

Andrzej Senderski<sup>1</sup>, David McPherson<sup>2</sup>, Henryk Skarżyński<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu  
Warszawa

<sup>2</sup> Brigham Young University  
Provo

## Możliwości diagnostyki centralnych zaburzeń słuchu u dzieci

### Diagnostics of the Central Auditory Processing Disorders in Children

**Słowa kluczowe:** centralne zaburzenia słuchu, dzieci, testy diagnostyczne, elektrofizjologia.

**Key words:** central auditory processing disorders, children, diagnostic tests, electrophysiology.

#### Streszczenie

Zaburzone funkcjonowanie centralnej części układu słuchowego u dzieci prowadzi do trudności w nauce, zaburzeń mowy oraz trudności w pisaniu i czytaniu. Pod względem funkcjonalnym zaburzone są procesy analizy i różnicowania złożonych sygnałów dźwiękowych oraz ich składowania w krótkotrwałej pamięci. Autorzy przedstawiają klasyfikację centralnych uszkodzeń słuchu u dzieci, stosowane obecnie behawioralne testy diagnostyczne, np. SCAN, oraz doświadczalne testy elektrofizjologiczne. Rejestracja potencjałów N 100, MMN i P 300 słuchowych odpowiedzi korowych stanowi potencjalne obiektywne narzędzia umożliwiające wczesną diagnostykę centralnych zaburzeń słuchu u dzieci.

#### Summary

Central auditory processing disorder is present when the individual is not able to make full use of the heard signal. It is caused by impairment of functioning of higher parts of auditory system. At the functional level the processes of analysis, localization and differentiation of complex acoustic signals are impaired and they may be present with or without attention deficits. Clinically the children with normal pure tone auditory threshold have difficulties in speech decoding which leads to reading and learning problems. The authors presented classification of the central auditory processing disorders, clinically used behavioral diagnostic tests, and electrophysiological methods like recording of the late latency auditory potentials. Recordings of the N 100, MMN and P300 components of the late auditory potentials are new promising tools, potentially useful in early detection and differentiation of various types of the auditory processing disorders in children.

Upośledzenie funkcji wyższych pięter układu słuchowego prowadzi do wystąpienia szeregu objawów, takich jak szum uszny, halucynacje lub sensacje słuchowe, trudności w ocenie złożonych bodźców dźwiękowych, brak koncentracji słuchowej, trudności w lokalizacji źródła dźwięku, zmęczenie słuchowe, trudności w rozumieniu mowy, szczególnie szybkiej lub niewyraźnej, mniejsza zdolność rozumienia i odczuwania muzyki [Katz, Wilde 1994]. Powyższe objawy występujące u dzieci prowadzą do dalszych konsekwencji, jak opóźnienie rozwoju mowy, trudności w nauce czy dysleksja [Elliot (i in.) 1989; Farmer, Klein 1995]. Inaczej niż u dorosłych, u których objawy uszkodzenia centralnej części układu słuchowego są spowodowane głównie guzami, urazami, zawałami tkanki mózgowej czy chorobami demienilizacyjnymi, u dzieci za najczęstsze przyczyny problemów z przetwarzaniem słuchowym uważa się czynniki genetyczne, czynniki środowiskowe [Bishop (i in.) 1999] oraz dużą rolę przypisuje się minimalnym zmianom w CUN i opóźnionemu dojrzewaniu centralnej części układu słuchowego [Musiek 1984; Zaleski 1998].

