

**Katarzyna Ita Bieńkowska**

Akademia Pedagogiki Specjalnej im. M. Grzegorzewskiej w Warszawie

**Małgorzata Zaborniak-Sobczak**

Wydział Pedagogiczny, Uniwersytet Rzeszowski

**Andrzej Senderski**

Samodzielny Publiczny Dziecięcy Szpital Kliniczny w Warszawie

**Piotr Jurczak**

Wojewódzki Szpital Podkarpacki im. Jana Pawła II w Krośnie

## Terapia centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego – przegląd metod i narzędzi w kontekście wsparcia edukacyjnego uczniów

Celem pracy jest przegląd narzędzi i metod terapii centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego, ze szczególnym wskazaniem na trening słuchowy i jego efekty u pacjentów z deficytami wyższych funkcji słuchowych. Autorzy analizują sposoby terapii zaburzeń przetwarzania słuchowego w kontekście aktualnej wiedzy audiologicznej, pedagogicznej i logopedycznej. Problem centralnych zaburzeń słuchu jest opisywany w literaturze światowej od co najmniej kilkadziesiąt lat, jednak w dalszym ciągu toczy się dyskusja na temat skutecznych form diagnozy i terapii. Wczesne wykrycie zaburzeń zwiększa szanse na skuteczną rehabilitację słuchu i mowy oraz zapobieganie trudnościom w nauce szkolnej. Artykuł jest trzecim, ostatnim z cyklu przybliżającego problematykę związaną z centralnymi zaburzeniami przetwarzania słuchowego u dzieci (CAPD).

Słowa kluczowe: centralne zaburzenia przetwarzania słuchowego, terapia

## Therapeutic treatment of central auditory processing disorders – an overview of methods and tools in the context of educational support for pupils

The aim of the study is to review the tools and methods for the therapeutic treatment of central auditory processing disorders, with particular attention to auditory training and its effects in patients with deficits in higher auditory functions. The authors analyse ways of treating auditory processing disorders in the context of current knowledge in audiology, pedagogy and speech therapy. The problem of central auditory disorders has been described in world literature for at least several decades, but there is still an ongoing discussion regarding effective forms of diagno-

sis and therapy. Early detection of disorders increases the chances of effective hearing and speech rehabilitation as well as preventing difficulties in school learning. This is the third and final article in a series closely examining the issues related to central auditory processing disorders in children (CAPD).

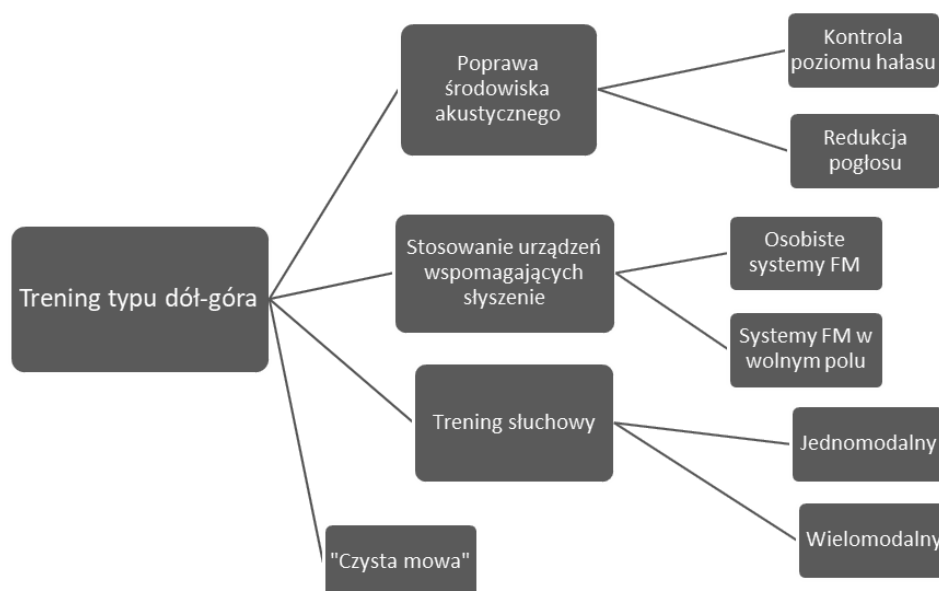
Keywords: central auditory processing disorders, therapy

## Wprowadzenie

Centralne zaburzenia przetwarzania słuchowego (zaburzenia przetwarzania słuchowego – APD) określane są jako deficyty w percepcyjnym przetwarzaniu bodźców dźwiękowych i aktywności nerwowej, która jest podłożem tych procesów, podstawą powstawania elektrofizjologicznych potencjałów słuchowych (ASHA 2005). Brytyjskie Towarzystwo Audiologiczne wskazuje, że zaburzenia przetwarzania słuchowego dotyczą percepcji słuchowej, czyli świadomości dźwięków akustycznych. Zaburzenia przetwarzania słuchowego ograniczają zdolność do słuchania, a przez to odpowiedniego i szybkiego reagowania na bodźce akustyczne (BSA 2011), to zespół objawów i symptomów, wśród których wyróżnić można między innymi deficyty w percepcji słuchowej i przetwarzaniu językowo-słuchowym, deficyty słuchania rozdzielności, pamięci słuchowej, uwagi selektywnej, przetwarzania czasowego sygnałów akustycznych. Te funkcjonalne nieprawidłowości stanowią podłoże powszechnie występujących trudności u dzieci – problemów ze słuchaniem w hałasie, wykonywaniem złożonych poleceń słownych, rozumieniem szybkiej i zniekształconej mowy, problemami ze skupieniem uwagi na bodźcach akustycznych. Następstwem CAPD mogą być wtórne trudności w koncentracji, nabywaniu zdolności czytania, zaburzenia języka (Bamiou i in. 2001; Yalcinkaya i in. 2009). Zaburzenia przetwarzania słuchowego mogą współwystępować z dysleksją, SLI, ADHD, trudnościami w uczeniu się (Krasowicz-Kupis 2012). Zaburzenia przetwarzania słuchowego występują u około 2–5% dzieci w wieku szkolnym (u większości dzieci etiologia zaburzeń nie jest znana, Chermak i Musiek 1997, Fuente, McPherson 2007). Mają one negatywny wpływ na codzienne funkcjonowanie osób nimi dotkniętych. Z tego powodu istotne jest jak najszybsze postawienie diagnozy i wdrożenie skutecznych działań rehabilitacyjnych. Terapia zaburzeń przetwarzania słuchowego powinna obejmować szeroki zakres działań, opartych zarówno na strategiach typu góra-dół, jak i dół-góra. Rehabilitacja ma na celu poprawę zdolności percepcji dźwięku przez działania odnoszące się zarówno do środowiska akustycznego, jak również bezpośrednio do poprawy deficytów funkcji słuchowych. Pośrednim celem jest poprawa zdolności poznawczych i językowych, które wpływają na percepcję i zdolności przetwarzania bodźców akustycznych (Rawool 2015).

## Terapia zaburzeń przetwarzania słuchowego

Według wytycznych Amerykańskiego Towarzystwa Mowy, Języka i Słuchu (ASHA – American Speech-Language-Hearing Association) oraz Brytyjskiego Towarzystwa Audiologicznego (BSA) – głównym elementem terapii CAPD powinien być trening słuchowy, oparty na ćwiczeniach dostosowanych do deficytów funkcji słuchowych oraz trudności doświadczanych przez pacjenta. Dodatkowo, jako działania uzupełniające mogą być stosowane inne metody, w celu ułatwienia dostępu do bodźców akustycznych oraz zwiększenia możliwości poznawczych i językowych (ASHA 2005, BSA 2011, Rawool 2015). Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono główne formy terapii stosowane u dzieci z centralnymi zaburzeniami przetwarzania słuchowego.



Rysunek 1. Techniki terapii typu dół-góra

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rawool 2015: 226.

