

Zaburzenia procesów przetwarzania słuchowego – postępy w rozumieniu istoty choroby

Advances in understanding of auditory processing disorders

ROBERT W. KEITH

Division of Audiology, Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, University of Cincinnati Medical Center, Cincinnati, Ohio 45267-0528, USA

Badania nad zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego (*Auditory Processing Disorders – APD*) u dzieci i dorosłych rozpoczęto w początkach lat 50. Po okresie zmniejszonego zainteresowania w latach 70., tematykę tę podjęto ponownie, zaś w ostatnich latach nastąpił gwałtowny rozwój badań w tym zakresie. Wiele zagadnień zostało poznanych, w tym zależności między uszkodzeniem drogi słuchowej a wynikami badań słuchu oraz zasady wyboru zestawu testów audiometrycznych. Opracowano i wystandardyzowano wiele metod, rozpoczęto także prace nad wspomaganym komputerowo postępowaniem leczniczym. Nowe spojrzenie na podstawowe aspekty zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego możliwe jest dzięki zastosowaniu zaawansowanych technologii badań elektrofizjologicznych i obrazowych. Niemniej jednak aktualne pozostają podstawowe pytania dotyczące szeroko akceptowanej definicji APD, przyjętej powszechnie baterii testów do diagnozowania tej choroby oraz ustaleń, jak postępować z osobami z tą chorobą. Opracowanie podsumowuje rozwój badań, które doprowadziły do zrozumienia istoty zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego oraz wskazuje główne kierunki dalszych prac.

Otolaryngologia, 2004, 3(1), 7-14

Słowa kluczowe: audiometria mowy uczulonej, lokalizacja dźwięku, lateralizacja dźwięku, słuchowe potencjały wywołane, fala P-300, fala niezgodności, leczenie, trening

Assessment of Auditory Processing Disorders (APD) in children and adults began in the early 1950's. After a period of inactivity interest in APD's was revived in the 1970's and has accelerated in recent years. There is much that is understood about APD's including relationships that exist between lesions of the auditory nervous system and test battery results, and basic constructs related to test battery approaches. Several tests have been developed and standardized, and early work is being done on computer-assisted remediation. New insights into fundamental aspects of APD's are emerging from high technology electrophysiologic and imaging techniques. Nevertheless, there are basic questions to be addressed, including a broadly accepted definition of APD, an agreed test battery for the diagnosis of APD, and consensus on management of persons with APD. This overview summarizes advances that have led to our present understanding of Auditory Processing Disorders and point directions for future investigations.

Otolaryngologia, 2004, 3(1), 7-14

Key words: sensitized speech audiometry, sound localization, sound lateralization, auditory brainstem response, P-300 wave, mismatch negativity, remediation, training

Wprowadzenie

Od wielu lat klinicyści byli świadomi, że zdolność niektórych osób do zrozumienia informacji słuchowej może być niewspółmiernie mała w stosunku do ich audiometrycznych progów słuchu. Co więcej, niektóre osoby z prawidłowym słuchem mają trudności z rozumieniem mowy w niekorzystnym środowisku akustycznym. Osoby te mogą mieć problemy w sytuacji, gdy kilkoro ludzi mówi jednocześnie, w pomieszczeniu z pogłosem lub gdy występuje inne znaczne tło akustyczne. Zaburzenia mogą dotyczyć zdolności fonologicznych, objętości i sekwencji pamięci słuchowej, dyskryminacji czasowej, rozumienia mowy w hałaśliwym otoczeniu, itd. Również niektóre osoby z chorobami przewlekłymi, napadami padaczkowymi lub uszkodzeniami obejmującymi ośrodko-

wy układ nerwowy mogą mieć problemy ze zrozumieniem informacji odbieranych drogą słuchową nawet, jeżeli nie wykazują zaburzeń słuchu. Wszystkie wymienione nieprawidłowości mogą być kwalifikowane jako zaburzenia procesów przetwarzania słuchowego (tab. I). W pracy zaburzenia procesów przetwarzania słuchowego zdefiniowano jako niedobór w procesach przetwarzania informacji na drodze słuchowej. Schorzenie to może przejawiać

Tabela I. Objawy kliniczne zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego

Zaburzenia przetwarzania bodźców słuchowych objawiają się niezdolnością do:

rozumienia mowy, nawet przy normalnym progu słuchu
rozumienia mowy w słabych warunkach akustycznych (np. hałaśliwym otoczeniu)
rozumienia mowy zniekształconej lub niewyraźnej
uczenia się w oparciu o bodźce słuchowe

