

Rozpoznawanie i postępowanie w zaburzeniach przetwarzania słuchowego u dzieci

Diagnostics and therapy of auditory processing disorders in children

ANDRZEJ SENDERSKI

Ośrodek Audiologii, Foniatrii i Laryngologii, Instytut Pomnik Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie

W pracy przedstawiono aktualne zasady diagnostyki i terapii zaburzeń przetwarzania słuchowego (Auditory Processing Disorders, APD). APD rozpoznaje się najczęściej u dzieci wchodzących w okres nauki szkolnej, gdy wzrastają wymagania stawiane narządowi słuchu. Dzieci z APD mają trudności z rozumieniem mowy w hałasie i/lub w pomieszczeniach o dużym pogłosie. Diagnoza APD może być postawiona przez lekarza audiologa, który w procesie diagnostycznym powinien ściśle współpracować z logopedą, pedagogiem i psychologiem by mieć pełny obraz kliniczny pacjenta.

Najważniejsze z klinicznego punktu widzenia są behawioralne testy wyższych funkcji słuchowych oceniające: procesy uwagi i pamięci słuchowej oraz wymiany informacji słuchowej pomiędzy półkulami mózgu – liczbowy test rozdzielności (dichotic digit test, DDT); procesy analizy czasowej i percepcji kolejności dźwięków – test wzorców częstotliwości (frequency pattern test, FPT) oraz test rozdzielności czasowej (gaps in noise test, GIN); prawidłowe rozumienie mowy utrudnionej – test rozumienia mowy w szumie.

Metody elektrofizjologiczne, takie jak późne słuchowe potencjały sensoryczne i poznawcze, są przydatne w przypadkach sprawiających trudności diagnostyczne. Postępowanie terapeutyczne w ośrodkowych zaburzeniach słuchu opiera się na treningu słuchowym w celu usprawnienia lokalizacji źródła dźwięku, rozumienia mowy w hałasie, różnicowania dźwięków, pamięci i uwagi słuchowej. Ważnym elementem terapii jest wykształcenie u uczniów odpowiednich technik kompensacyjnych. Dobre efekty przynosi poprawa stosunku sygnału do szumu poprzez używanie w szkole dedykowanych dla dzieci z APD osobistych systemów wspomagających słyszenie.

Słowa kluczowe: *liczbowy test rozdzielności, test wzorców częstotliwości, test wzorców długości, test rozdzielności czasowej, test rozumienia mowy w szumie, lokalizacja źródła dźwięku*

The general rules of diagnosis and treatment of Auditory Processing Disorders (APD) in children are presented. APD are diagnosed often in children starting school, when the demands for hearing abilities are elevated. Children with APD have difficulties with understanding speech in noise and in the classes with high reverberation. The diagnosis of APD should be conducted by the audiologist in consultation with speech language pathologist and psychologist.

The clinically most useful groups of higher auditory function and related auditory tests include: auditory attention and auditory memory and the efficacy of transfer of information between the brain hemispheres – dichotic digit test (DDT); temporal resolution and auditory pattern recognition – frequency pattern test (FPT) and gaps in noise test (GIN); auditory performance decrements with competing acoustic signals – speech in noise test.

Electrophysiological test like cABR and late cortical and cognitive auditory potentials are useful in difficult to diagnose cases. Therapy of APD is based on auditory training designed to improve such auditory skills like sound localization, understanding speech in noise, sound discrimination and auditory attention and memory. Development of suitable compensatory techniques is an important element of the therapy. Good results can be achieved by improving signal-to-noise ratio through application of hearing aids dedicated specifically for APD children.

Key words: *dichotic digit test, frequency pattern test, gaps in noise test, duration pattern test, sound localization*