## Trening słuchowy

Główną częścią terapii CAPD, niezależnie od profilu klinicznego zaburzeń (deficyty fonologiczne, integracji lub uwagi słuchowej) jest trening słuchowy. Podstawą jest założenie, że układ słuchowy jest plastyczny, a stymulacja dźwię-

kowa powoduje zmiany poznawcze i behawioralne. Doświadczenie słuchowe powoduje reorganizację kory słuchowej i sprzyja kształtowaniu prawidłowych reakcji na bodźce akustyczne. Mechanizmem plastyczności jest najprawdopodobniej długotrwałe wzmocnienie synaptyczne (ang. long-term potentiation –LTP), czyli długotrwałe zwiększenie transmisji synaptycznej spowodowane intensywną i powtarzającą się aktywnością synaptyczną. Powoduje to zwiększenie skuteczności synaptycznej, spistości neuronalnej, a przez to również powstanie zmian poznawczych i behawioralnych. Przed rozpoczęciem treningu słuchowego konieczne jest wykonanie dokładnej diagnozy, która określi w jakim zakresie i jak głębokie są deficyty funkcji słuchowych. Badania wskazują, że odpowiedni trening słuchowy powoduje poprawę funkcji słuchowych, a efekty są również przeniesione na inne obszary poznawcze (np. językowe) (Chermak, Musiek 2013).

Celem treningu słuchowego jest poprawa zdolności percepcji bodźców akustycznych. Poprawa ta zachodzi dzięki zjawisku percepcyjnego uczenia się (zarówno pasywnego, jak i aktywnego). Wyróżnia się cztery mechanizmy percepcyjnego uczenia się, które pozwalają na poprawę zdolności detekcji, różnicowania, analizy i syntezy bodźców dźwiękowych. Jednym z mechanizmów, często wykorzystywanych podczas treningu słuchowego, jest tzw. imprinting, czyli powtarzająca się ekspozycja na dany bodziec lub jego część. Pozwala to na rozwój wyspecjalizowanych receptorów, które zwiększają szybkość, precyzję i łatwość detekcji i przetwarzania tych bodźców (z tego powodu słowa, które częściej występują w danym języku, są przyswajane szybciej i łatwiej niż słowa, które pojawiają się rzadko). Istotne są również mechanizmy różnicowania, które ułatwiają identyfikację i rozróżnianie bodźców akustycznych, a także procesy syntezy, dzięki którym pojedyncze części łączone są w jedną całość akustyczną. Dodatkowo percepcja bodźców i wykonanie zadań związanych z manipulowaniem nimi mogą być znacznie poprawione przez wzmocnienie uwagi w kierunku istotnych elementów akustycznych i zmniejszenie uwagi dla bodźców mniej istotnych (np. hałas otoczenia) (Rawool 2015).

## Znaczenie treningu słuchowego dla funkcji słuchowych

Jedną z fundamentalnych zdolności układu słuchowego jest zdolność do dyskryminacji częstotliwości, intensywności i czasu trwania sygnałów akustycznych. Zdolność dyskryminacji cech dźwięków mowy jest niezwykle istotna, bowiem ułatwia lokalizację dźwięku w przestrzeni, ma też istotne znaczenie w detekcji i przetwarzaniu szybko zmieniających się informacji akustycznych w mowie, które są podstawą świadomości fonologicznej i przetwarzania językowego. Dyskrymi-

nacja słuchowa jest ważna w procesach m.in. nabywania umiejętności czytania, różnicowania podobnie brzmiących słów, rozumienia mowy czy rozpoznawania informacji prozodycznych ukrytych np. w tonie głosu (sarkazm, ironia) (Musiek, Chermak 2013).

Badania z użyciem testów behawioralnych i elektrofizjologicznych wskazują, że trening słuchowy powoduje poprawę dyskryminacji głosek. Poprawa zdolności dyskryminacji jest długotrwała – utrzymuje się kilka miesięcy po zakończeniu treningu oraz obejmuje również inne głoski, które nie były stosowane podczas treningu (Kraus i in. 1995). Poprawa zdolności dyskryminacji słuchowej zachodzi nawet w przypadku, kiedy trening słuchowy jest krótkotrwały. Halliday z zespołem (2008) wykazał, że trening słuchowy z wykorzystaniem gry komputerowej, trwający zaledwie 1 godzinę, spowodował poprawę zdolności dyskryminacji częstotliwości u dzieci w wieku 6–11 lat. Z kolei w badaniach Schaffer'a i innych (2004), po treningu słuchowym trwającym około 10–15 minut dziennie przez 10–20 dni, zaobserwowano istotną poprawę zdolności dyskryminacji słuchowej u 80% dzieci z dysleksją, a to przełożyło się również na poprawę zdolności fonologicznych dzieci. Poprawa zdolności dyskryminacji częstotliwości dźwięku zachodzi prawdopodobnie dzięki zmniejszeniu spontanicznej aktywności neuronów (internal noise) (Jones i in. 2013).

Przetwarzanie czasowe określane jest jako zdolność układu słuchowego do percepcji i przetwarzania zmian w sygnale dźwiękowym oraz do przetwarzania krótkich, chwilowych zdarzeń akustycznych. Jednym z elementów przetwarzania czasowego bodźców akustycznych jest rozdzielczość czasowa, która umożliwia zarówno wykrywanie zmian w czasie trwania bodźca słuchowego, jak również wykrywanie przerw czasowych pomiędzy kolejnymi bodźcami dźwiękowymi. Zdolność do rozpoznania, rozumienia i zapamiętania kolejności dźwięków ma istotne znaczenie w procesach między innymi notowania ze słuchu, zapamiętywania prawidłowej kolejności wykonywania złożonych czynności, poleceń, instrukcji (Musiek, Chermak 2013).

Trening słuchowy przyczynia się do poprawy zdolności rozdzielczości czasowej układu słuchowego. W badaniach Schneidera i współpracowników (1994) trening trwający w sumie około 7 godzin (1h dziennie przez około tydzień) spowodował u badanych poprawę progów wykrywania przerwy w szumie w teście GDT (ang. Gap Detection Threshold). Poprawę progów detekcji przerwy w szumie po treningu słuchowym zaobserwowano również u dzieci z dysleksją – po treningu adaptacyjnym, trwającym 10-20 dni (ok. 15 minut dziennie) 77% dzieci osiągnęło istotnie lepsze wyniki testów wykrywania przerwy w szumie (w porównaniu do badania przed rozpoczęciem treningu) (Rawool 2015).

Trening słuchowy może również skutkować poprawą takich zdolności jak: detekcja modulacji czasowej (Fitzgerald, Wright 2011), dyskryminacja bodźców

modulowanych, dostrzeganie zmian w kształcie widmowym dźwięku złożonego (Drennan, Watson 2001), umiejętności dyskryminacji czasu trwania tonów (Agnew i in. 2004) oraz dyskryminacji czasu trwania przerwy między bodźcami (Karmarkar, Buonomano 2003; Bratzke i in. 2012). Efektem treningu słuchowego może być również usprawnienie umiejętności słyszenia obuusznego – lokalizacji źródła dźwięku, słyszenia rozdzielności, analizy i syntezy słuchowej. Umiejętności te pozwalają między innymi na skuteczne wyróżnianie istotnych informacji z dźwięków otoczenia (w tym również hałasu), co z kolei pozwala na dobre rozumienie mowy w hałasie i w niekorzystnych warunkach akustycznych czy koncentrację uwagi na wypowiedziach słownych (Musiek, Chermak 2013).

Jednym z rodzajów treningu słyszenia rozdzielności jest program treningowy DIID (ang. Dichotic Interaural Intensity Difference) opracowany przez Musieka i współautorów (Musiek i in. 20014). Trening polega na wzmocnianiu intensywności bodźców podawanych do ucha słabszego (wzmocnienie około 5 dB). W czasie treningu wzmocnienie intensywności bodźca jest stopniowo zmniejszane. Badania wskazują, że trening DIID powoduje poprawę zdolności słyszenia rozdzielności, poprawę wyników testów w uchu słabszym oraz jednocześnie poprawę rozumienia mowy i rozpoznawania słów (Moncrieff, Wertz 2008; Hurley, Davis 2011; Schochat i in. 2010). Innym sposobem ćwiczenia słyszenia rozdzielności jest stopniowe zwiększanie trudności bodźców – w pierwszym etapie treningu podawane są dwa bodźce (po jednym do każdego ucha), które istotnie różnią się między sobą. Stopień trudności ćwiczeń stopniowo zwiększa się (Rawool 2015).