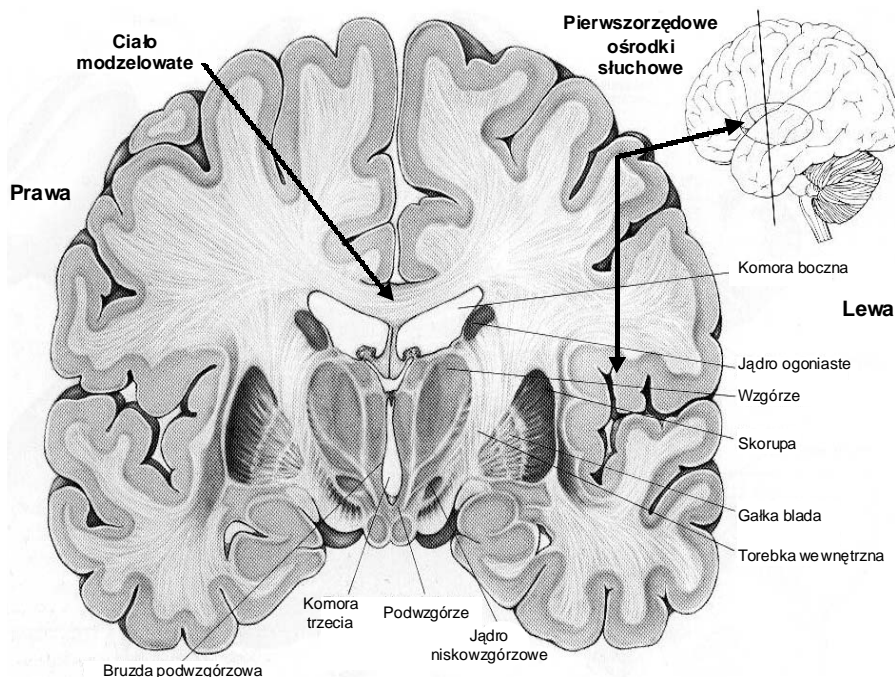
się pod postacią trudności w słyszeniu, rozumieniu mowy, rozwoju języka i uczeniu się. Problemy te mogą nasilać się w niekorzystnym akustycznie środowisku [1].

Postępy w badaniach nad zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego – wczesne lata

Podstawy rozpoznawania zaburzeń ośrodkowych słuchu zostały dobrze rozwinięte końcu lat 50., co znalazło wyraz w opracowaniu „Procesy ośrodkowe słyszenia” autorów Bocca i Calaero [2]. Ich klasyczna praca, podsumowana również przez Calaero i Antonelli [3] stała się podstawą następnego rozwoju ośrodkowych badań słuchu i jest wiarygodnym źródłem wiedzy nawet dzisiaj. Celem pierwszych badań był opis połączeń „między jądrami ślimakowymi a skroniowym płatem kory mózgowej” [3]. Do końca lat 60. jasnym się stało, że progi słuchu dla tonów czystych nie pozwalają na identyfikację uszkodzeń ośrodkowych słuchu. Nie pozwalała na to również badanie audiometrii mowy nieznieskształconej. Uszkodzenia ośrodkowe mogą być rozpoznawane jedynie na podstawie technik, w których wykorzystywane są testy mowy zdegradowanej lub konkurującej lub też specjalne testy audiometrii tonalnej. Diagnostyka uszkodzeń ośrodkowych słuchu opiera się o testy słowne mowy „uczulonej”, w których bodźce słowne zostały w jakiś sposób znieskształcone tak, aby zredukować zrozumiałość przekazu. Testy, w których stosowano sygnały inne, niż mowa, obejmowały ocenę różnic przyrostów natężeń, zdolności lateralizacji i lokalizacji oraz czasowego rozróżniania sygnałów podawanych obuusznie. Testy mowy uczulonej zawierają badania mowy filtrowanej, mowy

przerywanej, mowy skompresowanej w czasie, test obuusznego łączenia sygnału mowy filtrowanej z zastosowaniem filtrów dolno- i górno- pasmowych włączanych zamiennie lub narastająco – malejąco [4], a także testy dwudzielne zgodno-samogłoskowe oraz spondeje [5]. Podstawową zaletą testów mowy uczulonej jest założenie, że osoba z prawidłowym słuchem i bez zaburzeń ośrodkowej części drogi słuchowej może zrozumieć mowę znieskształconą. Jednakże, gdy występują zaburzenia ośrodkowe słuchu zrozumiałość jest gorsza. Ponieważ na zrozumiałość mowy znieskształconej wpływają negatywnie zarówno przyczyny ośrodkowe, jak i obwodowe, należy przed interpretowaniem wyników ośrodkowych badań słuchu ocenić progi słuchu. Testy mowy uczulonej, opracowane po raz pierwszy przez Teatiniego [6] mają bardzo istotne znaczenie i stanowią podstawę opracowania wszystkich słownych testów behawioralnych dla oceny ośrodków słuchu.

Pozostałe założenia testów ośrodkowych rozpracowane zostały do końca lat 60. Opierały się one na obserwacjach, że droga słuchowa jest zorganizowana w ten sposób, że ucho stymulowane reprezentowane jest przede wszystkim w półkuli kontralateralnej, informacje językowe reprezentowane są głównie w półkuli lewej oraz że przepływ informacji słuchowych między półkulami następuje poprzez ciało modzelowate (ryc. 1). Wykazano również, że słuchacze są w stanie identyfikować niewielkie różnice lokalizacji przestrzennej sygnału, rozróżniać niewielkie różnice w częstotliwości i synchronizacji, rozdzielić sygnał podawany jednocześnie do obu uszu oraz połączyć informację słowną przekazywaną do obu uszu po prze-filtrowaniu lub w sposób przerywany i niezrozumiały dla



Ryc. 1. Ośrodki korowe słuchu w relacji do ciała modzelowatego, przez które następuje przepływ informacji między półkulami słuchowymi

każdego ucha oddzielnie, lecz zrozumiałą obuszenie. Ostatecznie, „zasada zauważalności” opisana przez Jergera [7] stwierdza, że manifestacja kliniczna uszkodzeń ośrodkowych słuchu rośnie w miarę przesuwania się miejsca uszkodzenia z obwodowych do ośrodkowych odcinków drogi słuchowej.