Wprowadzenie

Zaburzenia przetwarzania słuchowego (ang. *auditory processing disorder*, APD) są to nieprawidłowości w przetwarzaniu słuchowym na poziomie neuronalnym nie wynikające z zaburzeń funkcji poznawczych i językowych (ASHA, 2005). APD, podobnie jak szumy uszne i zawroty głowy, nie stanowią odrębnej jednostki chorobowej, ale są zespołem objawów, które wynikają z różnego typu zaburzeń w obrębie ośrodkowej części układu słuchowego i występują pomimo prawidłowej czułości słuchu. Niewątpliwie na fakt zwiększenia ilości dzieci, które mają problemy z percepcją słuchową przy prawidłowej czułości słuchu ma wpływ szybki rozwój społeczeństwa informacyjnego w ostatnich latach. Nadmierna stymulacja bodźcami wzrokowymi oraz słuchowymi (internet, gry komputerowe, telewizja) powoduje, że przekroczone są możliwości percepcji dziecka i zaburzony jest proces nabywania umiejętności komunikowania się. Nadmiar bodźców upośledza możliwości filtrowania i selekcji informacji, a w konsekwencji prowadzi do zaburzeń koncentracji uwagi. Przyczynia się do tego również ograniczenie czasu spędzanego na bezpośrednich rozmowach pomiędzy dziećmi i rodzicami oraz rówieśnikami. Rozmowy bowiem doskonałą umiejętności utrzymania uwagi na dłuższych wypowiedziach i zrozumienia ich treści, ucą formułowania myśli i ich ekspresji oraz doskonałą odczytywanie ładunku emocjonalnego wypowiedzi (prozodia).

Zaburzenia przetwarzania słuchowego mogą być również wynikiem tzw. deprywacji słuchowej, gdy przez miesiące a nawet lata obecny jest nawet niewielki niedosłuch spowodowany zaburzeniami w części obwodowej narządu słuchu. Najczęściej jest to wynik przewlekłego wysiękowego zapalenia ucha środkowego. Również zbyt późne lub niewłaściwe protezowanie ubytków słuchu aparatami słuchowymi może mieć podobne następstwa. W tych przypadkach, nawet po przywróceniu prawidłowej czułości słuchu nadal dziecko odczuwa trudności z rozumieniem mowy w hałasie i selekcji informacji słuchowej, a ich rehabilitacja wymaga dużo czasu i wysiłku ze strony terapeutów oraz dziecka. Niekorzystny wpływ na możliwości przetwarzania informacji i koncentracji uwagi ma również niedotlenienie w czasie snu najczęściej z powodu przerośniętego migdałka gardłowego.

Brytyjskie towarzystwo audiologiczne wyróżnia trzy podtypy zaburzeń przetwarzania słuchowego, w zależności od etiologii:

- APD rozwojowe (*developmental*), które rozpoznaje się u dzieci z objawami APD, których czułość słuchu jest w normie i u których nie stwierdzono

innej przyczyny zaburzeń słuchu ani czynników ryzyka. U niektórych z tych osób objawy mogą utrzymać się do wieku dorosłego.

- APD nabyte (*acquired*), w których prawdopodobną przyczyną APD są czynniki działające w okresie płodowym i noworodkowym prowadzące do mikrouszkodzeń ośrodkowego układu nerwowego (OUN), takie jak np. wylew doko-morowy, niedotlenienie okołoporodowe, wcześniactwo, wysoki poziom bilirubiny, cytomegalia, toksoplazmoza czy infekcje wirusowe (grypa).
- APD wtórne (*secondary*) do niedosłuchu zarówno odbiorczego jak i przewodzeniowego, występujące już po jego ustąpieniu np. spowodowane przewlekłym wysiękowym zapaleniem ucha środkowego. Mechanizm powstania zaburzeń wynika z deprywacji słuchowej w okresie dynamicznego rozwoju funkcji słuchowych we wczesnych latach życia [1].

Szacuje się, że w populacji dziecięcej APD ma jedna trzecia dzieci z dysleksją rozwojową [2] i połowa dzieci ze specyficznymi trudnościami w nauce (*learning disability*, LD) [3]. Objawy APD obserwuje się również u co drugiego dziecka ze specyficznymi zaburzeniami rozwoju językowego (*specific language impairment*, SLI) [4]. Problemy z przetwarzaniem słuchowym mogą zaburzać prawidłowy proces uczenia się za pomocą słuchu i skutkować obniżonymi wynikami szkolnymi.

Występowanie zaburzeń przetwarzania słuchowego można podejrzewać, jeżeli pomimo prawidłowej inteligencji dziecko prezentuje poniższe objawy:

- trudności w rozumieniu mowy w niekorzystnych warunkach akustycznych,
- trudności z rozumieniem mowy w pomieszczeniach o dużym pogłosie np. w klasie,
- mylenie podobnie brzmiących wyrazów,
- problemy z określeniem kierunku, z którego dobiega dźwięk,
- problemy w dłuższym utrzymaniu uwagi na zadaniu wymagającym słuchania, zwłaszcza w przypadkach obecności bodźców rozpraszających,
- trudności ze rozumieniem złożonych poleceń lub przyswojeniem treści dłuższej wypowiedzi lub opowiadania.