U dzieci z CAPD obserwuje się zwykle trudności z rozumieniem mowy, szczególnie w hałasie, mowy niewyraźnej, zniekształconej lub w obecności sygnałów konkurujących. Dzieci doświadczające takich trudności osiągają dużą korzyść z treningu słuchowego, ukierunkowanego na ćwiczenia rozumienia mowy z wykorzystaniem różnych bodźców (fonemy, sylaby, słowa, zdania), w różnych warunkach akustycznych (w ciszy, w hałasie, w pogłosie). Za pomocą treningu słuchowego można usprawniać procesy dyskryminacji fonemów (Lively i in. 1993; Werker, Tees 1984; Lengeris, Hazan 2010) oraz zdolności rozumienia mowy zniekształconej (filtrowanej lub skompresowanej) (Dupoux, Green 1997, Guiraud i in. 2013). Ćwiczenia rozumienia słów w hałasie z wykorzystaniem różnego rodzaju szumu tła (szum ciągły np. typu multitalker babble) powoduje poprawę rozumienia mowy, w tym również zdań złożonych, u dzieci w wieku 8–10 lat (w porównaniu do dzieci z grupy kontrolnej) (Millward i in 2011). Badania wskazują, że efekty treningu słuchowego rozumienia mowy w hałasie utrzymują się długotrwale po zakończeniu treningu (Roth i in. 2005). Ćwiczenia rozumienia mowy zniekształconej i mowy w hałasie powodują poprawę nie tylko w zakresie tej umiejętności, ale wpływają również na poprawę świadomości fonologicznej, dyskryminacji cza-

wych aspektów dźwięków mowy oraz uwagi i pamięci słuchowej (Pokorni i in. 2004; Moore i in. 2005).

Głównym celem terapii słuchowej jest poprawa funkcjonowania pacjenta w codziennych sytuacjach, w których wymagane jest przetwarzanie różnego rodzaju dźwięków, między innymi dźwięków mowy. Trening słuchowy może przynieść poprawę nie tylko w zakresie funkcji słuchowych, ale również w zakresie zdolności językowych, umiejętności czytania czy koncentracji uwagi, szczególnie u dzieci, u których zaburzenia przetwarzania słuchowego współwystępują z innymi zaburzeniami, takimi jak dysleksja, zaburzenia językowe, uwagi. Po treningu z użyciem bodźców o określonej częstotliwości poprawie ulegają również zdolności przetwarzania bodźców o innych częstotliwościach (Rawool 2015). Trening słuchowy oparty na ćwiczeniach dyskryminacji częstotliwości i intensywności dźwięku oraz wykrywania przerwy w szumie powoduje poprawę zdolności językowych i wymowy u dzieci (Schaffler i in. 2004). Istnieją również badania potwierdzające pozytywny wpływ treningu słuchowego na zdolności poznawcze. Po treningu słuchowym nastawionym na poprawę percepcji bodźców zaobserwowano poprawę zdolności rozwiązywania problemów i umiejętności rozumowania (Strenziok 2014), a także poprawę zdolności zapamiętywania (Mahncke 2006).

## Formalny trening słuchowy

Obecnie najczęściej stosowaną formą treningu słuchowego są różnego rodzaju programy terapeutyczne, oparte na oprogramowaniu komputerowym. Zaletą tego rodzaju treningów jest fakt, że zawierają szeroką gamę ćwiczeń, wykorzystujących różnorodne bodźce (nie tylko dźwięki mowy, ale również szumy, tony, dźwięki muzyki, dźwięki otoczenia).

Większość dostępnych programów treningów słuchowych została pierwotnie opracowana w celu terapii dzieci z zaburzeniami językowymi oraz trudnościami w uczeniu się i nabywaniu umiejętności czytania i pisania (BSA 2011). Obecnie programy te rekomendowane są również dla dzieci z CAPD. Charakter zaburzeń przetwarzania słuchowego oraz brak „złotego standardu” diagnozy powoduje, że stosowanie treningu słuchowego u dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego budzi pewne kontrowersje. Są jednak badania wskazujące, że stosowanie treningu słuchowego u dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego przynosi efekty w postaci poprawy wyników testów funkcji słuchowych. Trening słuchowy przynosi poprawę zdolności przetwarzania słuchowego (Miller i in 2005), w tym między innymi w zakresie zdolności rozumienia mowy w szumie oraz zdolności słyszenia rozdzielności (Deppeler i in 2004). Skuteczność

treningu słuchowego w terapii zaburzeń przetwarzania słuchowego potwierdzają również m.in. wyniki badań Krausa i Chandrasekarana (2010), dotyczące wpływu treningu muzycznego na funkcje poznawcze, zmysłowe i słuchowe.

W ostatnich latach w ośrodkach audiologicznych oraz poradniach i gabinetach logopedycznych w Polsce coraz częściej prowadzona jest terapia zaburzeń przetwarzania słuchowego z wykorzystaniem różnych technik i narzędzi. Najczęściej stosuje się metody: Fast ForWord, Aktywny Trening Słuchowy Neuroflow, Trening Słuchowy Tomatisa, oraz Indywidualną Stymulację Słuchu Johansena IAS.

## Fast ForWord

Program terapeutyczny Fast ForWord jest opracowany w celu poprawy zdolności przetwarzania językowego, słuchowego oraz poprawy zdolności czytania. Przeznaczony jest dla dzieci z trudnościami w uczeniu się, z dysleksją, a także dla dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego. Metoda ta rozwija, usprawnia i utrwała umiejętności poznawcze, takie jak: koncentracja, pamięć, umiejętność analizy i syntezy fonologicznej, przetwarzanie, organizowanie i porządkowanie informacji. Ćwiczenia oparte są na zasadzie trenowania połączeń nerwowych w celu przyspieszenia przetwarzania informacji i stworzenia nowych lub zmodyfikowania istniejących dróg nerwowych w układzie nerwowym. W programie stosowane są zarówno bodźce werbalne, jak i niewerbalne, zmodyfikowane w celu spowolnienia i uwypuklenia krótkich dźwięków. Program jest oparty na zasadzie adaptacyjnej – jeśli dziecko radzi sobie dobrze i wykonuje ćwiczenia poprawnie, ich poziom trudności jest zwiększany. Natomiast jeśli dziecko popełnia dużo błędów, program powtarza ćwiczenia i aktualnym poziomie trudności, aby dziecko systematycznie ćwicząc mogło poprawiać swoje umiejętności (BSA 2011).

Program terapeutyczny Fast ForWord podzielony jest na kilka części, przeznaczonych zarówno dla dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym, jak również dla młodzieży i dorosłych. Ćwiczenia dla dzieci młodszych pomagają rozwijać uwagę słuchową i wzrokową oraz dyskryminację słuchową. Z kolei ćwiczenia dla dzieci starszych, młodzieży i dorosłych mają na celu poprawę zdolności czytania i pisanie, umiejętności łączenia języka mówionego i pisanego, a także poprawę dyskryminacji słuchowej i uwagi słuchowej.

Trening z użyciem programu Fast ForWord powinien być prowadzony 5 razy w tygodniu po około 30 minut dziennie, w okresie około 3–4 miesięcy (BSA 2011). Badania pod kierunkiem Loo (2010), Thibodeau (2007) oraz Loeba (2009) potwierdzają, że trening z użyciem programów Fast ForWord przynosi korzyści w zakre-



się umiejętności fonologicznych, uwagi słuchowej i dyskryminacji słuchowej, jednak efekty nie różnią się od wyników osiągniętych podczas standardowych treningów słuchowych. Nie zaobserwowano również istotnej poprawy w zakresie umiejętności czytania i pisania. Autorzy wyżej wymienionych badań podkreślają, że konieczne są dalsze badania dotyczące wpływu treningu Fast ForWord na umiejętności słuchowe i językowe dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego.

## Indywidualna Stymulacja Słuchu Johansena IAS

W terapii CAPD wykorzystywana jest również Indywidualna Stymulacja Słuchu Johansena IAS, opracowana przez duńskiego nauczyciela i psychologa dr Kjelda Johansena. Metoda skierowana jest dla dzieci, młodzieży i osób dorosłych, u których zdiagnozowano dysleksję, ADHD, zaburzenia koncentracji i uwagi, zaburzenia ze spektrum autyzmu, a także zaburzenia przetwarzania słuchowego. Program terapeutyczny oparty jest na przygotowaniu indywidualnej filtrowanej muzyki, w zależności od uzyskanych przez dziecko wyników testów diagnostycznych (audiometrii tonalnej, testów mowy utrudnionej oraz testów rozdzielnousznych).