W praktyce klinicznej, również w naszym kraju, dzieci z dysfazią, dysleksją i trudnościami w nauce objęte są opieką logopedów, psychologów, neurologów i pedagogów, natomiast audiolodzy po wykluczeniu obwodowego uszkodzenia słuchu w wielu przypadkach niewiele mają tym dzieciom do zaoferowania [Chermak 1998; Katz, Wilde 1994; Zaleski 1998]. Ze względu na złożoność zaburzonych funkcji OUN, gdzie często oprócz uszkodzenia wyższych funkcji słuchowych dochodzi do zaburzeń neurologicznych, zaburzeń emocjonalnych czy poznawczych, oczywista jest konieczność wielospecjalistycznego podejścia do tego typu pacjentów. U dzieci z wyżej wymienionymi problemami audiolog oprócz wykluczenia lub potwierdzenia współistniejącego obwodowego uszkodzenia słuchu powinien przeprowadzić specyficzne testy przesiewowe, by ocenić, czy i w jakim stopniu zaburzone są u nich wyższe funkcje słuchowe. W dalszej kolejności celowe jest przeprowadzenie behawioralnych i elektrofizjologicznych testów diagnostycznych dla dokładnego określenia tych funkcji słuchowych, które zaburzone są najbardziej i najsilniej ograniczają rozwój dziecka. Pozwoli to na dostarczenie cennych informacji logopedom oraz innym specjalistom prowadzącym rehabilitację. Na podstawie wielu badań wykazano, że wykorzystując dużą plastyczność OUN u dzieci, bardzo dobre efekty terapeutyczne przynosi dopasowana do ich profilu umiejętności słuchowych rehabilitacja słuchowa. Innego typu ćwiczeń wymaga bowiem dziecko z problemami z pamięcią słuchową, a innego z zaburzonym słuchem fonematycznym czy z zaburzoną uwagą słuchową [Katz, Wilde 1994]. Niezależnie od prowadzenia rehabilitacji – dla dzieci, którym problemy sprawia rozumienie mowy przy małym odstępie sygnału od szumu S/N, dużą rolę odgrywa stosowanie w szkole urządzeń i technik poprawiających jakość słyszanej mowy nauczyciela oraz rówieśników: odpowiednie miejsce w klasie,

systemy FM, małe klasy bez pogłosu, wyraźna i wolniejsza mowa nauczyciela.

Aby dziecko nabyło normalnych umiejętności komunikowania się za pomocą mowy, musi mieć następujące umiejętności słuchowe [Katz 1994, Kurkowski 1998]:

- czułość słuchu, którą zapewnia prawidłowe funkcjonowanie receptora obwodowego i określa próg słyszenia w audiometrii tonalnej;
- lokalizacja słuchowa – zdolność do przestrzennej lokalizacji dźwięków;
- różnicowanie słuchowe – zdolność do rozróżniania głosek i elementów prozodycznych mowy na podstawie analizy akustycznej;
- pamięć słuchowa – obejmuje umiejętności zapamiętania i odtworzenia materiału słownego odbieranego kanałem słuchowym; wyróżnia się specyficzną postać pamięci słuchowej, tzw. pamięć sekwencyjną, która pozwala pamiętać kolejność zdarzeń akustycznych; z pamięcią słuchową ściśle związana jest analiza czasowa wypowiedzi słownej;
- identyfikacja dźwięków mowy – umiejętność kojarzenia wzorców słuchowych wyrazów z odpowiednimi pojęciami, przypisywanie znaczeń wypowiedziom i prezentowanie odmiennych reakcji na rozróżnialne bodźce;
- uwaga słuchowa – zdolność do koncentracji na określonym użytecznym sygnale dźwiękowym, np. mowie, i wyłumianie innych percepowanych dźwięków (oddzielanie figury od tła);
- analiza i synteza słuchowa – umiejętność wyróżniania sylab w słowach z zachowaniem ich kolejności oraz umiejętność łączenia sylab w słowa i zdania; umiejętność ta jest ściśle związana z procesami czytania i literowania.

## I. CEL PRACY

W niniejszej pracy przedstawione będą najczęściej stosowane testy oceniające centralne funkcje słuchowe, ze szczególnym podkreśleniem metod diagnostycznych mających zastosowanie u dzieci oraz testów elektrofizjologicznych.

Dla języka angielskiego dostępnych jest ponad 50 testów behawioralnych oceniających funkcjonowanie wyższych pięter układu słuchowego. Większość z nich była opracowana w celu lokalizacji uszkodzenia w drodze słuchowej i ośrodkach korowych, a obecnie – w związku z rozwojem bardzo dokładnych technik obrazowych – ich znaczenie w tej dziedzinie znacznie zmalało. Od lat siedemdziesiątych XX w. testy wyższych funkcji słuchowych zaczęto stosować u dzieci z problemami w czytaniu, rozwoju mowy i nauce oraz zaburzeniami zachowania.