Rozpoznanie APD można postawić u dzieci, u których na plan pierwszy wysuwają się objawy słuchowe i u których za pomocą testów behawioralnych i elektrofizjologicznych lekarz audiolog może udokumentować występowanie deficytów w obrębie ośrodkowej części układu słuchowego. W procesie diagnostycznym konieczna jest ścisła współpraca audiologa z logopedą i psychologiem

w celu uzyskania pełnej informacji o obrazie klinicznym pacjenta.

Postępowanie diagnostyczne

Diagnostyka zaburzeń przetwarzania słuchowego opiera się na behawioralnych testach psychoakustycznych, które pozwalają na ocenę sprawności przetwarzania słuchowego czyli tzw. wyższych funkcji słuchowych.

Spośród wielu testów największe znaczenie kliniczne mają trzy grupy testów:

- testy rozumienia mowy utrudnionej,
- testy oceniające czasowe aspekty słyszenia,
- testy rozdzielnouszne (dychotyczne).

Minimalna bateria testów diagnostycznych APD powinna zawierać:

- test rozumienia mowy w szumie (klasyczny – podający odsetek prawidłowo zrozumiałych słów lub adaptacyjny – pozwalający na wyznaczenie stosunku sygnału do szumu dla którego badany rozumie 50% prezentowanych słów czyli proggu różnicowania mowy w szumie),
- test sekwencji częstotliwości (*frequency pattern test*, FPT),
- test wykrywania przerw w szumie (GDT; *gaps in noise test*, GIN) [5],
- test rozdzielnouszny liczbowy (*dichotic digit test*, DDT).

Rozdzielnouszny test liczbowy DDT ocenia integrację informacji płynącej z obu uszu oraz transfer informacji pomiędzy obu półkulami mózgowymi [6]. Test sekwencji częstotliwości [7] dostarcza informacji na temat zdolności różnicowania częstotliwości dźwięków oraz krótkotrwałej pamięci słuchowej. Pośrednio na podstawie tego testu możemy wyciągać wnioski o stopniu dojrzałości układu słuchowego oraz funkcji prawej półkuli mózgu.

Testy elektrofizjologiczne

Rejestracja słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ang. *auditory brainstem response*, ABR) obejmująca wyznaczenia proggu słyszenia i pomiar latencji powinna być wykonywana obowiązkowo u dziecka podejrzanego o występowanie APD. ABR umożliwia ocenę integralności nerwu słuchowego i pnia mózgu. Pozwala na wykluczenie neuropatii słuchowej, która ma podobne objawy jak APD, ale różni się metodą terapeutyczną – wszczepienie implantu ślimakowego.

Duże znaczenie w potwierdzeniu diagnozy APD mają słuchowe potencjały korowe MLR i P300. Rejestracja średniolatencyjnych słuchowych potencjałów wywołanych (ang. *middle latency responses*,

MLR) pozwala na wykrywanie zaburzeń funkcjonowania ośrodków podkorowych i kory słuchowej. Wydłużona latencja i obniżona amplituda świadczy o opóźnionym dojrzewaniu drogi słuchowej. Dzięki rejestracji wielokanałowej możliwe jest wykrycie zmian ogniskowych w obrębie kory słuchowej. Rejestracja potencjałów poznawczych typu P300 pozwala na ocenę procesów zaangażowanych w opracowanie bodźca dźwiękowego (odkodowanie, rozpoznanie, klasyfikowanie). Latencja fali P300 jest miarą czasu podejmowania decyzji i dostarcza informacji o sprawności procesów poznawczych. Należy jednak pamiętać, że rejestracje o dobrej morfologii możemy uzyskać tylko u pacjentów będących w stanie czuwania i co najmniej biernie współpracujących tzn. leżących spokojnie i słuchających bodźców. Jednak najlepsze zapisy P300 uzyskuje się u pacjentów aktywnie współpracujących, którzy podczas słuchania bodźców dokonują ich analizy i np. naciskają na przycisk gdy wykryją bodźce inne niż standardowe.

Poszerzone możliwości klinicznego zastosowania rejestracji słuchowych potencjałów korowych obiecuje producent systemu Hearlab. Dzięki zaawansowanym algorytmom odrzucania artefaktów system pozwala na rejestrację potencjałów korowych u noworodków i małych dzieci, a także w wolnym polu słuchowym. Został on zaprojektowany do oceny efektów protezowania, ale może być również wykorzystywany w diagnostyce APD do oceny dojrzałości drogi słuchowej (<http://www.frye.com/wp/hearlab/>).