Celem treningu IAS jest poprawa zdolności przetwarzania słuchowego, uwagi słuchowej i koncentracji, a także poprawa rozumienia mowy, pamięci, komunikacji, artykulacji i umiejętności czytania (<http://www.johansen-ias.pl>).

Badania potwierdzają skuteczność terapii IAS u dzieci z trudnościami w uczeniu się oraz z zaburzeniami zdolności językowych. W pracy Sohlman i współautorów (2000) wykazano, że ponad 90% dzieci z trudnościami w nauce czytania i pisania odniosło pozytywne skutki stymulacji słuchu IAS (za: Borowiecka, Rychetsky 2018). Indywidualna stymulacja słuchu może pozytywnie wpływać również na funkcje słuchowe, takie jak dyskryminacja słuchowa, rozumienie mowy w hałasie i w obecności dźwięków konkurujących, a także uwagę i koncentrację słuchową. U dzieci biorących udział w badaniu zaobserwowano również poprawę zdolności rozumienia mowy w pomieszczeniach o dużym pogłosie (np. sala gimnastyczna, restauracja) (za: Borowiecka, Rychetsky 2018). Indywidualna Stymulacja Słuchu Johansena IAS odbywa się w domu dziecka. Cały program terapii trwa od 6 do 10 miesięcy. Dziecko słucha płyty przez 10 minut dziennie (codziennie) przez okres 4-8 tygodni, po tym czasie wykonywane są badania kontrolne, a dziecko otrzymuje nową zindywidualizowaną płytę. Terapia Johansena może być łączona z innymi formami terapii (np. terapią logopedyczną). Trening tą metodą cieszy się popularnością w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Francji, Austrii, Szwecji. A w ostatnich latach także w Polsce.

## Trening Słuchowy Tomatisa

Metoda Tomatisa jest jednym z najpopularniejszych programów terapii słuchowej na świecie. Stosowane w niej ćwiczenia, dzięki zastosowaniu odpowiednich rozwiązań, modyfikują muzykę i głos w czasie rzeczywistym. Celem terapii ma być poprawa uwagi słuchowej, co przekłada się również na poprawę funkcji słuchowych. Uwaga słuchowa jest procesem aktywnym, który polega na świadomym odbieraniu i interpretowaniu dźwięków docierających z otoczenia. Program terapii dostosowany jest do indywidualnych potrzeb pacjenta. Ćwiczenia podzielone są na dwa rodzaje: pasywne oraz aktywne. Podczas części pasywnej pacjent słucha muzyki przez tradycyjne słuchawki na przewodnictwo powietrzne, ale również przez słuchawkę na przewodnictwo kostne, która przekazuje dźwięk przez kości czaszki za pomocą drgań. Z kolei w części aktywnej pacjent czyta lub powtarza słowa z użyciem słuchawek wyposażonych w mikrofon. Głos pacjenta jest przetwarzany w czasie rzeczywistym, dzięki czemu pacjent może pracować nad słuchowo-głosowym sprzężeniem zwrotnym. Terapia Tomatisa przeznaczona jest dla dzieci i dorosłych, u których występują:

- trudności szkolne (trudności z analizą i syntezą słuchową, w czytaniu i pisaniu, matematyczne, grafomotoryczne),
- zaburzenia logopedyczne i komunikacyjne,
- trudności z koncentracją uwagi,
- nadwrażliwość słuchowa,
- trudności motoryczne, zaburzenia koordynacji ruchowej,
- zaburzenia emocjonalne (obniżenie nastroju, stres).

Efektem terapii za pomocą metody Tomatisa jest poprawa zdolności słuchania ze zrozumieniem, rozumienia szybkiej, zniekształconej mowy, poprawa zdolności czytania ze zrozumieniem, a także poprawa ogólnej jakości uczenia się. W ramach terapii Tomatisa poprawie ulega również koncentracja. Metoda Tomatisa przynosi również efekty w terapii logopedycznej (np. u pacjentów z dysleksją) (<https://www.tomatis.com/pl>).

Trening Tomatisa składa się z codziennych sesji, trwających łącznie około 2 godzin. Trening słuchowy prowadzony jest etapami (etap trwa od 15 do 30 Gol-dring). Po każdym etapie następuje przerwa, trwająca 1-2 miesiące, której celem jest integracja zmian w obszarze uwagi słuchowej.

Istnieją badania potwierdzające skuteczność metody Tomatisa u dzieci z zaburzeniami językowymi oraz zaburzeniami przetwarzania słuchowego. Ross-Swain i inni (2007) prowadzili badania oceniające skuteczność treningu z użyciem metody Tomatisa w grupie 421 pacjentów z CAPD. Wykazano, że po treningu u wszystkich uczestników nastąpiła istotna statystycznie poprawa

krótkotrwałej pamięci słuchowej, percepcji kolejności dźwięków, lokalizacji źródła dźwięku, a także dyskryminacji słuchowej. Mularzuk i współpracownicy (2012) oceniali efektywność terapii Tomatisa w grupie łącznie 551 dzieci z różnymi zaburzeniami (m.in. autyzm, zaburzenia mowy, mózgowo porażenie dziecięce, zaburzenia zachowania) oraz u dzieci z grupy kontrolnej. Uzyskane wyniki wykazały, że po treningu nastąpiła poprawa w zakresie wszystkich badanych funkcji: uwagi słuchowej zewnętrznej, uwagi słuchowej wewnętrznej oraz dyskryminacji i lokalizacji dźwięków. Z kolei Malak z zespołem (2017) prowadzili badania, których celem była ocena, czy trening słuchowy metodą Tomatisa może przyczynić się do bardziej efektywnej nauki czytania oraz czy wykorzystanie treningu Tomatisa może wspomóc terapię dysleksji (Malak i wsp. 2017). Autorzy wskazują, że trening metodą Tomatisa może przynieść poprawę w zakresie niektórych funkcji związanych z procesem czytania, szczególnie krótkotrwałej pamięci fonologicznej (pod warunkiem dobrej pamięci słuchowej) oraz syntezy słuchowej (w przypadku prawidłowej selektywnej uwagi słuchowej).

## Aktywny Trening Słuchowy Neuroflow

Neuroflow – Aktywny Trening Słuchowy jest jednym z najnowszych dostępnych narzędzi. Jest to pierwszy w Polsce interaktywny trening słuchowy dla dzieci z CAPD oraz dzieci z grupy ryzyka tych zaburzeń (od około 4 roku życia). Trening prowadzony jest w całości on-line i jest dostępny na platformie internetowej. Cały trening podzielony jest na etapy, a każdy etap treningu słuchowego Neuroflow poprzedzony jest diagnozą przeprowadzaną w certyfikowanym ośrodku, na podstawie której przygotowany jest indywidualny program ćwiczeń. Diagnoza odbywa się w oparciu o testy funkcji słuchowych, a ocena występowania deficytów odbywa się poprzez porównanie wyników dziecka z wartościami normatywnymi dla wieku (Senderski i in. 2016). Dzięki temu trening skierowany jest na konkretne deficyty obserwowane u pacjenta. Pozwala to również na dostosowanie stopnia trudności i tempa ćwiczeń do potrzeb i możliwości dziecka i rodziców. Stopień trudności zadań zmienia się w sposób adaptacyjny. Kiedy dziecko odpowiada prawidłowo – system utrudnia zadanie, a gdy odpowiada nieprawidłowo – ułatwia. Tego rodzaju aktywność wzmacnia połączenia nerwowe i wytwarza nowe połączenia nerwowe w ośrodkowym układzie słuchowym oraz może spowodować przeniesienie korzyści również na inne obszary (np. zdolności językowe).