Postępy w badaniach nad zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego: podejście psycho-edukacyjno-językowe

Podejście do zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego od strony problemów nauki języka jest pojęciowo różne od podejścia medyczno-diagnostycznego. Podstawy aktualnego rozumienia tych zaburzeń dały badania prowadzone wiele lat temu, dotyczące uwagi/koncentracji, czytania i rozwoju języka. Na przykład Samuel Orton [8] opisał dzieci z „głuchotą na słowa oraz przyzwyczajeniem niezwracania uwagi na bodźce słuchowe”. Autor zauważył, że ta postać choroby (rozwojowa „głuchota na słowa”) „jest powodem braku prawidłowego rozwoju mowy u małych dzieci”. W roku 1947 Alfred Strauss napisał, że „zaburzenia odbiorcze u dzieci z uszkodzeniami mózgu ... mogą dotyczyć obszarów mowy, dotyku oraz słuchu”. Myklebust [9] opisywał dzieci, które przy niedoborze otrzymywanych bodźców słuchowych wykazywały zwrotnie deficyty słów i zwrotów. W końcu, w 1962r., dr Jon Eisenon, podczas konferencji dotyczącej afazji dziecięcej, przedstawił przypadek dzieci, „które wykazywały rozwojowe różnice percepcyjne mimo braku uszkodzeń słuchu w badaniu audiometrycznym...”. Prace tych autorów dały podstawę do następnych badań i prac klinicznych, oceniających problemy edukacyjne u dzieci i dorosłych z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego. Aktualnie najważniejszym celem nie jest lokalizacja miejsca uszkodzenia, lecz określenie, „czynnościowych zaburzeń porozumiewania się” [10].

Postępy w badaniach nad zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego w latach 90.

W latach 90. obserwowano istotny wzrost zainteresowania zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego wśród audiologów, lekarzy innych specjalności oraz społeczeństwa. Było to wynikiem szerokich badań nad tym schorzeniem w poprzedzających latach, konferencji, wzrostu komunikacji przez Internet oraz komercjalizacji programów medycznych. Jedynym negatywnym czynnikiem był brak konsensusu dotyczącego precyzyjnego określenia znaczenia pojęcia APD oraz wskazania, czym choroba ta różni się od innych zaburzeń w zakresie rozumienia mowy i uczenia się. Z tego powodu powołano zespół ekspertów w ramach *American Speech, Language and Hearing Association (ASHA)*, które miało za

Tabela II. Zjawiska behawioralne, za które odpowiedzialne są ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego

Lokalizacja i lateralizacja dźwięku
Dyskryminacja (rozdzielanie) słuchowa
Rozpoznawanie cech wzorów słuchowych
Czasowe aspekty słyszenia, w tym: <ul style="list-style-type: none"> • rozróżnianie czasowe • maskowanie czasowe • integracja czasowa • porządkowanie w czasie
Zdolność rozpoznawania konkurujących sygnałów akustycznych
Zdolność rozpoznawania sygnału akustycznego zdegradowanego

zadanie ocenić istotę ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego oraz opracować dokument w formie konsensusu na ten temat. Zespół obejmował naukowców zajmujących się mową, patologią języka mówionego oraz audiologów. Definicja ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego (*Central Auditory Processing Disorders – CAPD*), opracowana przez grupę ekspertów, oparta jest na założeniu, że ośrodkowe procesy słuchowe obejmują mechanizmy i procesy w narządzie słuchu odpowiedzialne za przedstawione w tabeli II zjawiska behawioralne.

Definicja CAPD zaproponowana przez zespół ekspertów mówi, że jest to „zauważalne zaburzenie w jednej lub więcej grupach mechanizmów i procesów związanych z różnorodnymi zachowaniami słuchowymi” [11]. Takie określenie ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego sprawia, że jest to definicja włączająca, uwzględniająca udział czynników nerwowo-poznawczych, zależnych od uwagi oraz bodźców słuchowych. Definicja ta stosuje się zarówno do sygnałów słownych, jak i niewerbalnych. Zestaw testów przydatnych w rozpoznawaniu CAPD przedstawia tabela III.

Tabela III. Testy diagnostyczne przydatne w rozpoznawaniu ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego

Testy oceniające zaburzenia procesów czasowych słuchu
Jednoszne testy mowy uczulonej oceniające funkcję słyszenia i uszkodzenia ośrodkowe <ul style="list-style-type: none"> • mowa filtrowana • słyszenie w hałasie • mowa skompresowana
Zgodno-samogłoskowe dwudzielne* testy oceny dominacji półkuli mózgu i uszkodzeń ośrodkowych
Testy elektrofizjologiczne oceniające czynność ośrodkowej części narządu słuchu oraz uwagi

* Dwudzielność – oznacza podawanie różnych sygnałów dźwiękowych jednocześnie do obu uszu; zgodno-samogłoskowe np. ba - ka

Z przyjętej przez zespół ekspertów definicji CAPD wynika konieczność stosowania szeregu badań, które pozwalają na ocenę procesów i mechanizmów uznawanych za odpowiedzialne za niektóre zjawiska zachowań słuchowych. Badania zalecane przez zespół ekspertów obejmują:

- Wywiad
- Obserwację zachowań w odpowiedzi na bodźce słuchowe
- Badania audiologiczne
 - audiometrię tonalną, audiometrię mowy, impedancyjną
 - testy oceny procesów czasowych
 - testy oceny lokalizacji i lateralizacji
 - rozumienie jednousznej mowy o niskiej redundancji
 - rozumienie bodźców rozdzielonych obuusznie
 - interakcję słyszenia obuusznej
- Mierniki patologii mowy-języka

Zespół ekspertów stwierdził, że badania wywołanych potencjałów średnio- i późnolatencyjnych oraz fali P-300 są ciągle w fazie rozwijania, lecz mogą być stosowane w ocenie CAPD.

