

LILIANNA KONOPSKA

Uniwersytet Szczeciński, Instytut Pedagogiki
Katedra Pedagogiki Specjalnej

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9289-4683>

Audiogenne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją (badania przesiewowe)

Audiogenic Determinants of Well-being of Children with Desonorization (Screening Tests)

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki własnych badań nad desonoryzacją w dyslalii dotyczące audiogennych uwarunkowań dobrostanu dzieci z dyslalii i z zaburzeniami w realizacji dźwięczności fonemów obstruentalnych. Materiał badawczy pochodzi od 15 osób w wieku od 7 do 18 lat. U wszystkich wykonano przesiewowe testy psychoakustyczne w kierunku APD i badania psychologiczne. W wybranych testach psychoakustycznych wyższych funkcji słuchowych dzieci z dyslalii i desonoryzacją osiągają wyniki poniżej wiekowych norm, co wskazuje na potrzebę stosowania odpowiednich treningów słuchowych. Obniżenie wyników w teście GDT stwierdzono u 33% badanych dzieci, w teście DTP u 47%, w teście FTP u 73% i w teście DDT u 100%. W badaniach psychologicznych u dzieci z desonoryzacją stwierdza się deficyty w zakresie modalności pozasłuchowych, dotyczące głównie procesów pamięci i uwagi, co wskazuje na potrzebę stosowania odpowiednich treningów poznawczych. W przypadku zaburzeń desonoryzacyjnych koniecznym warunkiem logopedycznego postępowania diagnostyczno-terapeutycznego jest badanie przesiewowe w kierunku swoistego/nieswoistego APD oraz badania psychologiczne.

Słowa kluczowe: dyslalia, desonoryzacja, dzieci, zaburzenia przetwarzania słuchowego (APD)

SUMMARY

The paper presents the results of my own research on desonorization in dyslalia concerning the audiogenic determinants of the well-being of children with dyslalia and disorders in the realization of the voicing of obstruent phonemes. The research material comes from 15 people aged 7 to

18 years. All patients underwent psychoacoustic screening tests for APD and psychological tests. In selected psychoacoustic tests of higher auditory functions, children with dyslalia and desonorization achieve results below the age norms, which indicates the need for appropriate auditory training. Decreased results in the GDT test were found in 33% of the examined children, in the DTP test in 47%, in the FTP test in 73% and in the DDT test in 100%. Psychological studies of children with desonorization show deficits in the non-auditory modalities, mainly related to memory and attention processes, which indicates the need for appropriate cognitive training. In the case of desonorization disorders, a necessary condition for speech therapy diagnostic and therapeutic treatment is a screening test for specific/non-specific APD and psychological tests.

Key words: dyslalia, desonorization, children, Auditory Processing Disorders (APD)

WSTĘP

Termin *obstruenty* (łac. *obstruens* – zagradzający, zatykający, blokujący) dotyczy klasy spółgłosek, których artykulacja wiąże się z formowanym przez wargi, język oraz zęby zamknięciem i/lub przewężeniem toru głosowego, które może być utworzone przez zwarcie, szczelinę bądź może być połączeniem zwarcia i następowo formowanej szczeliny. Do obstruentów zalicza się dźwięczne i bezdźwięczne spółgłoski zwarto-wybuchowe, zwarto-trące i trące. Artykulacja dźwięcznych spółgłosek obstruentalnych wymaga superpozycji zwarcia i/lub szczeliny oraz drgań fałdów głosowych, wobec tego nie są to dźwięki mowy łatwe realizacyjnie ze względu na aerodynamiczne ograniczenia dźwięczności (ang. *aerodynamic voicingconstraint*, AVC) (Ohala, Riordan 1979; Ohala 1983, 1997). Terminem *desonoryzacja* (łac. *sonorus* – dźwięczny) posługuję się w odniesieniu do nieuwarunkowanych neutralizacją opozycji dźwięczności zniekształceń dźwiękowych realizacji dźwięcznych fonemów obstruentalnych w postaci ich bezdźwięcznych zamiast dźwięcznych realizacji (Konopska 2015). Wcześniejsze własne badania nad desonoryzacją w dyslalii koncentrowały się na analizie i opisie zjawisk logopedycznych w płaszczyźnie artykulacyjnej, akustycznej i audytywnej (Konopska 2015). Kontynuacją przytoczonych badań są obecne dociekania dotyczące przyczyn zaburzeń w realizacji dźwięczności fonemów obstruentalnych, w których poszukuje się odpowiedzi na pytanie: *Jakie są uwarunkowania desonoryzacji w dyslalii?*

W dotychczasowych pracach opublikowano wyniki własnych badań związanych z następującymi szczegółowymi problemami badawczymi: *Jakie są pre-, peri- i wczesne postnatalne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją?* (Konopska 2017); *Jakie są otologiczne i audiologiczne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją?* (Konopska 2018); *Jakie są laryngologiczne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją?* (Konopska 2019); *Jakie są foniatryczne i fonacyjne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją?* (Konopska, Teresińska 2020). Z dotychczasowych własnych wyników