Nową metodą o potencjalnym zastosowaniu w diagnostyce APD, a szczególnie w wykrywaniu dzieci z zaburzonym rozumieniem mowy w hałasie, jest ABR rejestrowane dla mowy i innych złożonych dźwięków (cABR) [8].

Dzieci z APD to heterogenna grupa pacjentów. W praktyce najczęściej spotykamy się z trzema profilami klinicznymi o różnych objawach dominujących i różnych formach terapii:

- zaburzenia uwagi słuchowej i rozumienia mowy w hałasie (*Spatial Processing Disorder*) [9];
- zaburzenia fonologiczne i percepcji czasowych aspektów dźwięku [10];
- zaburzenia wymiany informacji pomiędzy półkulami przez ciało modzelowate (*Amblyaudia*) [11].

Postępowanie terapeutyczne

Postępowanie terapeutyczne u dzieci z APD opiera się na trzech filarach:

1. Poprawa środowiska akustycznego w szkole, poprawa jakości słyszanej mowy.

2. Bezpośrednia interwencja terapeutyczna, czyli tzw. trening słuchowy, którego celem jest poprawa sprawności wyższych funkcji słuchowych w oparciu o plastyczność układu nerwowego.
3. Terapia pedagogiczna i psychologiczna, która może pośrednio poprawiać sprawność uczenia i komunikowania się dzieci z APD.

Poprawa środowiska akustycznego w szkole

Według standardów *American Speech and Hearing Association* (ASHA) szum tła w pomieszczeniu, w którym uczy się dziecko z APD, nie powinien przekraczać 30 dB (pogłos nie powinien utrzymywać się dłużej niż 0.4 s), a stosunek sygnału do szumu nie powinien być niższy niż +15 dB. Rozwiązania, które są korzystne dla wszystkich uczniów, a nie tylko dla tych z APD, to wyciszenie i zlikwidowanie pogłosu w klasach za pomocą dźwiękochłonnych materiałów oraz usunięcie urządzeń emitujących niepotrzebne dźwięki np. wyciszenie komputerów. Najnowsze badania wskazują na korzystny wpływ używania systemów wspomagających słyszenie, które poprawiają zrozumiałość mowy nauczyciela na tle hałasu klasy (Amigo Star, Edu-Link). U uczniów używających w klasie system FM obserwowano poprawę w zakresie koncentracji uwagi, wyników w nauce, poprawy zachowania i poczucia własnej wartości. Najlepsze efekty obserwowano przy używaniu dwóch aparatów słuchowych i stosowaniu otwartej wkładki [12].

Trening słuchowy

Trening słuchowy oparty na plastyczności mózgu ma mocne podstawy teoretyczne. Możliwości usprawnienia percepcji słuchowej wykazano w badaniach z wykorzystaniem metod obiektywnych, takich jak: mózgowy potencjały wywołane (*event-related potentials*, ERP) oraz funkcjonalny magnetyczny rezonans jądrowy (ang. *functional Magnetic Resonance Imaging*, fMRI) [13] jak również w badaniach na zwierzętach [14].

Duże możliwości stosowania treningu słuchowego daje zaprojektowanie ćwiczeń słuchowych

w formie gier komputerowych. Dzięki zastosowaniu adaptacyjnych algorytmów można łatwo stopniować poziom trudności zadań i dostosowywać je do możliwości dziecka. Odpowiednia oprawa graficzna przyciąga uwagę dzieci, a system nagród za dobre wyniki poprawia motywację do ćwiczeń [15]. Jednak przegląd prac oceniających efekty tego typu treningów u dzieci pokazuje, że jest jeszcze duże pole do działań w celu opracowania optymalnych metod ćwiczeń [16].

W krajach anglojęzycznych są dostępne różne programy do ćwiczeń wyższych funkcji słuchowych: *Lisn&Learn* [17], *Fast for Word* [18], *Earobics* [19]. W programach tych w atrakcyjnej formie gier komputerowych zawarto ćwiczenia:

- różnicowania fonemów modyfikowanych komputerowo,
- różnicowania głośności, wysokości, długości dźwięków,
- lokalizacji dźwięków,
- percepcji czasu (rozdzielczości czasowej, następstwa zdarzeń akustycznych),
- słyszenia rozdzielności z modyfikacją głośności i czasu podawania bodźców,
- uwagi słuchowej,
- zawierające elementy treningu muzycznego,
- rozumienia mowy w obecności dystraktorów oraz rozumienia mowy w szumie.