Znaczenie ustaleń zespołu ekspertów ASHA polega na tym, że jest to pierwszy dokument wydany przez opiniotwórczą organizację, który dostarcza uzgodnioną definicję ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego oraz schemat postępowania przy wyborze zestawu testów diagnostycznych. Materiały z drugiej konferencji dotyczącej konsensusu zostały opublikowane przez Jergera i Musieka [1]. Głównym wynikiem tej konferencji było zachęcenie do stosowania baterii testów, dzięki którym zminimalizowano wpływ czynników pozasłuchowych na wynik badania. Na konferencji położono nacisk na określenie baterii testów, które są „swowe dla narządu słuchu”. Podczas, gdy rekomendacje określone na konferencji były kontrowersyjne [12] udało się jednak osiągnąć ten cel.

Postępy w badaniach nad zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego: badania u dzieci

Dla dzieci z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego charakterystyczne są następujące obserwacje:

1. w większości są płci męskiej,
2. mają prawidłowe progi słuchu w badaniu audiometrii tonalnej,
3. ich odpowiedź na bodziec słuchowy jest niestała. Często odpowiadają w sposób właściwy, lecz innym razem wydaje się, że nie są w stanie wypełniać poleceń słownych,
4. mają krótki okres zdolności do utrzymania uwagi i łatwo się męczą w przypadku czynności wymagających długotrwałej lub złożonej aktywności podczas słuchowego uczenia się,
5. są rozprasane przez bodźce słuchowe. Dzieci te często wzbudzają współczucie, nie potrafią bowiem zablokować dostępu niechcianych bodźców, odpowiadają natychmiast i całkowicie na wszystkie bodźce, które widzą, czują lub słyszą, niezależnie od niewielkiego ich znaczenia,

6. mogą mieć trudności ze zdolnością do lokalizacji dźwięku. Trudności te mogą polegać na niemożności określenia odległości źródła dźwięku oraz rozróżnienia dźwięków łagodnych i głośnych. Z doniesień wynika, że dzieci te przy narażeniu na głośny hałas są często przestraszone i zdenerwowane, zakrywają uszy rękami, aby zmniejszyć jego odbiór,
7. mimo uważnego słuchania mogą mieć trudności z rozumieniem długich czy skomplikowanych poleceń i instrukcji słownych,
8. często proszą o powtórzenie informacji,
9. często nie są w stanie zapamiętać informacji przekazanej słownie, zarówno przez krótki, jak i długi czas (pamięć świeża i trwała). Mogą mieć trudności z liczeniem i recytowaniem alfabetu, z zapamiętaniem dni tygodnia i miesięcy roku, adresów oraz numerów telefonów,
10. mogą wolno reagować na informacje słuchowe, tak jakby potrzebowały więcej czasu na przyswojenie i przetworzenie usłyszonej informacji.

Wiele z tych dzieci ma problemy z czytaniem, słabiej literuje i gorzej pisze ręcznie. Mogą one mieć zaburzenia artykulacji oraz problemy językowe. W klasie mogą ujawniać frustracje wynikające z deficytów odbiorczych lub mogą być nieśmiałe czy pozostawać na uboczu z powodu niskiej samooceny wynikającej z licznych niepowodzeń. Te przykłady nie wyczerpują wszystkich zachowań związanych z APD. Nie każde dziecko z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego ujawnia wszystkie wymienione zachowania. Liczba problemów doświadczanych przez dziecko wynika z nasilenia niezdolności do uczenia się ze słuchu.

Obwodowe uszkodzenie słuchu

Przed podjęciem próby zdiagnozowania APD u dziecka, konieczne jest wykluczenie obwodowego uszkodzenia słuchu typu przewodzeniowego lub nerwowo-czuciowego. Obecność obwodowych uszkodzeń słuchu powoduje, że trudno jest ustalić, czy deficyt w procesach przetwarzania słuchowego wynika z przyczyn obwodowych czy ośrodkowych. Dlatego też zestaw badań wykonywanych na wstępie powinien obejmować audiometrię tonalną dla częstotliwości w zakresie 250-8000 Hz, mierzonych w interwałach oktawowych oraz tympanometrię. Badania powinny być przeprowadzane w cichym pomieszczeniu, spełniającym kryteria dopuszczalnych poziomów hałasu tła.

Procedury badań

Po wykluczeniu u dziecka obwodowego uszkodzenia słuchu, gdy jego zachowanie wskazuje na możliwość występowania APD, należy przeprowadzić szczegółową ocenę procesów przetwarzania słuchowego. Testy, które mogą być przydatne do oceny tych procesów obejmują:

- przetwarzanie czasowe – porządkowanie, dyskryminację, rozdzielczość (wykrywanie przerw) i integrację,
- lokalizację i lateralizację,
- jednouszny odbiór mowy o niskiej redundancji (mowa skompresowana, filtrowana, przerywana, rozumienie mowy w hałasie),
- bodźce mowy zgodno-samogłoskowej dwudzielnej, które mogą zawierać niedorzeczne sylaby, cyfry, słowa lub zdania.

Postępy w diagnostyce zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego: testy obiektywne

W ostatnich czasach rośnie zainteresowanie opracowaniem „obiektywnych” parametrów, które pozwolą na eliminowanie problemów wynikających z zaburzeń pozasłuchowych dotyczących utrzymania uwagi, procesów poznawczych i zdolności językowych. Testy te znajdują się na różnym etapie opracowania, lecz należy o nich wspomnieć. Obejmują one: emisje otoakustyczne, techniki elektrofizjologiczne i obrazowe, w tym słuchowe potencjały wywołane z pnia mózgu, potencjały średnio- i późnolatencyjne, fałę P-300 oraz fałę niezgodności.