badania dotyczących uwarunkowań dobrostanu dzieci z desonoryzacją wynika, że większość badanych (75%) jest urodzona z ciąży wysokiego ryzyka, a zatem przeważającą część badanej 30-osobowej grupy stanowią dzieci z grupy wysokiego ryzyka, u których w okresie pre- i/lub peri- i/lub wczesnym postnatalnym wystąpiły pojedynczo lub grupowo czynniki zagrażające ich dobrostanowi, w tym prawidłowemu rozwojowi mowy (Konopska 2017). W kolejnych pracach wykazano, że u większości dzieci z desonoryzacją występują nieprawidłowości w obrębie pierścienia Waldeyera, które implikują problemy otologiczne (u 80% badanych stwierdzono nieprawidłowości w obrębie błony bębenkowej dotyczące jej koloru, refleksu świetlnego, położenia i przezierności) i audiologiczne (u 53% badanych w audiometrii impedancyjnej uzyskano dane wskazujące na wysiękowe zapalenie ucha środkowego i/lub dysfunkcję trąbki słuchowej, i także u 53% badanych osób stwierdzono w audiometrii tonalnej obustronny lub jednostronny niedosłuch przewodzeniowy), co wymaga specjalistycznego leczenia (Konopska 2018, 2019). W badaniach foniatryczno-logopedycznych wykazano, że u ponad połowy badanych dzieci z desonoryzacją występują zaburzenia głosu o typie dysfonii, a także nieprawidłowości dotyczące emisji głosu i maksymalnego czasu fonacji (Konopska, Teresińska 2020).

Celem niniejszego doniesienia jest prezentacja wyników badań związanych z następującym szczegółowym problemem badawczym: *Jakie są audiogenne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją? Jakie są wyniki badań przesiewowych przetwarzania słuchowego u dzieci z desonoryzacją w wybranych testach psychoakustycznych?*

Jedną z najważniejszych właściwości ośrodkowego układu nerwowego jest zdolność do przetwarzania złożonych bodźców akustycznych, jakimi są dźwięki mowy, co finalnie umożliwia ich znaczeniową interpretację. W przetwarzanie informacji słuchowej jest zaangażowanych wiele funkcji neuropoznawczych. Niektóre z nich są specyficzne dla przetwarzania sygnałów akustycznych, inne zaś mają bardziej globalny charakter (na przykład uwaga, pamięć). Ośrodkowe przetwarzanie słuchowe (ang. *Central Auditory Processing* – CAP) jest terminem stosowanym do opisanego „what we do with what we hear” (Katz, Tillery 2004, 191). Zgodnie z definicją zespołu ekspertów Amerykańskiego Towarzystwa Mowy, Języka i Słuchu (ang. *American Speech-Language-Hearing Association* – ASHA), sformułowaną w 1994 roku i zmodyfikowaną w 2005 roku, przetwarzanie słuchowe odnosi się do efektywnego i skutecznego wykorzystania informacji słuchowej przez ośrodkowy układ nerwowy, a precyzując – do mechanizmów i procesów słuchowych zachodzących w ośrodkowym układzie nerwowym podczas przetwarzania informacji dźwiękowych oraz aktywności neurobiologicznej, która leży u podstaw tego przetwarzania i wyraża się jako elektrofizjologiczne potencjały słuchowe (ASHA 2005, 2).

Przetwarzanie słuchowe obejmuje grupę mechanizmów i procesów słuchowych będących podstawą takich zdolności i umiejętności (zachowań słuchowych) jak:

- lokalizacja i lateralizacja dźwięku,
- dyskryminacja słuchowa,
- rozpoznawanie cech wzorców słuchowych,
- czasowe aspekty przetwarzania dźwięków, w tym: rozróżnianie i maskowanie czasowe, integracja czasowa, porządkowanie w czasie,
- zdolność rozpoznawania konkurujących sygnałów akustycznych,
- zdolność rozpoznawania zdegradowanego sygnału akustycznego (ASHA 2005).

Według ASHA ośrodkowe zaburzenia przetwarzania słuchowego to deficyty w przetwarzaniu informacji akustycznych, które dotyczą przynajmniej jednej z wymienionych wyższych funkcji słuchowych (ASHA 1996, 2005). Przytoczona definicja jest definicją włączającą i uwzględnia udział czynników „nerwowo-poznawczych zależnych od uwagi oraz bodźców słuchowych” i dotyczy sygnałów słuchowych werbalnych oraz niewerbalnych (Keith 2004, 9). W ogólniejszym ujęciu zaburzenia przetwarzania słuchowego określane są jako niemożność pełnego wykorzystania słyszanego sygnału akustycznego przy prawidłowym jego odbiorze w strukturach obwodowych (Katz 1994 za: Senderski 2002). Brytyjskie Towarzystwo Audiologiczne (British Society of Audiology Steering Group) określa zaburzenia ośrodkowego przetwarzania akustycznego jako „choroby słuchu wynikające z nieprawidłowej czynności mózgu i charakteryzujące się nieprawidłowym różnicowaniem, dyskryminacją, separacją, grupowaniem, lokalizacją i porządkowaniem bodźców niewerbalnych” (Fuente, McPherson 2007, 67). Zaburzenia przetwarzania słuchowego stwierdza się u dzieci i u osób dorosłych, szczególnie starszych. Szacuje się, że zaburzenia przetwarzania słuchowego dotyczą 2–3% dziecięcej populacji i występują dwukrotnie częściej u chłopców niż u dziewcząt (Chermak 2001).