Można również prowadzić trening grupowy w formie gier i zabaw słuchowo-ruchowych. Istotną cechą takich zajęć jest element rywalizacji i interakcji pomiędzy dziećmi, ale należy mieć na uwadze, że działa on korzystnie, gdy terapeuta odpowiednio dobierze dzieci do grupy uwzględniając ich poziom zaburzeń [20]. Według tej metody trening słuchowy jest prowadzony w Ośrodku Audiologii Foniatrii i Laryngologii IPCZD w Warszawie. Dzięki treningowi słuchowemu słuchanie i rozumienie, które wcześniej wymagało dużego wysiłku ze strony dziecka, staje się procesem automatycznym, nieangażującym zasobów umysłowych, które mogą zostać użyte do innych zadań.

Piśmiennictwo

1. APD Position Statement - British Society of Audiology 2011 http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_PositionPaper_31March11_FINAL.pdf
2. Dawes P, Bishop D. Psychometric profile of children with auditory processing disorder (APD) and children with dyslexia. *Arch Dis Child* 2010; 95(6): 432-6.
3. Sharma M, Purdy SC, Kelly AS. Comorbidity of Auditory Processing, Language, and Reading Disorders. *J Speech Lang Hear Res* 2009; 52: 706-22.
4. Ferguson MA, Hall RL, Riley A, Moore DR. Communication, listening, cognitive and speech perception skill in children with auditory processing disorder (APD) or specific language impairment (SLI). *J Speech Lang Hear Res* 2011; 54: 211-27.
5. Shinn JB, Chermak GD, Musiek FE. GIN (Gaps-In-Noise) performance in the pediatric population. *J Am Acad Audiol* 2009; 20(4): 229-38.

6. Musiek FE, Weihing J. Perspectives on dichotic listening and the corpus callosum. *Brain Cogn* 2011; 76(2): 225-32.
7. Pinheiro ML, Ptacek PH. Reversals in the perception of noise and tone patterns. *J Acoust Soc Am* 1971; 49(6): 1778-83.
8. Hornickel J, Kraus N. cABR Can Predict Auditory-Based Communication Skills. *The Hearing Journal* 2012; 65(9): 28-30.
9. Cameron S, Dillon H. Development and evaluation of the LiSN & learn auditory training software for deficit-specific remediation of binaural processing deficits in children: preliminary findings. *J Am Acad Audiol* 2011; 22(10): 678-96.
10. Rey V, De Martino S, Espesser R, Habib M. Temporal Processing and Phonological Impairment in Dyslexia: Effect of Phoneme Lengthening on Order Judgment of Two Consonants. *Brain Lang* 2002; 80(3): 576-91.
11. Moncrieff D, Wertz D. Auditory rehabilitation for interaural asymmetry: preliminary evidence of improved dichotic listening performance following intensive training. *Int J Audiol* 2008; 47(2): 84-97.
12. Keith R, Purdy S. Assistive and Therapeutic Effect of Amplification for Auditory Processing Disorder. *Semin Hear* 2014; 35(01): 027-038.
13. Russo NM, Nicol TG, Zecker SG, Hayes EA, Kraus N. Auditory training improves neural timing in the human brainstem". *Behav Brain Res* 2005; 156(1): 95-103.
14. de Villers-Sidani E, Alzghoul L, Zhou X, Simpson KL, Lin RC, Merzenich MM. Recovery of functional and structural age-related changes in the rat primary auditory cortex with operant training. *Proc Natl Acad Sci USA* 2010; 107(31): 13900-5.
15. Loo JHY, Bamiou DE, Campbell N, Luxon LM. Computer-based auditory training (CBAT): benefits for children with language – and reading-related learning difficulties. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52(8): 708-17.
16. Fey ME, Richard GJ, Geffner D, Kamhi AG, Medwetsky L, Paul D i wsp. Auditory processing disorder and auditory/language interventions: an evidence-based systematic review. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2011; 42(3): 246-64.
17. Cameron S, Glyde H., Dillon H. Efficacy of the LiSN & learn auditory training software: randomized blinded controlled study. *Audiol Res* 2012; 2(1): 86-93.
18. Tallal P. Fast ForWord®: the birth of the neurocognitive training revolution. *Prog Brain Res* 2013; 207: 175-207.
19. Warrier 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. *Exp Brain Res* 2004; 157(4): 431-41.
20. Alonso R, Schochat E. The efficacy of formal auditory training in children with (central) auditory processing disorder: behavioral and electrophysiological evaluation. *Braz J Otorhinolaryngol* 2009; 75(5): 726-32.