Badanie tak skomplikowanego zagadnienia, jakim są zaburzenia wyższych funkcji słuchowych u dzieci, jest szczególnie trudne. Trudności we współpracy, ograniczona koncentracja oraz ograniczone słownictwo wymuszają stosowanie testów krótkich i prostych do wykonania. Osobnym problemem jest duża rozpiętość normy nabywania umiejętności językowych związana z różnym tempem dojrzewania OUN oraz różną stymulacją rozwoju mowy przez środowisko, co powoduje, że granica między normą a patologią jest płynna i dość szeroka.

Obecnie w badaniu wyższych funkcji słuchowych stosowane są różne warianty audiometrii słownej, najczęściej z zastosowaniem zestawów niskoredundantnych słów jednosylabowych. Taki dobór materiału słownego pozwala na wyeliminowanie używania przez badanego informacji wynikającej z treści wypowiedzi do jej zrozumienia. W celu zwiększenia czułości w wykrywaniu zaburzeń wyższych funkcji słuchowych jeszcze bardziej obniża się redundancję materiału słownego przez stosowanie słów filtrowanych, zniekształconych, skompresowanych czasowo lub prezentowanych w szumie [Boca 1958]. Inne testy, używające bodźców tonalnych, słów oraz zdań, służą do badania poszczególnych funkcji słuchowych. Detekcję fazy sygnału akustycznego bada Masking Level Difference Test [Goldstein, Stephens 1975], dyskryminację słuchową i słuchową pamięć sekwencyjną ocenia test Pitch Pattern Sequence [Pinheiro 1977], integrację obuuszną oraz integralność układu słuchowego oceniają testy: Binaural Fusion, Dichotic Digits oraz Staggered Spondaic Words [Kimura 1961; Katz 1962]. W diagnostyce centralnych zaburzeń słuchu stosowane są również testy zdaniowe z ipsi- lub kontralateralną prezentacją konkurującego przekazu słownego: Syntetic Sentence Identification [Speaks, Jerger 1965] oraz Competing Sentence Test [Ivey 1969]. Dużą wartość diagnostyczną ma test syntezy słuchowej słowa – Phonemic Synthesis, opracowany w 1982 r. przez Katza i Harmona. W teście tym osoba badająca wypowiada słowa literując osobno głoski. Zadaniem badanego dziecka jest złożyć w pamięci głoski i wypowiedzieć płynnie słowo, które one tworzą.

W teście Pitch Pattern Sequence (test dyskryminacji częstotliwości) pacjentowi prezentowane są wielokrotnie trzy krótkie tony, z których dwa są o innej częstotliwości niż trzeci. Zadaniem pacjenta jest powtórzyć słyszana sekwencję lub pokazać kolejność prezentowanych tonów. Test Masking Level Difference polega na tym, że pacjent jednym uchem słucha listy słów dwusylabowych równocześnie z szumem podawanym do drugiego ucha. Szum prezentowany jest w fazie zgodnej lub przeciwnej z materiałem słownym. U osób bez zaburzeń na poziomie pnia mózgu szum zgodny w fazie z mową znacznie silniej zaburza jej rozumienie niż szum w fazie przeciwnej. Pacjenci z uszkodzeniami pnia mózgu nie są w stanie wykryć różnicy fazy i szum w przeciwfazie maskuje słowa tak samo silnie, jak szum podawany w fazie zgodnej z prezentowaną mową. Należy jednak

podkreślić, że osoby z uszkodzeniami na poziomie kory słuchowej mają prawidłowe wyniki tego testu. W teście Dichotic Digits równocześnie do prawego i do lewego ucha podawane są różne liczby. Pacjent z zaburzoną integracją dwuszną potrafi powtórzyć tylko jedną z równocześnie słyszanych liczb. Test Staggered Spondaic Words jest podobny do poprzedniego, z tą różnicą, że podawane równocześnie do obu uszu różne słowa dwusylabowe „nakładają się” tylko w połowie, tzn. pacjent równocześnie słyszy ostatnią sylabę słowa podawanego do lewego ucha i pierwszą sylabę słowa podawanego do ucha prawego. Pary słów są tak zestawione, że sylaby nie zachodzące na siebie również tworzą słowo i właśnie to słowo zamiast dwóch podawanych potrafi powtórzyć osoba z zaburzoną integralnością centralnej części układu słuchowego. Pacjent dobrze słyszący potrafi powtórzyć obydwa słowa podawane równocześnie do prawego i do lewego ucha.