Zaburzenia przetwarzania słuchowego przejawiają się jako trudności w słyszeniu i rozumieniu mowy, zwłaszcza w niekorzystnym akustycznie środowisku¹, a także jako trudności w nabywaniu języka, trudności w uczeniu się. APD stwierdza się często u dzieci z opóźnionym rozwojem mowy, z dyslalią, z dysleksją, z trudnościami w uczeniu się, u dzieci z ADHD, z dysfonią (Arnaut et al. 2011; Attoni et al. 2010; Chermak 2007; Jerger, Musiek 2000; Kurkowski 2013; Szkiełkowska 2012; Szkiełkowska et al. 2004; Szkiełkowska et al. 2009; Wojnowski

¹ Podkreśla się, że zaburzenia ośrodkowych procesów przetwarzania „mogą być trudne do wykrycia w optymalnych warunkach, na przykład podczas oceny rozumienia mowy w cichym otoczeniu. Trudności mogą pojawić się natomiast, gdy dziecko musi rozróżniać dźwięki mowy w obecności hałasu, pogłosu etc.” (Fuente, McPherson 2007, 68).

2012). Z przeprowadzonych dotychczas badań porównawczych dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego z grupami kontrolnymi (na przykład z ADHD, z dziećmi bez zaburzeń rozwojowych) wynika, że dzieci te „mają szczególny problem ze słuchową pamięcią krótkotrwałą, co może być informacją pomocną we wstępnym potwierdzaniu podejrzenia CAPD” (Wojnowski 2012, 313). W grupie charakterystycznych zachowań dzieci z zaburzeniami przetwarzania słuchowego wymienia się:

- niestałość odpowiedzi na bodziec słuchowy (dzieci te często odpowiadają w sposób właściwy, lecz innym razem wydaje się, że nie rozumieją poleceń),
- krótki okres zdolności utrzymania uwagi, męczliwość podczas wykonywania czynności wymagających długotrwałej lub złożonej aktywności podczas słuchowego uczenia się,
- podatność na rozpraszenie przez bodźce dźwiękowe,
- trudności z lokalizacją źródła dźwięku,
- złą tolerancję głośniejszych dźwięków,
- trudności z rozumieniem długich lub skomplikowanych poleceń,
- trudności w zapamiętywaniu krótkich i dłuższych poleceń przekazywanych słownie,
- wolniejszą reakcję na informacje słowne (Keith 2004).

Przyczyny powstawania zaburzeń przetwarzania słuchowego nie są do końca poznane, wyszczególniono jednak trzy główne kategorie przyczynowe, w ramach których mogą działać poszczególne czynniki etiologiczne:

- 65–70% przypadków APD stanowią zaburzenia neuromorfologiczne na poziomie komórkowym w obrębie lewej półkuli i/lub spoidła wielkiego,
- 25–30% przypadków stanowią opóźnienia dojrzewania OUN,
- mniej niż 5% przypadków stanowią zaburzenia neurologiczne, zaburzenia naczyniowo-mózgowe, choroby neurodegeneracyjne i ta kategoria odnosi się głównie do osób dorosłych z nabytą postacią APD (Chermak 2001; Wojnowski 2012).

W grupie czynników etiologicznych zaburzeń przetwarzania słuchowego wymieniane są: wcześniactwo, niska waga urodzeniowa (LBW), hiperbilirubinemia, niezgodność w zakresie czynnika Rh, niedotlenienie okołoporodowe, prenatalna ekspozycja na dym tytoniowy i alkohol, choroby wirusowe matki w okresie ciąży (różyczka, cytomegalia), zaburzenia metaboliczne, toksyczne oddziaływanie metali ciężkich, zaburzenia krążenia mózgowego w chorobie moyamoya, borelioza, zamknięte urazy głowy, epilepsja, zapalenie opon mózgowych, deprivacja słuchu, nawracające zapalenia ucha środkowego, czynniki genetyczne (Bamiou et al. 2001; Chermak 2001, 2007; Sahli 2009; Shapiro 2003; Shapiro, Nakamura 2001).

W diagnostyce zaburzeń przetwarzania słuchowego stosowane są głównie testy behawioralne, które można uporządkować według następujących kategorii:

- testy oceniające rozumienie mowy zniekształconej,
- testy oceniające czasowe aspekty opracowywania informacji słuchowej oraz krótkotrwałą pamięć słuchową,
- testy oceniające integrację i separację międzyszną.

Słuchowe przetwarzanie czasowe można zdefiniować jako percepcję dźwięku lub zmian dźwięku w ograniczonej lub określonej dziedzinie czasu. Przetwarzanie czasowe leży u podstaw większości, jeśli nie wszystkich, zdolności przetwarzania słuchowego (Shinn 2003). Testy oceniające czasowe aspekty opracowywania informacji słuchowej oraz krótkotrwałą pamięć słuchową oceniają takie procesy słuchowe, jak: rozróżnianie częstotliwości i czasu trwania bodźca, konfiguracje czasowe, porządkowanie w czasie, znakowanie lingwistyczne, rozdzielczość czasową (Fuente, McPherson 2007). Testy rozdzielności słuchania należą do grupy testów behawioralnych oceniających integrację i separację międzyszną. Proces integracji obuusznej oznacza „umiejętność połączenia informacji prezentowanej jednocześnie do obu uszu”, natomiast proces separacji oznacza „zdolność słuchacza do skupienia się na informacji podawanej do jednego ucha, przy jednoczesnym ignorowaniu informacji podawanej w tym samym czasie do drugiego ucha” (Fuente, McPherson 2007, 69). Zdolność do separacji i integracji bodźców słuchowych jest określana także jako uwaga selektywna (ukierunkowana) i podzielna (rozproszona).