Emisje otoakustyczne

Emisje otoakustyczne (*Otoacoustic Emissions* – OAE’s), czasami zwane „echem ślimaka” są dźwiękami pochodzącymi z prawidłowo funkcjonującego ślimaka, których poziom można mierzyć w przewodzie słuchowym zewnętrznym. Emisje spontaniczne (*Spontaneous Otoacoustic Emissions* – SOAE’s) są to sygnały tonalne o niskich poziomach, mierzone w uchu zewnętrznym przy braku jakiegokolwiek zewnętrznego bodźca stymulującego [13]. Otoemisje wywołane trzaskiem (*Transient Evoked Otoacoustic Emissions* – TEOAE) są mierzone w przewodzie słuchowym w odpowiedzi na bodziec, jakim jest pojedynczy szerokopasmowy sygnał. W badaniu wykorzystano procedury komputerowego uśredniania, podobne do stosowanych w klinicznych badaniach elektrofizjologicznych [14]. Otoemisje produktów zniekształceń nieliniowych (*Distortion Product Otoacoustic Emissions* – DPOAE) są wytwarzane w uchu w odpowiedzi na dwa jednoczesne, lecz różniące się częstotliwością, tony czyste. Wszystkie emisje otoakustyczne zależą od prawidłowej czynności komórek słuchowych zewnętrznych i nie są rejestrowane, gdy próg słuchu jest wyższy od 30 dB HL. Pierwsze doniesienie na temat emisji otoakustycznych opublikował Kemp [15].

Zidentyfikowanie OAEs pozwoliło na ocenę czynności ślimaka w sposób nieinwazyjny. Technika ta zyskała popularność jako metoda przydatna do wykrywania uszkodzeń słuchu w różnych populacjach pacjentów. Będąc więcej niż testem do oceny słyszenia, stanowi unikalny sposób badania czynności ślimaka w szerokim zakresie patologii ucha; szczególnie przydatna jest w gru-

pie osób z APD z podejrzeniem neuropatii nerwu słuchowego [16]. Grupa tych chorych ma prawidłowe OAEs, brak zapisu słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu (*Auditory Brainstem Response* – ABR), niewielkie podwyższenie progów słuchu dla tonów czystych i, co najważniejsze, niezwykle małe zdolności rozpoznawania słów. Poprzednio u osób takich stawiano nieprawidłowe rozpoznanie, co opóźniało odpowiednią rehabilitację. Stąd, z wielu powodów rozwój i kliniczne zastosowanie OAE stanowi jedno z najważniejszych osiągnięć w diagnostyce audiologicznej, porównywane z wprowadzeniem tympanometrii i oceny odruchów strzemiączkowych w latach 70. oraz potencjałów wywołanych z pnia mózgu w latach 80.

Techniki elektrofizjologiczne i obrazowe

Wzrasta zainteresowanie zastosowaniem pomiarów elektrofizjologicznych w ocenie części ośrodkowej narządu słuchu. Dla tych celów wykonuje się badania kilku rodzajów słuchowych potencjałów wywołanych. Obejmują one, między innymi, potencjały wywołane z pnia mózgu (ABR), potencjały o średniolatencyjne (*Middle Latency Responses* – MLR), mapowanie mózgu, fałę P-300 oraz fałę niezgodności (*Mismatch Negativity* – MMN). Mimo, iż są to odpowiedzi fizjologiczne, jednak nie są one obiektywnym miernikiem i nie są wolne od wpływu pacjenta na przebieg pomiaru. Wyniki badań elektrofizjologicznych, jak wiele lat temu zauważył Dobie [17], są subiektywne z tej przyczyny, że muszą być interpretowane przez badającego. Co więcej, pacjent musi współpracować przy wykonywaniu badania. Wczesne potencjały z pnia mózgu mogą być uzyskane mimo zastosowania leków. Niestety, na potencjały średniolatencyjne i korowe mają wpływ sen i utrzymanie uwagi badanego, stąd sedacja może wpłynąć na ich wyniki i interpretację.

Słuchowe potencjały wywołane z pnia mózgu

Są one najlepiej poznane z potencjałów wywołanych, stanowią serię odpowiedzi neurologicznych obrazujących kolejno czynność – nerwu słuchowego oraz włókien i jąder nerwowych, wstępująco na kolejnych piętrach drogi słuchowej [18]. Te złożone potencjały czynnościowe pojawiają się w odpowiedzi na szybko narastający bodziec i są rejestrowane w pierwszych 10 ms po jego zadziałaniu. Ponieważ ABR odzwierciedla mostowo-międzymózgowe przewodzenie we włóknach nerwowych, są one miarą ośrodkowych procesów słuchowych na poziomie pnia mózgu. We wczesnych badaniach opisywano nieprawidłowości w badaniu ABR u dzieci z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego oraz nauki języka [18]. Stein i Kraus [19] opisywali różne przypadki, obejmujące nieprawidłowości w badaniu ABR u osób z rozpoznaniem wodogłowie, autyzmem i zespołem Downa. Lynn i wsp. [20] opisali nieprawidłowości w badaniu ABR u osób ze zmianami zwyrodnieniowymi o lokalizacji oliwkowo-mostowo-móźdkowej, zaś Keith

i Jacobson [21] stwierdzili, że zaburzenia w ABR często występują u osób ze stwardnieniem rozsianym. Od czasu przeprowadzenia tych wczesnych badań powstała obszerna literatura dokumentująca wagę i przydatność badań ABR w różnych grupach chorych.