Dla wymienionych wyżej testów oryginalnie zaprojektowanych do badania dorosłych opracowano wersje dla dzieci, z których w Stanach Zjednoczonych najczęściej stosowane są testy: Staggered Spondaic Word, Phonemic Synthesis, Binaural Fusion oraz testy słowne z mową filtrowaną.

W latach osiemdziesiątych XX w. opracowano dwa nowe skринingowe testy słowne przeznaczone specjalnie dla dzieci: test Pediatric Speech Inteligibility (PSI) [Jerger, Jerger 1984] i test SCAN [Keith 1986]. W praktyce klinicznej większe zastosowanie zdobył test SCAN. Według założeń jego twórcy może być używany do identyfikacji potencjalnych zaburzeń wyższych funkcji słuchowych u dzieci w wieku 3-11 lat. Wyniki testu SCAN pozwalają na wykrycie i wstępne zdiagnozowanie dzieci z centralnymi uszkodzeniami słuchu. Pozwalają one także na zaplanowanie postępowania leczniczego i monitorowanie postępów rehabilitacji. Może on być przeprowadzony w ciągu 20 min. przy użyciu magnetofonu kasetowego w cichym pomieszczeniu. Test składa się z trzech części. W pierwszej badana jest zrozumiałość 40 jednosylabowych słów (20/ucho), w których odfiltrowano częstotliwości powyżej 1000 Hz (*filtered word*). W drugiej części poddaje się analizie 40 jednosylabowych słów prezentowanych z towarzyszącym tłem dźwiękowym, stosując odstęp S/N wynoszący 8 dB (*figure ground*). Tło dźwiękowe (szum) stanowi niezrozumiała mowa wielu osób, tzw. *babble noise*. W części trzeciej bada się zrozumiałość 50 par różnych jednosylabowych słów prezentowanych do obu uszu w jednym czasie (*competing word*). Test SCAN jest bardzo czuły, ale o stosunkowo niskiej specyficzności. Problem niskiej specyficzności dotyczy nie tylko tego testu, ale wszystkich testów behawioralnych badających wyższe funkcje słuchowe. Dla przykładu dzieci z zaburzeniami uwagi czy niewielkim przewodzeniowym ubytkiem słuchu, spowodowanym najczęściej wysiękowym zapaleniem ucha środkowego, oceniane na podstawie różnych testów przetwarzania słuchowego są mylnie klasyfikowane jako dzieci z centralnym

uszkodzeniem słuchu [Groenen (i in.) 1996]. Analizując głębiej zagadnienie małej specyficzności testów behawioralnych, należy zauważyć, że ich wyniki są wypadkową wielu czynników, m.in. motywacją dziecka do badania, poziomem koncentracji, pamięcią, zdolnościami ekspresji języka i będącą celem badania zdolnością do percepcji słuchowej [Cacace 1998].

Testy elektrofizjologiczne są pozbawione części ograniczeń testów behawioralnych oraz niosą nowe możliwości diagnostyczne. Rejestracja słuchowych i poznawczych potencjałów korowych, takich jak N 100, Mismatch Negativity i P 300 pozwala na bezpośrednie badanie m.in. procesów detekcji, różnicowania i kategoryzacji dźwięków. Niewątpliwą zaletą części z nich jest ich przydatność do badania małych i nie potrafiących aktywnie współpracować dzieci. Można je także przeprowadzać u dzieci ze współistniejącymi zaburzeniami neurologicznymi i motorycznymi, które często uniemożliwiają przeprowadzenie testów behawioralnych. Do ich słabych stron zaliczyć należy m.in. dużą zmienność morfologii odpowiedzi zarówno wewnątrz- jak i międzyosobniczą oraz problemy z porównywaniem wyników uzyskanych w różnych pracowniach.