W celach diagnostycznych testy psychoakustyczne stosowane są u dzieci powyżej 7. roku życia i w większości tych testów normy zbliżone do norm osób dorosłych są osiągnięte około 12. roku życia. Wzrastającą wraz z wiekiem wydajność w testach psychoakustycznych tłumaczy się nie tylko dojrzewaniem ośrodkowego nerwowego układu słuchowego², ale także rozwojem modalności pozasłuchowych – pamięci, uwagi, funkcji językowych – mających istotne znaczenie dla prawidłowego wykonania testów psychoakustycznych. Diagnostowanie APD jest procesem złożonym, albowiem niektóre zaburzenia mogą wykazywać objawy zbliżone do APD (na przykład ADHD, ADD) i dlatego w audiologicznej diagnostyce różnicowej zaburzeń przetwarzania słuchowego uwzględniane są również wyniki innych badań specjalistycznych, na przykład psychologicznych. I chociaż historia badań nad problematyką zaburzeń przetwarzania słuchowego sięga lat pięćdziesiątych XX wieku, to opracowanie obiektywnych parametrów pozwalających na dokładniejsze wydzielenie deficytów „czysto słuchowych” wciąż jest

² Strukturalne dojrzewanie i mielinizacja kory słuchowej (w tym średnicy aksonów i grubości osłonki mielinowej) trwa do okresu dojrzewania, a tempo dojrzewania nie jest takie samo w całym układzie słuchowym. W przypadku włókien ciała modzelowatego łączących dwie półkule mózgowe, których liczba (ponad 200 milionów) jest już ustalona w okresie okołoporodowym, proces ten może trwać nawet do wczesnej dorosłości (Giedd et al. 1999; Luders et al. 2010; Paus et al. 1999).

na zróżnicowanym poziomie opracowań. Sukcesywne stosowanie w ciągu ostatnich 20 lat w diagnostyce APD testów obejmujących emisje otoakustyczne, neuroobrazowanie, techniki elektrofizjologiczne (na przykład słuchowe potencjały wywołane z pnia mózgu, potencjały średnio- i późnolatencyjne, wykrywanie fali P-300 oraz fali niezgodności)³, pomimo występujących czasem trudnych wyborów związanych z interpretacją wyników, pozwoliło na pełniejsze zrozumienie zaburzeń przetwarzania słuchowego (Keith 2004).

MATERIAŁ I METODY

Ze względu na kryterium wieku z 30-osobowej grupy badanych z desonoryzacją do wstępnej oceny procesów przetwarzania słuchowego z zastosowaniem testów psychoakustycznych zakwalifikowano 18 osób powyżej 7. roku życia. Z tej grupy wykluczono dwoje dzieci, u których przedłużał się proces leczenia niedosłuchu przewodzeniowego i jedno dziecko, które po przeprowadzonym leczeniu jednostronnego niedosłuchu przewodzeniowego nie zgłosiło się na kontrolne badanie słuchu fizycznego, którego ocena w każdym przypadku poprzedzała przeprowadzenie testów psychoakustycznych. Prezentowany w tej pracy materiał badawczy zebrano od 15 osób w wieku od 7 do 18,2 lat (średnia wieku 9,4), w tym od 12 płci męskiej i 3 płci żeńskiej. U każdej osoby wykonano badanie proggu słyszenia za pomocą audiometrii tonalnej dla częstotliwości od 250 do 8000 Hz. U wszystkich dzieci próg słyszenia na żadnej z badanych częstotliwości w obu uszach nie przekraczał 20 dB HL i u wszystkich stwierdzono tympanogram typu A. Do wstępnej oceny ośrodkowych procesów przetwarzania słuchowego zastosowano cztery dostępne testy opracowane w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu w Warszawie na podstawie oryginalnych testów amerykańskich (Senderski 2007)⁴. Należą do nich: test wykrywania przerw (ang. *Gap Detection Test* – GDT), test sekwencji długości (ang. *Duration Pattern Test* – DPT), test sekwencji częstotliwości (ang. *Frequency Pattern Test* – FPT), test rozdzielności cyfrowy (ang. *Dichotic digits test* – DDT).

Test wykrywania przerw (GDP) polega na prezentacji 30 krótkich szumów z interwałami ciszy o długości od 1 ms do 50 ms. W teście znajdują się również ścieżki bez przerwy w szumie, które pomagają weryfikować prawidłowość odpowiedzi. Test wykonuje się oddzielnie dla każdego ucha. Zadaniem badanego jest określenie (sygnalizacja na przykład przez podniesienie ręki), czy słyszy przerwę w sygnale. Wynik końcowy testu – najkrótsza wykryta przerwa (minimum 2 z 3)

³ Szczegółowy opis wymienionych testów znajduje się między innymi w pracy R. Keitha (2004).

⁴ Wymienione testy pochodzą z baterii testów programu APD (Auditory Processing Disorder) autorstwa McPherson'a, Skarżyńskiego, Senderskiego i Kochanka.

o tym samym interwale ciszy – jest obliczany oddzielnie dla każdego ucha. Za prawidłowy obuuszny wynik uznaje się wykrycie w sygnale szumowym przerw o interwale do 5 ms (Senderski 2007). Najkrótszy interwał ciszy, który potrafi odebrać ludzkie ucho trwa 2–3 ms (Penner 1977).

Test sekwencji długości (DPT) polega na prezentacji 30 sekwencji trzech tonów o częstotliwości 1 kHz różniących się czasem trwania (długością). Ton krótki trwa 250 ms, ton długi 500 ms, natomiast interwał ciszy pomiędzy tonami wynosi 300 ms. W każdej z trzydziestu sekwencji występują zmieniające się układy dwóch tonów krótkich (K) i jednego długiego (D) lub dwóch tonów długich i jednego krótkiego, które ułożone są w całym teście w sześciu możliwych kombinacjach⁵. Zadaniem badanego jest określenie długości tonów według ich kolejności występowania w każdej zaprezentowanej sekwencji. Odpowiedzi niezgodne z kolejnością, długością i liczbą nadanych tonów są uznawane za nieprawidłowe. Wynik końcowy badania, obliczony na podstawie liczby udzielonych prawidłowych odpowiedzi w stosunku do liczby nadanych sekwencji, jest wyrażony w procentach.