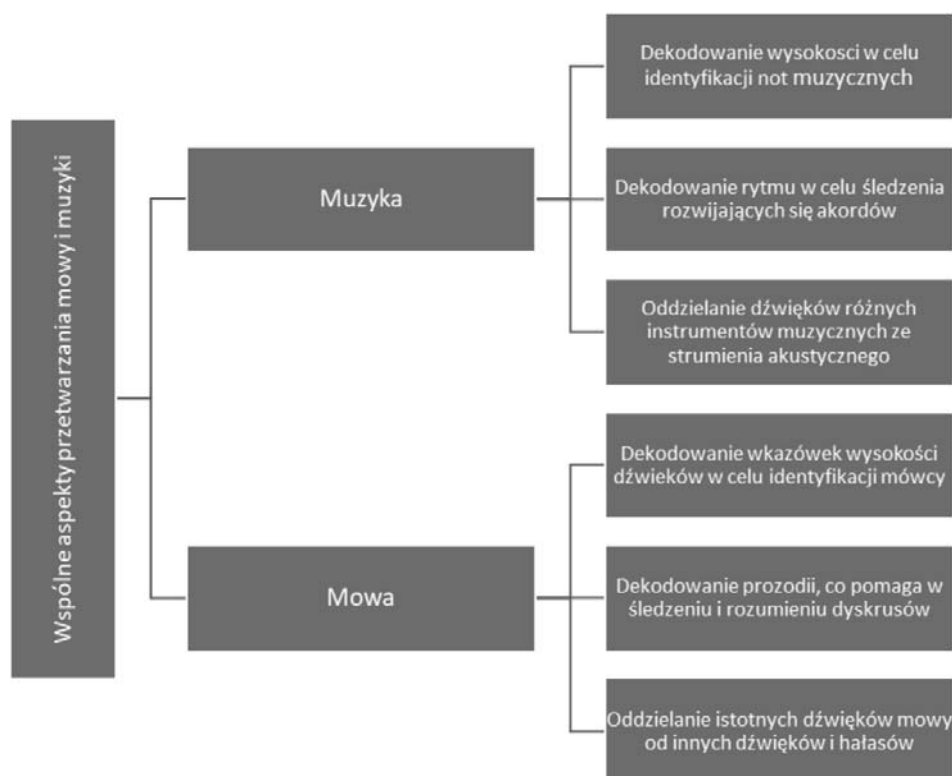
Program treningowy Neuroflow zawiera bogaty, dostosowany do różnych grup wiekowych materiał dźwiękowy, a ćwiczenia rozumienia mowy przeprowadzane są w obecności różnych bodźców zagłuszających – od przyjemnych (np.

śpiew ptaków), poprzez tzw. multitalker babble), aż do denerwujących (np. dźwięk elektrycznej szczoteczki do zębów, odkurzacza). Po wysłuchaniu tekstu dzieci odpowiadają na pytania związane z wysłuchanym tekstem, które mobilizują je do uważnego słuchania i aktywnego zapamiętywania treści. Ćwiczenia usprawniają również procesy językowe – poszerzają wiedzę leksykalną i syntaktyczną oraz doskonałą sprawność narracyjną. Trening zawiera również moduł fonologiczny, którego celem jest poszerzenie kompetencji językowych, usprawnienie pamięci słuchowej, wzmocnienie pamięci sekwencyjnej. Po zakończeniu treningu Neuroflow następuje poprawa wyników w nauce, szczególnie w zakresie nabywania umiejętności czytania i pisania, pisania ze słuchu, uczenia się drogą słuchową (Francois i in. 2013).

Sesje treningowe odbywają się 3 razy w tygodniu, każda z nich trwa ok. 20–25 min. W dniach, kiedy dziecko nie wykonuje sesji słuchowych, realizuje ćwiczenia utrwalające schemat ciała, orientację w przestrzeni, ćwiczenia równoważne, koordynacji słuchowo-wzrokowo-ruchowej oraz ćwiczenia ruchowe połączone ze stymulacją wyższych funkcji słuchowych. Charakterystyczną cechą Treningu Słuchowego Neuroflow jest aktywny udział opiekunów dziecka w czasie terapii. Rodzic w trakcie treningu wspiera i motywuje dziecko do ćwiczeń. Wspólne zajęcia dostarczają dziecku psychicznych i społecznych warunków do rozwoju mowy, wzorców słuchowych oraz bodźców do mówienia. Obecnie trwają badania na temat efektywności Aktywnego Treningu Słuchowego Neuroflow w różnych grupach klinicznych.

## Trening muzyczny w odniesieniu do mowy

W terapii zaburzeń przetwarzania słuchowego często wykorzystuje się również trening muzyczny. Przetwarzanie dźwięków muzyki i mowy wykorzystuje podobne procesy zmysłowe i wstępujące, takie jak dekodowanie wysokości dźwięku, dekodowanie rytmu, rozróżnianie strumieni akustycznych, a także podobne procesy zstępujące – rozpoznawanie składni, utrzymywanie w pamięci roboczej i manipulowanie jednostkami, selektywne skupianie uwagi na określonych bodźcach i pomijanie bodźców nieistotnych. Badania wskazują, że muzycy (zawodowi muzycy, ale także osoby grające na instrumentach czy uczniowie szkół muzycznych) mają lepsze zdolności rozumienia mowy w szumie niż osoby, które nie są muzykami. Badania potwierdzają również, że udział w treningu muzycznym poprawia zdolności rozumienia mowy w szumie u dzieci (Francois i in. 2013).



Rysunek 2. Wspólne aspekty przetwarzania mowy i muzyki

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rawool 2015: 227.

## Poprawa środowiska akustycznego

Niekorzystne warunki akustyczne mogą negatywnie wpływać na zdolności językowe, które niezbędne są do skutecznego uczenia się (np. zdolności podtrzymywania uwagi). Niesprzyjające środowisko akustyczne panujące w niektórych salach lekcyjnych, w tym duży pogłos, mają również negatywny wpływ na rozwój funkcji słuchowo-językowych, istotnych w procesie nabywania umiejętności czytania i pisania. Dzieci w wieku wczesnoszkolnym są szczególnie wrażliwe na hałas, natomiast poziom hałasu w szkole jest zwykle dość wysoki – średni poziom hałasu w klasach może nawet o 37 dBA przekraczać rekomendowane zalecenia. Pomiary poziomy hałasu przeprowadzone w polskich szkołach wskazują, że w wielu przypadkach poziom hałasu przekracza dopuszczalne normy, szczególnie podczas przerw oraz zajęć wychowania fizycznego (Koszarny, Goryński 1990,

Wilczyńska i in. 2012). Co więcej, zdolność rozumienia mowy w szumie na poziomie równym osobom dorosłym dzieci osiągają dopiero mniej więcej w okresie adolescencji. Z tego powodu młodsze dzieci (w wieku wczesnoszkolnym) są bardziej narażone na trudności w nauce związane z wysokim poziomem SNR w salach lekcyjnych. Badania wykazują, że dzieci uczące się w klasach o dużym pogłosie akustycznym osiągają słabsze wyniki w testach fonologicznych, w porównaniu z dziećmi, które uczą się w klasach o dobrych warunkach akustycznych (Rawool 2015).

Aby zapewnić maksymalny dostęp do informacji przekazywanych drogą słuchową, hałas i pogłos w salach lekcyjnych powinny być zminimalizowane. W tym celu najczęściej stosuje się: materiały absorbujące fale dźwiękowe w celu wyciszenia pomieszczeń, stosowanie takich urządzeń technicznych (projektory, wentylatory), które generują możliwie najniższy poziom szumu, a także szkolenia nauczycieli i personelu szkolnego na temat szkodliwości nadmiernego hałasu (Chermak, Musiek 2013).

## Urządzenia wzmacniające sygnały akustyczne

Dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego ma trudności z rozumieniem mowy w hałasie lub kiedy osoba mówiąca znajduje się w znacznej odległości. Dziecko, które słabo słyszy i słabo rozumie nauczyciela, a dodatkowo ma deficyty funkcji słuchowych, może osiągać słabsze wyniki w nauce. Z tego powodu Amerykańskie Towarzystwo Mowy, Języka i Słuchu (ASHA) rekomenduje stosowanie urządzeń wspomagających słyszenie jako jednego z elementów terapii CAPD. Systemy FM, poprzez poprawę stosunku sygnału do szumu umożliwiają łatwiejszy dostęp do informacji przekazywanych drogą słuchową, ułatwiają naukę aktywnego słuchania i wydłużają czas skupienia uwagi na głosie nauczyciela, co z kolei pozytywnie wpływa na osiągnięcia edukacyjne uczniów. Korzystanie z systemów FM może także wpływać na poprawę stanu psychicznego i emocjonalnego pacjentów (ASHA 2005).