Potencjał N 100 jest słuchowym korowym potencjałem wywołanym, który może być rejestrowany u biernie współpracujących dzieci i dorosłych w postaci ujemnej fali o latencji ok. 100 ms. Potencjał N 100 odzwierciedla świadomą percepcję każdej, nawet niewielkiej zmiany w otaczającym środowisku akustycznym dotyczącej częstotliwości, głośności, brzmienia lub lokalizacji dźwięku [Jerger, Jerger 1970; Mc Evoy (i in.) 1990]. Standardowo rejestracja potencjału N 100 z użyciem bodźców specyficznych częstotliwościowo pozwala na wyznaczenie progu słyszenia z poziomu kory słuchowej. Hyde [1997] przedstawia szeroki przegląd innych zastosowań potencjału N 100 w audiologii, m.in. w badaniach nadprogowych. Przyjmuje się, że N 1 jest elektrofizjologicznym odpowiednikiem wielu zjawisk psychoakustycznych, jak np. umiejętności integracji obuusznej czy obuusznej detekcji fazy, które można również badać w behawioralnym teście Masking Level Difference [Fowler, Mikami 1992].

Potencjał Mismatch Negativity (MMN) jest wywołany przez wyróżniające się bodźce (*deviant*) podawane w serii bodźców standardowych. MMN powstaje w sytuacji, gdy układ słuchowy pacjenta bez udziału jego uwagi wykryje i odróżni rzadko prezentowane bodźce odmienne od często podawanych bodźców standardowych. W takim wypadku po operacji odjęcia uśrednionej odpowiedzi dla bodźców częstych od odpowiedzi dla bodźców rzadkich uzyskuje się ujemną falę bez wyraźnego szczytu o latencji 100-250 ms i amplitudzie ok. 2-5 uV. Przyjmuje się, że potencjał MMN odzwierciedla automatycznie zachodzące procesy różnicowania nowego dźwięku z zapamiętanymi w pamięci słuchowej dźwiękami go poprzedzającymi [Naatanen 1978]. Rejestracja tego potencjału służy m.in.

do obiektywnej oceny zdolności rozróżniania fonemów i głosek oraz badania pamięci słuchowej u małych dzieci [Naatanen 1995].

Potencjał P 300, odkryty w 1965 r. przez Sutona, jest endogennym potencjałem poznawczym o latencji 220-380 ms [Suton, Braren 1965]. W odróżnieniu od potencjału N 100 i MMN potencjał P 300 może być wywołany bodźcami zarówno akustycznymi, jak i wzrokowymi oraz dotykowymi. Używając bodźców akustycznych, rejestracja P 300 może służyć do badania percepcji i dyskryminacji słuchowej u dzieci z podejrzeniem centralnego uszkodzenia słuchu oraz u dzieci z wszczepionym implantem ślimakowym [Butcher 1994; Kileny 1991]. Poza audiologią potencjał P 300 jest stosowany w psychiatrii i neurologii do badania natężenia uwagi i procesów poznawczych. W jego powstawanie jest zaangażowane podejmowanie decyzji o bodźcu na podstawie otrzymanej instrukcji i tzw. subiektywnego prawdopodobieństwa wystąpienia bodźca. Przyjmuje się, że amplituda potencjału P 300 jest miernikiem zasobów myślowych zaangażowanych w wykonanie różnych zadań lub komponentów jednego zadania [Butcher 1994]. Do rejestracji potencjału P 300 niezbędna jest współpraca pacjenta.

Poniżej przedstawione są przykłady pokazujące możliwości, jakie niesie rejestracja słuchowych potencjałów korowych u dzieci z różnymi schorzeniami, u których upośledzone są wyższe funkcje słuchowe.