Test sekwencji częstotliwości (FPT) polega na prezentacji 30 sekwencji trzech tonów różniących się wysokością w zakresie dwóch częstotliwości. Częstotliwość tonu wysokiego wynosi 1122 Hz, natomiast tonu niskiego 880 Hz. Czas trwania każdego tonu wynosi 200 ms, czas narastania/opadania 10 ms (ang. *rise fall time*), natomiast interwał ciszy między tonami wynosi 150 ms⁶. W każdej z trzydziestu sekwencji występują zmieniające się układy dwóch tonów niskich (N) i jednego wysokiego (W) lub dwóch tonów wysokich i jednego niskiego, ułożone w całym teście w sześciu możliwych kombinacjach: WWN, NNW, NWN, WNW, NWW, WNW. Po każdej z trzech sekwencji tonów przewidziany jest czas na odpowiedź (z reguły jest to 5–7 sekund), który zgodnie z zaleceniami powinien być wydłużony (zatrzymanie odtwarzania płyty CD), jeżeli jest to potrzebne osobie badanej. Zadaniem badanego jest określenie wysokości tonów według ich kolejności występowania w każdej zaprezentowanej sekwencji. Odpowiedzi niezgodne z kolejnością, wysokością i liczbą nadanych tonów są uznawane za nieprawidłowe. Wynik końcowy badania obliczony na podstawie liczby udzielonych prawidłowych odpowiedzi w stosunku do liczby nadanych sekwencji jest wyrażony w procentach (Musiek 1994, 2002)⁷.

Na zdolność porządkowania czasowego duży wpływ ma liczba bodźców, sposób prezentacji sekwencji, rodzaj wymaganej odpowiedzi, doświadczenie (Shin 2003). W teście sekwencji częstotliwości, podobnie jak w teście sekwencji

⁵ Autorami tego testu są Musiek, Baran i Pinheiro (1990).

⁶ Średni czas trwania tonu niezbędny do prawidłowej oceny jego wysokości wynosi około 40 ms.

⁷ Wersję eksperymentalną tego testu opracowali Pinheiro i Ptacek w 1970 roku (Musiek 2002).

długości, jako zasadniczy tryb odpowiedzi przyjmuje się etykietowanie werbalne, które w przypadku określeń wysoki – niski lub krótki – długi w odniesieniu do tonów może być trudne poznawczo, zwłaszcza dla najmłodszych dzieci. Dopuszcza się zatem nucenie wzoru lub wskazywanie wysokich i niskich, czy też długich i krótkich wskaźników wizualnych prezentowanych audytywnie sekwencji (Musiek 2001). Balen i współpracownicy (2019) wykazali, że nucenie sekwencji częstotliwości dawało znacząco lepsze wyniki u tego samego dziecka niż ich słowne określanie, a w przypadku starszych dzieci osiągnięto efekt sufitu⁸. Autorzy pracy stwierdzają, że w ramach określonej procedury badawczej wyników uzyskanych z nucenia sekwencji częstotliwości (FTP), wskazywania wzorów sekwencji (DPT) nie powinno się łączyć ani zastępować wynikami uzyskanymi poprzez znakowanie lingwistyczne (Balen et al. 2019). W badaniach własnych jako tryb odpowiedzi w testach DPT i FTP stosowano etykietowanie werbalne.

Test rozdzielności cyfrowy (DDT) należy do grupy testów dychotycznych i został opracowany na podstawie testu Dichotic Digits (Musiek 1983)⁹. Test ten polega na jednoczesnej prezentacji do obu uszu w 20 próbach sekwencji dwóch par cyfr, każdorazowo różnych dla prawego i lewego ucha, oddzielonych 100-milisekundowym interwałem ciszy. W każdej próbie podawane są łącznie 4 cyfry (w wersji polskojęzycznej od 1 do 10) po dwie do każdego ucha. Ogółem w 20 próbach liczba cyfr prezentowanych do jednego ucha wynosi 40, a łącznie do obojga uszu 80. Test przeprowadza się w słuchawkach w trzech warunkach uwagi: uwagi rozproszonej (ang. *free recall*), uwagi ukierunkowanej na prawe ucho (ang. *directed right*) i uwagi ukierunkowanej na lewe ucho (ang. *directed left*). W teście dla uwagi rozproszonej zadaniem badanego jest uważne słuchanie sygnałów podawanych do obu uszu i powtórzenie wszystkich cyfr, które usłyszy, także tych, co do których nie ma pewności. Różnica procentowa między uchem prawym a lewym pozwala ustalić przewagę ucha¹⁰ (ang. *ear advantage* – EA) dla materiału werbalnego (RE–LE = EA). Wartości dodatnie wskazują na przewagę ucha prawego (ang. *right ear advantage* – REA) i dominację lewej półkuli w przetwarzaniu

⁸ Należy tu nadmienić, że w badaniach wykorzystano dziecięcą wersję testu FTP Auditec®.