Systemy FM stosowane w wolnym polu składają się z mikrofonu umieszczonego przy ustach osoby mówiącej (nauczyciela) oraz kilku głośników umieszczonych w różnych miejscach sali lekcyjnej. Sygnał akustyczny jest wzmacniany, niezależnie od pozycji nauczyciela względem ucznia. Stosowanie systemów FM ułatwia uczniom usłyszenie i zrozumienie komunikatów przekazywanych przez nauczyciela. Ograniczeniem tego rodzaju systemów jest fakt, że wzmacniają one dźwięku w całej klasie, przez co dla niektórych uczniów głośność sygnału akustycznego może przekroczyć poziom komfortowego słyszenia (Rawool 2015).

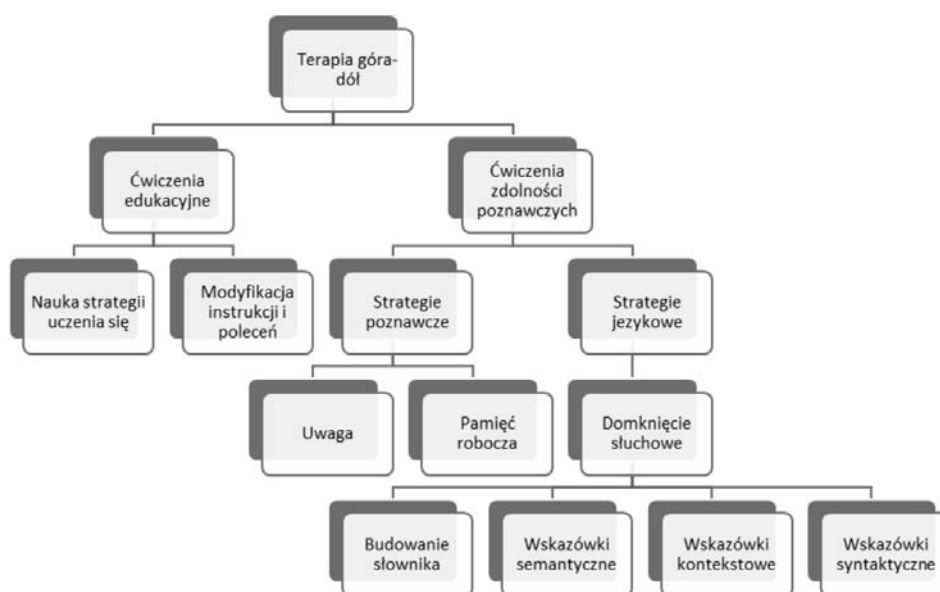
Częściej stosowanym rodzajem urządzeń wzmacniających dźwięki są osobiste systemy FM, w których dźwięk z mikrofonu przekazywany jest bezpośrednio do słuchawki umieszczonej przy uchu ucznia. Stosowanie indywidualnych systemów FM ma udowodnioną skuteczność u dzieci w różnym wieku, o różnym stopniu niedosłuchu (Schmidtke i in. 2005), u dzieci z zaburzeniami uwagi (Ubdike 2006), a także u użytkowników implantów ślimakowych (Iglehart 2004). Dzięki systemom FM możliwe jest uzyskanie korzyści rzędu średnio +15 dB SNR (poziom sygnału względem szumu poprawia się o około 15 dB). U dzieci z dysleksją podczas stosowania systemów FM zaobserwowano poprawę zdolności fonologicznych oraz umiejętności czytania. Badania wskazują również, że po długotrwałym stosowaniu systemów FM następuje trwała poprawa zdolności percepcji mowy, która utrzymuje się również po zaprzestaniu korzystania z systemów FM (Rawool 2015). Friedrichs i inni (2005) oceniali skuteczność systemów FM u dzieci z CAPD, trudnościami w uczeniu się i zaburzeniami uwagi. Wykonywali oni badania psychoakustyczne (testy dyskryminacji częstotliwości i intensywności dźwięku oraz wykrywania przerwy w szumie), elektrofizjologiczne (potencjały późnolatencyjne) oraz ankietowe. Autorzy wykazali, że długotrwałe stosowanie systemów FM (około 1 roku) powoduje powstanie istotnych zmian w amplitudzie odpowiedzi AERP. Z kolei w badaniach ankietowych wykazano istotną poprawę w zakresie funkcji słuchowych, uwagi, a także funkcjonowania szkolnego i społecznego.

Jedną ze strategii ułatwiania dostępu do przekazów akustycznych jest również stosowanie tzw. „czystej mowy” (BSA 2011, Rawool 2016). Termin „czysta mowa” (ang. *clear speech*) oznacza głośne, wolne i dokładne wymawianie słów i zdań, z uwzględnieniem wszystkich fonemów, podkreśleniem pauz i akcentów w każdym słowie. Celem stosowania czystej mowy jest zminimalizowane zlewania się słów oraz wydłużenie czasu potrzebnego na percepcję i przetworzenie sygnału akustycznego („czysta mowa” jest wolniejsza). Badania wskazują, że stosowanie w terapii „czystej mowy” poprawia zdolności rozumienia mowy w hałasie u dzieci z trudnościami w uczeniu się (Bradlow i in. 2003). Ułatwienie dostępu do komunikatów przekazywanych drogą słuchową prowadzi do poprawy zdolności nabywania umiejętności czytania i pisania oraz uczenia się.

## Terapia typu góra-dół

Ośrodkowy układ słuchowy jest rozległy i nakłada się z obszarami innych funkcji zmysłowych, poznawczych, funkcji wykonawczych i motorycznych. Funkcje słuchowe są powiązane z szeregiem innych wyższych funkcji, takich jak: świadomość fonologiczna, uwaga i pamięć, analiza i synteza słuchowa, rozumienie

i interpretacja zdarzeń akustycznych, przetwarzanie językowe, planowanie motoryczne. Liczne badania wskazują, że ćwiczenia ukierunkowane na poprawę zdolności językowych i poznawczych powoduje jednocześnie poprawę przetwarzania bodźców akustycznych (BSA 2011, Rawool 2015). W terapii wskazane jest więc stosowanie dopasowania ćwiczeń według reguły „góra-dół” co zostało zobrazowane na rycinie poniżej.



Rysunek 3. Sposoby terapii góra-dół

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rawool 2015: 227.

W treningu typu góra-dół stosowane są ćwiczenia, których celem jest poprawa uwagi, pamięci roboczej, domknięcia słuchowego. Uwaga słuchowa i czujność słuchowa odnoszą się do zdolności skierowania uwagi na istotne bodźce słuchowe oraz utrzymania jej przez dłuższy czas. Dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego, ze względu na deficyty funkcji słuchowych, mają trudności z utrzymaniem uwagi na dłuższych wypowiedziach. Uwaga słuchowa ma również duże znaczenie w czasie treningu słuchowego – umiejętność utrzymania uwagi w czasie ćwiczeń słuchowych poprawia efektywność terapii – na przykład badania wskazują, że dzieci z dysleksją uzyskują lepsze wyniki w treningu pisania, jeśli wcześniej ukończyły około 10-tygodniowy trening skierowany na poprawę koncentracji uwagi (Chenault i in. 2006).

Pamięć robocza to umiejętność przechowywania informacji i manipulowania nimi. Głównym elementem związanym z pamięcią roboczą są funkcje wykonaw-



cze, które między innymi integrują informacje wzrokowe, słuchowe, motoryczne oraz ułatwiają manipulowanie nimi. Pamięć robocza jest ściśle związana z rozumieniem mowy w hałasie – osoby, które mają lepszą pamięć roboczą, uzyskują lepsze wyniki w testach rozumienia mowy w szumie, niż osoby ze słabszą pamięcią roboczą (Gatehouse i in. 2003). U dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego deficyty słuchowe mogą wpływać na osłabienie pamięci roboczej, co z kolei może prowadzić do trudności językowych i trudności z czytaniem i uczeniem się. Zaburzenia pamięci roboczej mogą dotyczyć nawet 73,4% dzieci z CAPD (Yathiraj i Maggu 2013). Odpowiedni trening może przynieść poprawę pamięci roboczej zarówno u dzieci w wieku przedszkolnym (Lohaugen i Austeng 2013, Grunewaldt i in. 2013), jak i u młodzieży (Lohaugen i in. 2011).