Dawson rejestrował słuchowe potencjały korowe u dzieci z dysfazią rozwojową i stwierdził, że fala N 100 wykazuje u nich dłuższy czas utajenia nad lewą półkulą w porównaniu z dziećmi zdrowymi. Im gorsze kompetencje językowe prezentowało dziecko, tym później pojawiał się potencjał N 100 [Dawson 1989]. Neville u dzieci z dysfazią rozwojową rejestrował równolegle potencjał N 100 i P 300. Potencjał N 100 miał obniżoną amplitudę i wydłużoną latencję w stosunku do dzieci zdrowych. Jednocześnie nieprawidłowa była fala P 300, która była rejestrowana w odpowiedzi na bodźce słowne prezentowane wzrokowo. Wyniki tej pracy sugerują, że nie tylko zaburzenia analizy słuchowej, ale także analizy wzrokowej odgrywają istotną rolę w populacji dzieci z zaburzeniami językowymi [Neville 1993]. Hallopainen rejestrował potencjał Mismatch Negativity (MMN) u dzieci z dysfazią rozwojową oraz w grupie kontrolnej dzieci zdrowych, używając bodźców tonalnych różniących się częstotliwością (500/553 Hz). Potencjał MMN miał obniżoną amplitudę tylko u dzieci z dysfazią rozwojową. Wynik ten wskazuje, że dzieci te mają problemy z różnicowaniem niewielkich różnic częstotliwości w słyszonym sygnale dźwiękowym [Hallopainen 1997]. Diniz badał grupę 16 dzieci z tzw. problemami w nauce. Wszystkie miały normalny słuch i nieprawidłowe wyniki testów behawioralnych oceniających wyższe funkcje słuchowe. Stwierdził on u wszystkich wydłużone latencje i obniżoną amplitudę potencjału P 300 odpowiedzi poznawczych. Obserwował również większą zmienność



czasu utajenia fali P 300 w porównaniu z grupą dzieci zdrowych [Diniz 1997]. Jirsa analizował efekty 14-tygodniowej rehabilitacji słuchowej u dzieci z różnego typu zaburzeniami wyższych funkcji słuchowych. Do oceny rehabilitacji stosował testy zarówno behawioralne, jak i elektrofizjologiczne. Po rehabilitacji wyniki w testach behawioralnych były statystycznie lepsze niż przed rehabilitacją. Również latencja fali P 300 wróciła do normalnych wartości, mimo że przed rehabilitacją była ona znacząco wydłużona. Możliwość używania rejestracji fali P 300 do potwierdzenia zmian w wynikach behawioralnych testów wyższych funkcji słuchowych wykonywanych przed i po rehabilitacji ma potencjalną dużą wartość kliniczną [Jirsa 1992].

## II. PODSUMOWANIE

Kliniczne zagadnienie centralnych uszkodzeń słuchu u dzieci, problem znany i badany od dawna, w dalszym ciągu zawiera wiele niewiadomych i niesie nowe wyzwania dla naukowców i klinicystów. Rejestracja słuchowych i poznawczych potencjałów korowych daje nowe możliwości badawcze oraz obok testów behawioralnych może być wartościowym narzędziem diagnostycznym. Zastosowanie słuchowych i poznawczych potencjałów korowych wraz z testami behawioralnymi pozwala na uzyskanie informacji istotnych dla zaplanowania odpowiedniego postępowania leczniczego i oceny jego skuteczności.

## Bibliografia

- Bishop D., Bishop S., Bright P., James C., Delaney T., Tallal P. (1999): Different origin of auditory and phonological processing problems in children with language impairment: Evidence from a twin study. „Journal of Speech, Lang. Hear. Res.” 42, 155-168.
- Bocca E. (1958): Clinical aspects of cortical deafness. „Arch. Otolaryngol.” 86, 51-57.
- Butcher J. (1994): Cognitive auditory responses. W: Jacobson J. T. (red.). Principles & Applications in Auditory Evoked Potentials. Boston: Allyn and Bacon.
- Cacace A., McFarland D. (1998): Central auditory processing disorder in a school-aged child: A critical review. „J. Speech. Lang. Hear. Res.” 41, 355-373.
- Chermak G. D., Traynham W. A., Seikel J. A., Musiek F. E. (1998): Professional education and assessment practices in central auditory processing. „J. Am. Acad. Audiol.” 9, 452-65.
- Dawson G., Finley C., Phillips S., Lewy A. (1989): A comparison of hemispheric asymmetries in speech-related brain potentials of autistic and dysphasic children. „Brain and Language” 37, 26-41.
- Diniz J., Mangabeira P., Lei Munhoz M., Fakuda Y. (1997): Cognitive potentials in children with learning disabilities. „Acta Otolaryngol. (Stockh.)” 117, 211-213.