Śłuchowe potencjały wywołane średniolatencyjnie

Składowe średniolatencyjne słuchowych potencjałów wywołanych (MLR) pojawiają się w czasie pierwszych 100 ms po prezentacji adekwatnego bodźca słuchowego [22]. Nie jest znane swoiste miejsce generowania odpowiedzi, lecz uważa się, że jest ono związane z rozlaną odpowiedzią kory słuchowej [23]. Na odpowiedź w istotny sposób wpływają stosowane filtry częstotliwościowe oraz wiek badanego. Morfologia zapisu MLR jest różna u dzieci i dorosłych; wykonanie tego badania u dzieci wymaga zastosowania niższego filtra górno-przepustowego, na przykład 10 Hz, w porównaniu ze stosowanymi u dorosłych, u których odpowiedzi mogą być uzyskiwane przy użyciu filtra górno-przepustowego 30 Hz. Kraus i wsp. [24] wykazali, że wykrywalność MLR istotnie wzrasta wraz z wiekiem. Wykrywalność komponentu Na potencjałów MLR zwiększa się z 75% do 90%, gdy wiek wzrasta od zera do 20 lat, podczas gdy wykrywalność komponentu Pa w tym samym przedziale wiekowym wzrasta z 40 do 90%.

Jerger i wsp. [25] opublikowali opis przypadku 11-letniego chłopca z typowym wywiadem dla ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego. Zapis MLR u tego dziecka był nieprawidłowy z brakiem powtarzalnego wzoru zapisu z obu uszu. Jednakże późne odpowiedzi korowe rejestrowane ze szczytu czaszki wykazywały powtarzalne fale N1 i P2 w odpowiedzi na tony o częstotliwości 500 Hz. Fifer i Sierra [26] stwierdzili zależność między testem Słów Spondejowych Stagge-reda (SSW) i badaniem MLR u 7-letniego chłopca z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego. U dziecka tego nieprawidłowe były zarówno SSW, jak i MLR. Istotną trudnością w interpretowaniu wyników MLR u dzieci z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego jest problem wykrywalności odpowiedzi, sygnalizowany przez Kraus'a i wsp. [27]. Jerger i wsp. [25], Ozdamar i Kraus [28] oraz Fifer i Sierra [26] zasugerowali, że badania MLR są potencjalnie użyteczne w wykrywaniu i zrozumieniu ośrodkowych zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego. Nie wiadomo jednak jeszcze, w jakim stopniu badanie to będzie użyteczne w ocenie tego typu zaburzeń.

Fala P-300

Fala P-300 jest potencjałem wywołanym wydarzeniem poznawczym. Pozwala na ocenę uwagi badanego oraz przetwarzania informacji słuchowej. Fala P-300 powstaje, gdy wśród serii bodźców standardowych rozpoznane zostanie bodziec wyróżniony („target”). Bodź-

ce wyróżnione zajmują około 20% czasu badania. Na zapis fali P-300 wpływają istotnie umiejętności utrzymania uwagi badanego, jego nastawienia na szybkie reagowanie, reaktywność i stan psychiczny [29]. Odpowiedzi o małej lub opóźnionej amplitudzie oznaczają nieprawidłowości w procesach poznawczych. Badanie było stosowane u dzieci w ocenie braku koncentracji i zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego. Na przykład, Jirsa i Clontz [30] opisali zmniejszenie amplitudy fali P-300 w grupie dzieci z APD.

Fala niezgodności

Fala niezgodności (MMN) jest endogennym potencjałem wywołanym związanym z procesami neurofizjologicznymi powstającymi podczas obserwacji różnic w bodźcach akustycznych. Pomimo, iż zarówno fala P-300, jak i MMN są wywoływane w oparciu o podobny schemat bodźców losowych, MMN nie wymagają od badanego uważnego rozróżniania lub zwracania uwagi na obecność sygnału występującego rzadziej. Dlatego też, do wywołania odpowiedzi MMN nie jest wymagana koncentracja lub odpowiednia reakcja badanego. Początkowo uważano, że badanie to będzie stanowiło obiecujące narzędzie oceny zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego u dzieci; Kraus i wsp. [31] opisywali MMN jako „solidne i powtarzalne badanie u dzieci w wieku szkolnym i dorosłych które może stać się narzędziem klinicznym i naukowym”. Najnowsze dane wskazują, że MMN u zdrowych osób może nie być tak wiarygodne, jak opisywano wcześniej. Na przykład Kurtzberg i wsp. [32], Dalebout i Stack [33] oraz Cunningham [34] ocenili, że u 25 do 35% zdrowych osób dorosłych i dzieci brak jest zapisu MMN. Dlatego też, mimo, iż wydaje się, że MMN jest obiecującym narzędziem badawczym, w niektórych grupach osób zastosowanie tej techniki w ocenie przypadków klinicznych powinno być przyjmowane z ostrożnością.

Podsumowując, w ostatnich dwóch dekadach nastąpił istotny postęp dotyczący pomiarów elektrofizjologicznych w ocenie APD. Pomimo pewnych problemów z zastosowaniem testów oraz interpretacją odpowiedzi elektrofizjologicznych, pozwoliły one na pełniejsze rozumienie zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego. Przy lepszym zrozumieniu istoty tych badań mogą one dostarczyć bezcennych informacji uzupełniających wyniki testów behawioralnych.