Zdolność domknięcia słuchowego odnosi się do umiejętności uzupełnienia brakujących lub niedokładnie usłyszanych elementów w wypowiedzi, poprzez użycie dostępnych środków – wskazówek kontekstowych, syntaktycznych i semantycznych. Jednym z kluczowych elementów usprawniających zdolności domknięcia słuchowego jest trening zdolności językowych, skierowany głównie na budowanie słownika czynnego i biernego (Rawool 2015). Istotnymi elementami są: ekspozycja na nowe słowa w różnych kontekstach, wraz z tłumaczeniem ich znaczenia, czytanie krótkich historyjek, opowiadań, wierszyków, zadawanie pytań i zagadek dotyczących znanych i nieznanego dziecku słów, stwarzanie okazji do użycia nowo poznanych słów w różnych sytuacjach. Ważna jest również nauka strategii nabywania nowych słów (nauka samodzielnego odnajdowania znaczenia danych słów, nauka korzystania ze wskazówek kontekstowych i sytuacyjnych). Większość aktywności mających na celu poprawę zdolności domknięcia słuchowego zakłada ćwiczenia praktyczne w uzupełnianiu brakujących informacji w zdaniach (fonemów, sylab, słów, części zdań lub całych wyrażen) (BSA 2011; Chermak i Musiek 2013; Rawool 2015).

## Podsumowanie

W ostatnich latach coraz intensywniej rozwijają się badania dotyczące diagnozy zaburzeń przetwarzania słuchowego oraz skutecznych form i narzędzi terapii CAPD. Najlepszą formą terapii, niezależnie od przyczyny i profilu klinicznego centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego, jest trening słuchowy, ukierunkowany na konkretne deficyty i trudności obserwowane u pacjentów. Dużą popularnością cieszą się narzędzia wykorzystujące programy komputerowe, których forma zachęca do aktywnego udziału w ćwiczeniach, motywuje do regularnego uczestniczenia w treningu oraz pozwala kontrolować postępy i dostosowywać poziom trudności do indywidualnych możliwości dziecka.

Po zapoznaniu się z literaturą dotyczącą diagnozy i terapii zaburzeń przetwarzania słuchowego, a także na podstawie wniosków praktycznych Autorów (dyskusje, spotkania z pacjentami, obserwacje) warto podkreślić, że konieczne jest przeprowadzenie badań na reprezentatywnej grupie, potwierdzających (bądź nie) skuteczność poszczególnych metod terapii, coraz bardziej popularnych w naszym kraju. W związku z charakterem zaburzeń przetwarzania słuchowego, diagnoza CAPD dla celów edukacyjnych powinna być dynamiczna. Jeżeli zastosowana terapia przynosi poprawę funkcji słuchowych oraz zdolności językowych i/lub poznawczych, to należy tak modyfikować środowisko edukacyjne i pomoc, aby były jak najbardziej dostosowane do aktualnych potrzeb i możliwości dziecka. Im wcześniej rozpocznie się terapię (etap przedszkolny i wczesnoszkolny), tym większa jest szansa na to, że dziecko będzie dobrze funkcjonować w środowisku szkolnym i będzie osiągać sukcesy edukacyjne.

Niniejszy artykuł jest ostatnim z trzech, przybliżających problematykę związaną z centralnymi zaburzeniami przetwarzania słuchowego u dzieci. Poprzednie artykuły poruszały zagadnienia z zakresu możliwości skutecznego wsparcia edukacyjnego dla dzieci z diagnozą centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego oraz konieczności dostosowania przepisów prawa dotyczącego organizacji specjalistycznej pomocy dla uczniów z CAPD w formie kształcenia specjalnego lub w ramach zespołów pomocy psychologiczno-pedagogicznej. Celem niniejszej pracy było omówienie możliwości terapii centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego, ze szczególnym wskazaniem na trening słuchowy i jego efekty u pacjentów z deficytami wyższych funkcji słuchowych.

## Bibliografia

- Agnew Ja, Dorn C., Eden G.F. (2004), *Effect of intensive training on auditory processing and reading skills*, *Brain and Language*, np. 88(1), 21–25.
- ASHA (2005), *Central Auditory Processing Disorders. Technical Report*, <http://asha.org/>.
- Bamiou D.E., Musiek F.E., Luxon L.M. (2001), *Etiology and clinical presentations of auditory processing disorders – a review*, *Archives of Disease in Childhood*, 85, 361–365.
- Borowiecka R., Rychetsky K. (2018), *Indywidualna Stymulacja Słuchu dr K. Johansena IAS w terapii dzieci z centralnymi zaburzeniami przetwarzania bodźców słuchowych*, [cwro.edu.pl/public/.../File/.../Renata-Borowiecka-i-Katarzyna-Rychetsky-link-21.docx](http://cwro.edu.pl/public/.../File/.../Renata-Borowiecka-i-Katarzyna-Rychetsky-link-21.docx) [dostęp: 19.09.2018].
- Bradlow A.R., Kraus N., Hayes E. (2003), *Speaking clearly for children with learning disabilities: Sentence perception in noise*, *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 46(1), 80–97.
- Bratzke D., Seifried T., Ulrich R. (2012), *Perceptual learning in temporal discrimination: Assymmetric cross-modal transfer from audition to vision*, *Experimental Brain Research*, 221(2), 205–210.
- BSA (2011), *Practice Guidance, An overview of current management of auditory processing disorder (APD)*, [http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA\\_APD\\_Management\\_1Aug11\\_FINAL\\_amended17Oct11.pdf](http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_Management_1Aug11_FINAL_amended17Oct11.pdf).

- Chenault B., Thomson J., Abbott R.D. (2006), *Effects of prior attention training on child dyslexics response to composition instruction*, *Developmental Neuropsychology*, 29(1), 243–260.
- Chermak G., Musiek F. (1997), *Central auditory processing disorders: New perspectives*, Singular, San Diego.
- Chermak G.D., Musiek F.E. (2013), *Auditory Training in: Handbook of Central Auditory Processing*, *Comprehensive Intervention*, vol. 2. Plural Publishing Inc., San Diego.
- Deppeler J.M., Taranto A.M., Bench J. (2004), *Language and auditory processing changes following FastForWord*, *Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 26(2), 94–109.
- Drennan W.R., Watson C.S. (2001), *Sources of variation in profile analysis: Individual differences and extended training*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 110(5), 2491–2497.
- Dupoux E., Green K. (1997), *Perceptual adjustment to highly compressed speech: Effects of talker and rate changes*, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(3), 914–927.
- Fitzgerald M.B., Wright B.A. (2011), *Perceptual learning and generalization resulting from training on an amplitude-modulation detection task*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 129(2), 898–906.
- Francois C., Chobert J., Besson M. (2013), *Music training for the development of speech segmentation*, *Cerebral Cortex*, 23(9), 2038–2043.
- Friederichs E., Friederichs P. (2005), *Electrophysiologic and psycho-acoustic findings following one-year application of a personal ear-level device in children with attention deficit and suspected central auditory processing disorder*, *Journal of Educational Audiology*, 12, 31–36.
- Fuente A., McPherson B. (2007), *Ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego: wprowadzenie i opis testów możliwych do zastosowania u pacjentów polskojęzycznych*, *Otorynolaryngologia*, 6(2), 66–76.
- Gatehouse S., Naylor G., Elberling C. (2003), *Benefits from hearing aids in relation to the interaction between user and the environment*, *International Journal of Audiology*, 42(1), 577–585.
- Grunewaldt K.H., Lohaugen G.C., Austeng D. (2013), *Working memory training improves cognitive function in VLBW preschoolers*, *Pediatrics*, 131(3), 747–754.
- Guiraud H., Ferrange E., Bedoin N., Boulenger V. (2013), *Adaptation to natural fast speech and time-compressed speech in children*, *Interspeech*, 1, 1370–1374.
- Halliday L.F., Taylor Ji, Edmondson-Jones A.M., Moore D.R. (2008), *Frequency discrimination learning in children*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(6), 4393–4402.
- <http://www.johansen-ias.pl> [dostęp: 18.08.2018].
- <https://neuroflow.pl> [dostęp: 18.08.2018].
- <https://www.tomatis.com/pl> [dostęp: 18.08.2018].
- Hurley A., Davis D. (2011), *Constrain induced auditory therapy (CIAT): A dichotic listening auditory therapy*, Auditec, St Louis.
- Iglehart F. (2004), *Speech perception by students with cochlear implants using sound-field systems in classrooms*, *American Journal of Audiology*, 49(12), 928–932.
- Jones P.R., Moore D.R., Amitay S., Shub D.E. (2013), *Reduction of internal noise in auditory perceptual learning*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 133(2), 970–981.
- Karmarkar U.R., Buonomano D.V. (2013), *Temporal specificity of perceptual learning in an auditory discrimination task*, *Learning and Memory*, 10(2), 141–147.