- Elliot L. L., Hammer M. A., School M. E. (1989): Fine graded auditory discrimination in normal children and children with language - reading problems. „J. Speech. Hear. Res.” 32, 112-119.
- Farmer M. E., Klein R. M. (1995): The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. „Psychonom. Bull. Rev.” 2P, 460-493.
- Fowler C., Mikami C. (1985): The effects of noise bandwidth on the late potential masking level difference. „Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.” 62, 347-448.
- Goldstein D., Stephens S. (1975): Masking Level difference: A measure of auditory processing capability. „Audiology” 14, 354-367.
- Groenen P., Crul T., Maassen B., Bon van W. (1996): Perception of voicing cues by children with early otitis media with and without language impairment. „J. Speech. Hear. Lang. Res.” 39, 43-54.
- Halopainen I., Korpilahti P., Juottonen K., Lang H., Sillanpää M. (1997): Attenuated auditory event-related potential (Mismatch Negativity) in children with developmental dysphasia. „Neuropediatrics” 28, 253-256.
- Hyde M. (1997): The N1 Response and its applications. „Audiology Neuro-Otology” 2, 281-307.
- Jerger S., Jerger J. (1984): Pediatric speech intelligibility test: Manual for administration. St. Louis: Auditec.
- Ivey R. (1969): Tests of CNS auditory function [Thesis]. Fort Collins, CO: Colorado State University.
- Jerger J., Jerger S. (1970): Evoked response to intensity and frequency change. „Arch. Otolaryngol.” 91, 433-436.
- Jirsa R. (1992): The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. „J. Speech. Hear. Res.” 35, 903-912.
- Katz J. (1962): The use of staggered spondaic words for assessing the integrity of the central auditory nervous system. „J. Aud. Res.” 2, 327-337.
- Katz J., Wilde L. (1994): Auditory processing disorders. W: Katz J. (red.). Handbook of Clinical audiology. Baltimore.
- Kileny P. R. (1991): The use of electrophysiological measures in the management of children with cochlear implant: Brainstem, middle latency, and cognitive (P 300) responses. „Am. J. Otol., Supplement” 12, 37-47.
- Keith R. (1986): SCAN, a screening test for auditory processing disorders. San Antonio, TX: Psychology Corporation.
- Kurkowski Z. M. (1998): Centralne zaburzenia słuchu. W: Z. Tarkowski (red.). Afazja. Lublin.
- McEnvoy L., Picton T., Champagne S., Kellett A., Kelly A. (1990): Human evoked potentials to shifts in the lateralization of noise. „Audiology” 29, 163-180.
- Musiek F., Gollegly K., Baran J. (1984): Myelination of the corpus collosum in learning disabled children: Theoretical and clinical correlates. „Semin. Hear.” 5, 219-229.
- Naatanen R., Gaillard A., Mantysalo S. (1978): Early selective attention effect on evoked potential reinterpreted. „Acta Psychologica” 42, 313-329.
- Naatanen R. (1995): The Mismatch Negativity: A powerful tool for cognitive neuroscience. „Ear Hear” 16, 6-18.
- Neville H., Coffey S., Holcomb P., Tallal P. (1993): The neurobiology of sensory and language processing in language impaired children. „J. Cogn. Neurosci.” 5, 235-253.
- Pinheiro M. (1977): Auditory pattern reversal in auditory perception in patients with left and right hemisphere lesions. „Ohio Journal Speech. Hear. Res.” 12, 9-20.
- Speaks C., Jerger J. (1965): Method for measurement of speech identification. „J. Speech. Hear. Res.” 8, 185-194.
- Sutton, S., M. Braren [i in.] (1965): Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. „Science” 150, 1187-1188.
- Zaleski T. (1998): Centralne zaburzenia słuchu u człowieka. „Kosmos” 47, 371-374.