuchu u dzieci szkolnych audiometrią słowną. *Otolaryng Pol* 1963; 17: 367-72.
30. Katz J, Wilde L. Auditory Processing Disorders w *Handbook of Clinical Audiology*. Katz J (red.). Wyd. 4, 1996; 490-502.
31. Summers SA. Factor structure, correlations, and mean data on Form A of the Beta III version of Multiple Auditory Processing Assessment (MAPA). Praca dyplomowa. Idaho State University, Pocatello, USA, 2003.
32. Chermak GD, Musiek FE. Central auditory processing disorders: New perspectives. San Diego, CA: Singular Publishing Group, 1997.
33. Davis H, Hirsh S. A slow brainstem response for low-frequency audiometry. *Audiology* 1979; 18: 445-61.
34. Goldberg J. Out of control. *Parents* 1998; 73: 108-9.
35. Schneider D, Schneider S. Genesee Hearing Services. Niepublikowane dane dotyczące modyfikacji środowiska akustycznego w klasach szkolnych. Śpiewak P. Staż Kliniczny Buffalo NY, USA, Lipiec 2004.
36. Hayes E, Warriar CM, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Neural plasticity following auditory training in children with learning problems. *Clin Neurophysiol* 2003; 114(4): 673-84.