⁹ Technikę słuchania dychotycznego opracował w 1956 roku D. Broadbent do badania niektórych aspektów uwagi u kontrolerów ruchu lotniczego. Natomiast testy do oceny rozdzielności słuchania po raz pierwszy zastosowała w 1961 roku D. Kimura, odkrywając przewagę prawego ucha dla dźwiękowego materiału werbalnego (Kimura 1961a, 1961b, 1967). W kolejnych eksperymentach (Curry 1967; Kimura 1964; Knox, Kimura 1970; King, Kimura 1972; Ley, Bryden 1982 za: Kimura 2011) wykazano przewagę lewego ucha dla materiału muzycznego, dźwięków otoczenia (na przykład ciekący kran, klakson), niewerbalnych dźwięków wydawanych przez człowieka (na przykład śmiech, kaszel), identyfikacji emocjonalnego tonu wypowiedzi (na przykład *szczęśliwy*, *smutny*).

¹⁰ „Przewaga ucha prawego lub lewego (lub jej brak) odnosi się do testów rozdzielności słyszenia i wskazuje na dominację jednej półkuli w realizacji określonego działania (zachowania), a także na zjawisko asymetrii i specyficzność określonych półkul” (Kurkowski 2020, 220).

niu mowy, a wartości ujemne na przewagę ucha lewego (ang. *left ear advantage* – LEA) i dominację prawej półkuli w przetwarzaniu mowy. Możliwy jest też brak przewagi ucha (ang. *no ear advantage* – NEA), dominacja półkulowa w przetwarzaniu mowy nieustalona lub mieszana¹¹.

Testy dychotyczne wykonywane z nachyleniem uwagi na prawe ucho i na lewe ucho oceniają zdolność separacji międzysusznej. W cyfrowym teście rozdzielnościowym przeprowadzanym w warunkach uwagi ukierunkowanej cyfry są prezentowane bilateralnie, tak jak w przypadku badania w warunkach uwagi rozproszonej, ale zadaniem badanego jest skupianie uwagi na sygnałach podawanych tylko do jednego ucha i powtórzenie cyfr usłyszanych tylko w jednym uchu. Wynik końcowy testu dla uwagi ukierunkowanej jest obliczany na tych samych zasadach jak dla uwagi rozproszonej. Warunkiem prawidłowego wykonania całego testu (dla uwagi rozproszonej i uwagi ukierunkowanej) jest przestrzeganie kolejności wykonywanych zadań. Jako pierwsze należy wykonać badanie dla uwagi rozproszonej, by uniknąć niepożądanego dla badania „efektu gruntowania” (Hiscock, Stewart 1984). W badaniach przeprowadzonych przez Moncrieff (2011) wykazano, że sposób obliczania danych w tym teście może być czynnikiem decydującym o tym, jakie będą jego rzeczywiste wyniki.

Uzyskane w badaniach przesiewowych wyniki testów psychoakustycznych odniesiono do wartości referencyjnych¹² obowiązujących w specjalistycznych placówkach zajmujących się diagnozowaniem zaburzeń przetwarzania słuchowego i należących do grupy MEDINCUS. U wszystkich badanych przeprowadzono badanie psychologiczne i ocenę funkcji poznawczych Skalą Inteligencji Wechslera oraz ręczności, i w każdym przypadku uzyskano potwierdzenie normy intelektualnej.

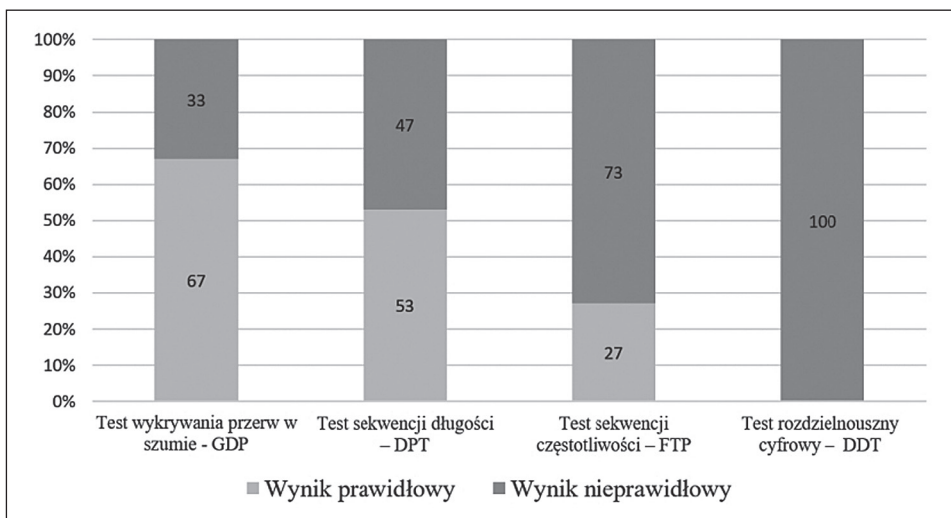
WYNIKI BADAŃ PRZESIEWOWYCH W TESTACH PSYCHOAKUSTYCZNYCH I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badań wstępnej oceny procesów przetwarzania słuchowego z zastosowaniem wybranych testów psychoakustycznych zobrazowano na rycinie 1. Najwięcej prawidłowych odpowiedzi uzyskano w *Teście wykrywania przerw w szumie* (67%) i w *Teście sekwencji długości* (53%). Znacznie niższy odsetek

¹¹ Ponieważ standardowe obliczenia nie zawsze są wystarczające, autorzy wielu prac stosują wskaźnik lateralizacji (ang. *laterality index*, *LI*) obliczany za pomocą równania $[(RE-LE) / (RE + LE)]$ (na przykład: Bless, Westerhausen et al. 2015; Fernandes, Smith 2000; Lewandowska et al. 2021; Studdert-Kennedy, Shankweiler 1970; Westerhausen, Samuelsen 2020).