Postępy w zaburzeniach procesów przetwarzania słuchowego: wskazania do leczenia

W niniejszym opracowaniu największy nacisk położony został na diagnostykę zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego. Jednakże badania słuchu mają małe znaczenie, jeżeli nie ma opracowanego planu leczenia. Głęboka dyskusja nad leczeniem przekracza jednakże

możliwości tego opracowania. Wystarczy stwierdzić, że istnieje wiele strategii wspierania dzieci i dorosłych z zaburzeniami APD. W leczeniu centralnych zaburzeń przetwarzania (CAPD) zwykle stosowane są dwa terminy: leczenie oraz postępowanie. Pod nazwą „leczenie” rozumiane jest rzeczywiste ingerowanie w czynność części słuchowej ośrodkowego układu nerwowego, natomiast „postępowanie” obejmuje modyfikację zachowań, postępowania lub środowiska technikami wyrównawczymi lub poznawczymi. Poniżej podano krótkie omówienie strategii postępowania i leczenia zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego [35] (tab. IV).

Tabela IV. Metody postępowania w zaburzeniach procesów przetwarzania słuchowego

Interwencja medyczna
Trening odbiorczy
Trening wyrównawczy (kompensacyjny)
Usprawnienie technik poznawczych
Dostosowanie środowiska (fizycznego i psychologicznego)

Interwencja medyczna polega na zastosowaniu leków lub zabiegów chirurgicznych. Przykładem tej strategii w leczeniu zespołu nadpobudliwości psychoruchowej (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder – ADHA*) jest przepisywanie leków pobudzających.

Trening odbiorczy jest związany głównie z czasowymi aspektami słyszenia. Opracowano gry komputerowe, które „trenują”, lub modyfikują zaburzenia czasowej koncentracji u dzieci. Merzenich i wsp. [36] stwierdził, że trening powoduje widoczną poprawę rozpoznawania szybkiej mowy i bodźców bezsłownych, a także poprawia zdolności rozróżniania mowy i rozumienia języka.

Techniki wyrównawcze (kompensacyjne) stosowane są dla wzmocnienia reakcji odbiorczych i nauczania specjalnych umiejętności akademickich. Jest wiele możliwości poprawy umiejętności słuchowych, które pomagają dzieciom z ośrodkowymi zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego w ich życiu szkolnym, społecznym i emocjonalnym. W tabeli V podano krótki opis różnych zdolności słuchowych, na które mogą wpływać techniki kompensacyjne.

Tabela V. Zdolności słuchowe usprawniane przez techniki kompensacyjne

Rozróżnianie dźwięków mowy (dyskryminacja słuchowa)
Analiza słuchowa
Synteza fonemów
Pamięć słuchowa
Słyszenie w hałasie
Przetwarzanie czasowe

Lista ta nie zawiera wszystkich możliwości dostępnych dla nauczyciela, rodzica czy terapeuty pracujących z dzieckiem z ośrodkowymi zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego.

Trening poznawczy obejmuje nauczanie dzieci aktywnego monitorowania i samoregulacji zdolności do

rozumienia przekazu i rozwijania umiejętności rozwiązywania problemów. Terapia poznawcza może dotyczyć treningu językowego (lingwistycznego lub metalingwistycznego), rozwoju słownictwa, rozwijania zdolności organizacyjnych. Oparte są one o uczenie dzieci:

- jak wykonywać polecenia,
- jak wykorzystywać pisemne notatki,
- strategii samomonitorowania,
- rozpoznania własnej wiedzy,
- uczenia się słuchania i uogólniania,
- zadawania istotnych pytań,
- umiejętności odpowiadania na pytania.

Podsumowując, postęp w postępowaniu w APD osiągnięto dzięki zastosowaniu urządzeń wspierających i poprawiających słyszenie. Rośnie liczba danych, które wskazują, że niektóre dzieci czerpią korzyści, gdy poprawia się akustyka klasy. Wykazano przydatność zindywidualizowanych urządzeń wspierających słyszenie dla usprawnienia zachowań szkolnych.

Uwagi końcowe

W opracowaniu wypunktowano niektóre z istotnych osiągnięć w badaniach nad zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego ostatnich 50-60 lat. Pomimo, iż główny nacisk położono na ocenę zaburzeń procesów przetwarzania słuchowego u dzieci, podobne problemy mogą dotyczyć osób dorosłych, które mają problemy z rozróżnianiem mowy, nawet, gdy nie stwierdza się u nich uszkodzeń w zakresie części obwodowej narządu słuchu. W obu grupach dobrze dobrane testy oceny zdolności przetwarzania słuchowego dostarczają informacji o osobie badanej. Obejmują one: 1. poziom dojrzałości ośrodkowych dróg słuchowych; ocenę perspektywną danego dziecka mogącą wykazać rozwój zdolności przetwarzania słuchowego, 2. neurologiczne zmiany, które mogą występować u dzieci i dorosłych ze swoistymi zaburzeniami uczenia się, 3. efektywność leczenia w odniesieniu do zdolności przetwarzania informacji słuchowej, 4. nieprawidłowości dotyczące części ośrodkowej narządu słuchu, które mogą wpływać na odbiór informacji słuchowej oraz na problemy z uczeniem się języka.

Odpowiadają na pytania: 1. Czy pojawia się dominacja korowa właściwa dla języka?, 2. Czy droga słuchowa jest „słaba” czy „mocna” i czy takie czynniki, jak akustyka sali lekcyjnej, sposób uczenia lub materiał, muszą być zmienione (zmodyfikowane) tak, aby podnieść zdolności przetwarzania słuchowego.

W postępowaniu z chorym ważne są indywidualne zalecenia, konsultacje zawodowe dla osób młodocianych i dorosłych z zaburzeniami procesów przetwarzania słuchowego, w końcu, testy stosowane w ocenie przetwarzania informacji słuchowej są istotne w badaniach naukowych ukierunkowanych na zrozumienie złożoności tej choroby.