- Koszarny Z., Goryński P. (1990), *Narażenie uczniów i nauczycieli na hałas w szkole*, Rocznik PZH, 5–6, 12–15.
- Krasowicz-Kupis G. (2012), *SLI i inne zaburzenia językowe*, GWP, Sopot.
- Kraus N., McGee T., Carrell T.D., King C., Tremblay K., Nicol T. (1995), *Central auditory system plasticity associated with speech discrimination training*, *Journal Cognition Neuroscience*, 7(1), 25–32.
- Kraus N., Chandrasekaran B. (2010), *Music training for the development of auditory skills*, *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 599–605.
- Lengeris A., Hazan V. (2010), *The effect of native vowel processing ability and frequency discrimination acuity on the phonetic training of English vowels for native speakers of Greek*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 128(6), 3757–3768.
- Lively S.E., Logan J.S., Pisoni D.B. (1993), *Training Japanese listeners to identify English 'r' and 'l'. The role of phonetic environment and talker variability in learning new perceptual categories*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 94(3,1), 1242–1255.
- Loeb D.F., Gillam R.B., Hoffman L. i in. (2009), *The Effects of FastForWord-Language on the Phonemic Awareness and Reading Skills of School-Age Children with Language Impairments and Poor Reading Skills*, *American Journal of Speech-Language Pathology*; 18(4), 376–387.
- Lohaugen G.C., Antonsen I., Halberg A. (2011), *Computerized working memory training improves function in adolescents born at extremely low birth weight*, *Journal of Pediatrics*, 158(4), 555–561.
- Loo J.H.Y., Bamio D., Campbell N., Luxon L.M. (2010), *Is Computer-based Auditory Training (CBAT) of benefit for children with language, learning and reading difficulties and potentially children with auditory processing disorder?*, *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(8), 708–717.
- Mahncke H.W., Connor B.B., Appelman J. (2006), *Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: A randomized, controlled study*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(33), 12523–12528.
- Malak R., Mojs E., Ziarko M., Wieche K., Sudoł K., Szamborski W. (2017), *The role of Tomatis sound therapy in the treatment of difficulties of reading in children with developmental dyslexia*, *Journal of Cognitive Psychology*, 2(1), 17–20.
- Miller C.A., Uhring E.A., Brown J.J.C., (2005), *Case studies of auditory training for children with auditory processing difficulties: A preliminary analysis*, *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, 32, 93–107.
- Millward K.E., Hall R.L., Ferguson M.A., Moore D. (2011), *Training speech-in-noise perception in mainstream school children*, *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 75(11), 1408–1417.
- Moncrieff D.W., Wertz D. (2008), *Auditory rehabilitation for interaural asymmetry: Preliminary evidence of improved dichotic listening performance following intensive training*, *International Journal of Audiology*, 47(2), 84–97.
- Moore D., Rosenberg J.F., Coleman J.S. (2005), *Discrimination training of the phonemic contrasts enhances phonological processing in mainstream school children*, *Brain and Language*, 94(1), 72–85.

- Mularzuk M., Czajka N., Ratyńska J., Szkiełkowska A. (2012), *Analiza wyników testu uwagi i lateralizacji słuchowej uczniów poddanych terapii za pomocą metody Tomatisa*, *Nowa Audiofonologia*, 1(3), 67–73.
- Musiek F.E., Baran J.A., Shinn J. (2004), *Assessment and remediation of an auditory processing disorder associated with head trauma*, *Journal of the American Academy of Audiology*, 15(2), 117–132.
- Musiek F.E., Chermak G.D. (2013), *Handbook of Central Auditory Processing Disorder*, *Auditory Neuroscience and Diagnosis*, vol. 1, Plural Publishing Inc., San Diego.
- Pokorni J.L., Worthington C.K., Jamison P.J. (2004), *Phonological awareness intervention: Comparison of Fast For Word, Earobics, and LiPS*, *Journal of Educational Research*, 97(3), 147–157.
- Rawool V.W. (2015), *Auditory Processing Deficits: Assessment and Intervention*, Stuttgart: Thieme, New York, Stuttgart.
- Ross-Swain D. (2007), *The effects of auditory stimulation on auditory processing disorder. A summary of the findings*, *International Journal of Listening*, 21(2), 140–155.
- Roth D.A., Oshon-Rabin L., Hildesheimer M. (2005), *A latent consolidation phase in auditory identification learning: Time in the awake state is sufficient*, *Learning and Memory*, 12(2), 159–164.
- Schacht E., Musiek F.E., Alonso R., Ogata J. (2010), *Effect of auditory training on the middle latency response in children with (central) auditory processing disorder*, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 43(8), 777–785.
- Schaffler T., Sonntag J., Hartnegg K., Fischer B. (2004), *The effect of practice on low-level auditory discrimination, phonological skills, and spelling in dyslexia*, *Dyslexia*, 10(2), 119–130.
- Schmidtke Flynn T., Flynn M.C., Gregory M. (2005), *The FM Advantage in Real Classroom*, *Journal of Educational Audiology*, 12, 37–44.
- Schneider B.A., Pichora-Fuller M.K., Kowalchuk D., Lamb M. (1994), *Gap detection and the precedence effect in young and old adults*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 980–991.
- Senderski A., Iwanicka-Pronicka K., Majak J., Walkowiak M., Dajos K. (2016), *Wartości normatywne przesiewowych testów wyższych funkcji słuchowych platformy diagnostyczno-terapeutycznej APD-Medical*, *Otorynolaryngologia*, 15(2), 99–106.
- Strenziok M., Parasuraman R., Clarke E. (2014), *Neurocognitive enhancement in older adults: Comparison of three cognitive training tasks to test a hypothesis of training transfer in brain connectivity*, *Neuroimage*, 85(3), 1027–1039.
- Thibodeau L.M. (2007), *Computer-based training (CBAT) for (Central) auditory processing disorders* [w:] G.D. Chermak, F.E. Musiek (red.), *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder*, *Comprehensive Intervention*, vol. 2, Plural Publishing Inc., San Diego.
- Tremblay K., Kraus N., McGee T., Ponton C., Otis B. (2001), *Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training*, *Ear Hear*, 22(2), 79–90.
- Updike C.D. (2006), *The use of FM Systems for children with Attention Deficit Disorder*, *Journal of Educational Audiology*, 13, 7–14.
- Werker J.F., Tees R.C. (1984), *Phonemic and phonetic factors in adult cross-language speech perception*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 75(6), 1866–1878.

- Wilczyńska I., Paciej J., Hudzik G. (2012), *Ocena narażenia na hałas uczniów i nauczycieli klas I-III szkół podstawowych na przykładzie województwa śląskiego*, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 93(4), 888–893.
- Yalcinkaya F., Muluk N.B., Sahin S. (2009), *Effects of listening ability on speaking, writing and reading skills of children who were suspected of auditory processing difficulty*, *International Journal Pediatric Otorhinolaryngology*, 73, 1137–1142.
- Yathiraj A., Maggu A.R. (2013), *Screening Test for Auditory Processing (STAP): A preliminary report*, *Journal of the American Academy of Audiology*, 24(9), 867–878.