¹² Wartości referencyjne wskazują najniższe wartości prawidłowo udzielonych odpowiedzi w badanym teście w grupie normalizacyjnej. Wynik poniżej tych wartości uznaje się za nieprawidłowy.

prawidłowych odpowiedzi (27%) stwierdzono w *Teście sekwencji częstotliwości*, a w *Teście rozdzielności cyfrowym* w żadnym przypadku nie uzyskano prawidłowych wyników wśród badanych osób z desonoryzacją.



Rycina 1. Wyniki wybranych testów psychoakustycznych

A. Wyniki badań przesiewowych w *Teście wykrywania przerw w szumie (GDT)*

GDT należy do testów oceniających procesowy słuchowe związane z rozdzielnością czasową, która odgrywa kluczową rolę w percepcji mowy. Człowiek wytwarza artykułowane dźwięki mowy z niezwykłą prędkością, gdyż w ciągu sekundy jest to przeciętnie 10–15 głosek, co stanowi 2–3 słowa złożone z 4–5 sylab. Wśród dźwięków mowy są też takie, które mają budowę polisegmentalną i zawierają w segmencie zwarcia interwał akustycznej ciszy, który wraz z następującą plozją i szumem aspiracyjnym są najważniejszymi nośnikami informacji o głosce zwarto-wybuchowej. Także wszelkie zmiany w sygnale mowy w zakresie częstotliwości i intensywności zachodzą w domenie czasu, a ich zróżnicowane czasowo przebiegi są milisekundowe, toteż rozumienie mowy zależne jest w wysokim stopniu od umiejętności dyskryminacji słuchowej złożonych i bardzo szybko zmieniających się w swym linearnie uporządkowanym przebiegu dźwięków mowy. Test wykrywania przerw w szumie jest testem monotycznym, w którym aktywowane są szlaki ipsilateralne jak i kontralateralne, co skutkuje podobną sprawnością prawego i lewego ucha (Marculino et al. 2011).

Szczegółowe wyniki badań testem GDT (tabela 1) są następujące: 10 badanych (67%) udzieliło obuusznie prawidłowych odpowiedzi, 4 obuusznie niepra-

widłowych (26%), a jedną jednousznie nieprawidłową (7%). Wszyscy badani, którzy nie wykrywali przerw w szumie na poziomie norm, prawidłowe wyniki uzyskali w przypadku przerwy w sygnale o interwale 10 ms.

Tabela 1. Wyniki testu wykrywania przerw w szumie (GDT) w poszczególnych kategoriach wiekowych

Wynik	7,0-11 lat	8,0-11 lat	9,0-11 lat	11,0-11 lat	14 lat i więcej	N=15
obuusznie prawidłowy	K08, K17, K29	K13, K19, K21	K01, K24	K14	K16	10
obuusznie nieprawidłowy	K04, K28	–	K11	–	K23	4
jednousznie nieprawidłowy	–	K18	–	–	–	1

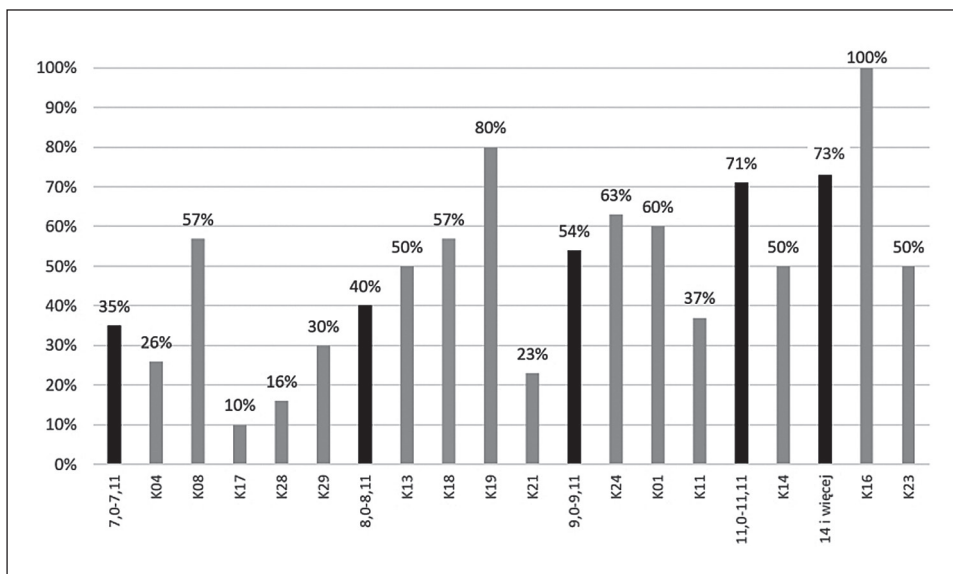
Chociaż doniesienia dotyczące związanych z wiekiem zmian osiągniętych w wydajności w testach GDT nie zawsze są jednoznaczne, to jednak w większości prac badawczych poziom wykonania zbliżony do osiągnięć osób dorosłych stwierdza się (niezależnie od zastosowanej procedury) u dzieci w 7. roku życia (za: Lewandowska et al. 2021), ale także poniżej 7. roku życia (Wightman et al. 1989). Autorzy prac badawczych nie zgłaszają też asymetrii percepcyjnej między uszami dla wykrywania luk w szumie, co sugeruje, że dojrzewanie zdolności rozdzielczości czasowej układu słuchowego (mierzonej tym testem) przebiega podobnie w obu uszach (Marculino et al. 2011; Shinn et al. 2009). W większości badań przeprowadzonych na normalnych populacjach progi wykrywania przerwy w sygnale wynoszą około 3–4 ms. W badaniach dzieci polskojęzycznych w grupie dzieci 7-letnich wartość ta wynosi 3,9 ms, 8-letnich – 3,3 ms, 9-letnich – 3,5 ms, 10-letnich – 3,3 ms, 11-letnich – 3,1 ms, 12-letnich – 3,6 ms, 13-letnich – 3,8 ms, 14-letnich – 3,2 ms, 15-letnich – 3,3 ms i u osób dorosłych – 3,0 ms (Lewandowska et al. 2021).