Piśmiennictwo

1. 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(9): 467-474.
2. Bocca E, Calearo C. Central Hearing Processes. (w) *Modern Developments in Audiology*. Jerger J (red.). Academic Press, New York 1963: 337-370.
3. Calearo MD, Antonelli AR. Disorders of the central auditory nervous system. (w) *Otolaryngology*. Paparella M, Shumrick D (red.). Saunders, Philadelphia 1973; 27(2): 407-425.
4. Matzker JJ. Two new methods for the assessment of central auditory function in cases of brain disease. *Ann Otol* 1959; 68: 1185.
5. Katz K. The use of staggered spondaic words for assessing the integrity of the central auditory nervous system. *J Aud Res* 1962; 2: 327.
6. Teatini GP. *Sensitized Speech Tests: Results in Normal Subjects*. Danavox Foundation, Odense, Denmark 1970.
7. Jerger J. Observations on auditory behavior in lesions of the central auditory pathways. *Arch Otolaryngol* 1960; 71: 797.
8. Orton ST. *Reading, Writing and Speech Problems in Children*. WW Norton and Company Inc, New York 1937.
9. Myklebust H. *Auditory Disorders in Children*. Grune&Stratton, New York 1954.
10. Bergman M, Hirsch S, Solzi P, Mankowitz Z. The threshold-of-interference test: a new test of interhemispheric suppression in brain injury. *Ear Hear* 1987; 8(3): 147-150.
11. ASHA(a). *Central Auditory Processing: Current Status of Research and Implications for Clinical Practice*. American Journal of Audiology 1996; 2: 51-55.
12. Katz J et al. Clinical and Research Concerns Regarding the 2000 APD Consensus Report and Recommendations. *Audiology Today* 2002; 14(2).
13. Bright K. Spontaneous Otoacoustic Emissions. (w) *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. Robinette MS, Glatcke TJ (red.). Thieme, New York 1997.
14. Glatcke TJ, Robinette JS. Transient Evoked Otoacoustic Emissions. (w) *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. Robinette MS, Glatcke TJ (red.). Thieme, New York 1997.
15. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 1978; 64(5): 1386-1391.
16. Sininger YS, Hood L, Starr A i wsp. Hearing loss due to auditory neuropathy. *Audiology* 1995; 7: 11-13.
17. Dobie R. Auditory Evoked Potentials. (w) *Audiology for the Physician*. Keith RW (red.). Williams and Wilkins, Baltimore 1981.
18. Moller A. Physiology of the Ascending Auditory Pathway with Special Reference to the Auditory Brainstem Response (ABR). (w) *Assessment of Central Auditory Dysfunction*. Musiek F (red.). Williams and Wilkins, Baltimore 1985.
19. Stein L, Kraus N. Auditory Evoked Potentials with Special Populations. *Seminars in Hearing* 1988; 9: 35.
20. Lynn GE, Cullis PA, Gilroy. Olivopontocerebellar Degeneration: Effects on Auditory Brainstem Responses. *Seminars in Hearing* 1983; 4: 403.
21. Keith RW, Jacobson J. Physiological Responses in Multiple Sclerosis and Other Demyelinating Diseases. (w) *Auditory Brainstem Response*. College Hill Press, San Diego 1985.
22. Kileny P. Middle Latency (MLR) and Late Vertex Auditory Evoked Responses (LVAER). (w) *Assessment of Central Auditory Function*. Pinheiro M, Musiek F (red.). Williams and Wilkins, Baltimore 1985.
23. Kraus N, Ozdamar O, Hier D, Stein L. Auditory middle latency responses (MLRs) in patients with cortical lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1982; 54(3): 275-287.
24. Kraus N, Smith DI, Reed NL i wsp. Auditory middle latency responses in children: effects of age and diagnostic category. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1985; 62(5): 343-351.
25. Jerger J, Oliver T, Chmiel R. The Auditory Middle Latency Response. *Seminars in Hearing* 1988; 9: 75.
26. Fifer RC, Sierra-Irizarry B. Clinical applications of the auditory middle latency response. *Am J Otol* 1988; 9 Suppl.: 47-56.
27. Kraus N, McGee T. Color imaging of the human middle latency response. *Ear Hear* 1988; 9(4): 159-167.
28. Ozdamar O, Kraus N. Auditory middle-latency responses in humans. *Audiology* 1983; 22(1): 34-49.
29. McPherson DL. *Late Potentials of the Auditory System*. Delmar Thompson, San Diego 1995.
30. Jirsa RE, Clontz KB. Long latency auditory event-related potentials from children with auditory processing disorders. *Ear Hear* 1990; 11(3): 222-232.
31. Kraus N, McGee T, Sharma A i wsp. Mismatch negativity event-related potential elicited by speech stimuli. *Ear Hear* 1992; 13(3): 158-164.
32. Kurtzberg D, Vaughan HG Jr, Kreuzer JA, Fliegler KZ. Developmental studies and clinical application of mismatch negativity: problems and prospects. *Ear Hear* 1995; 16(1): 105-117.
33. Dalebout SD, Stack JW. Mismatch negativity to acoustic differences not differentiated behaviorally. *J Am Acad Audiol* 1999; 10(7): 388-399.
34. Cunningham RF. Mismatch negativity in normally developing children. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Cincinnati, Cincinnati 2000.
35. Keith RW, Fallis RL. How behavioral tests of central auditory processing influence management. (w) *Children with Hearing Impairment Contemporary Trends*. Bess F (red.). Vanderbilt Bill Wilkerson Center Press, Nashville 1998: 137-145.
36. Merzenich MM, Jenkins WM, Johnston P i wsp. Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science* 1996; 271(5245): 77-81.