W badaniach grup klinicznych nieprawidłowe wyniki testu GDT/RGDT i zmniejszoną słuchową rozdzielczość czasową stwierdza się między innymi u dzieci z zaburzeniami przetwarzania fonologicznego, z dysleksją, z zaburzeniami rozwoju mowy (Chaubet et al. 2014; Muluk et al. 2011; Muniz et al. 2007; Zaidan, Baran 2013). W referowanych badaniach własnych 1/3 grupy z dyslalią i zaburzeniami w realizacji dźwięczności nie wykonała tego testu prawidłowo.

B. Wyniki badań przesiewowych w Teście sekwencji długości (DPT)

DPT należy do testów oceniających procesowy słuchowe związane z konfiguracją czasową, rozróżnianiem czasu trwania bodźca, porządkowaniem w czasie, znakowaniem lingwistycznym (Dajos-Krawczyńska 2016; Fuente, McPherson 2006). Przetwarzanie sygnału mowy jest zależne od właściwego postrzegania częstotliwości i czasu trwania bodźców jako uszeregowany przebieg zdarzeń. Niezwykła prędkość, z jaką są wytwarzane i percypowane w domenie czasu dźwięki mowy (całe wypowiedzi), sprawia, że odpowiednia długość każdej głoski (jej segmentów) jest ważna, bowiem w procesie percepcji mowy w znacznym stopniu warunkuje jej prawidłowe rozpoznanie i identyfikację (prawidłowy odbiór i rozumienie przekazywanych w tekstach językowych informacji). Fizyczne istnienie głoski w domenie czasu nazywa się iloczasem. Jednakże czas trwania dźwięków mowy w wypowiedzi nie jest stały, lecz zmienia się – wydłuża lub skraca – między innymi w zależności od ich pozycji w wyrazie i jego fonetycznej struktury, sąsiedztwa fonetycznego, ram wypowiedzi, materiału językowego, tempa mowy, rytmu, akcentu i zestroju akcentowego, wyrazistości wypowiedzi, jakości wymowy, a także w zależności od mówcy. W językach, które wykorzystują iloczas fonologiczny (na przykład język czeski, słowacki, węgierski, niemiecki, fiński czy angielski), opozycja między samogłoskami długimi i krótkimi różnicuje znaczenie wyrazów (Konopska 2016). W związku z tym zarówno stałość percypowania poszczególnych dźwięków mowy, niezależnie od ich zmiennych uwarunkowań segmentalnych, suprasegmentalnych i osobniczych, jak i percypowanie ich fonologicznie zróżnicowanej rozciągłości czasowej są istotnym warunkiem rozpoznania i przyporządkowania danej głoski do odpowiedniej klasy fonemowej.

Zbiorcze zestawienie szczegółowych wyników badań testu DPT obrazuje rycina 2. W 8 przypadkach (53%) uzyskano prawidłowe wyniki testu, a u 7 badanych (47%) w poszczególnych kategoriach wiekowych wyniki są obniżone. W grupie dzieci najmłodszych, w 7. i 8. roku życia, niewątpliwie niepokoi wydajność na poziomie 10–23% prawidłowych odpowiedzi, a w grupach wiekowo starszych na poziomie 37–50% (rycina 2).

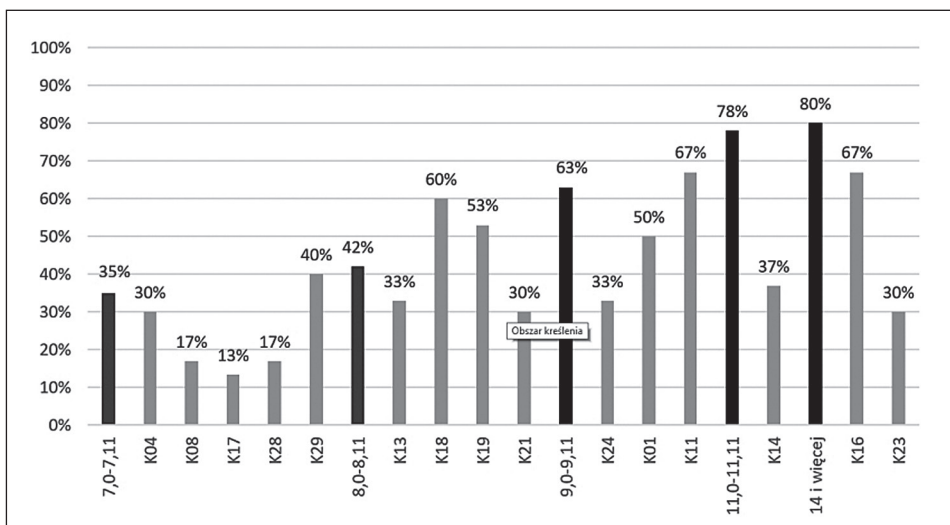


Rycina 2. Test sekwencji długości (DPT)

W wynikach badań populacji dziecięcych zróżnicowanych pod względem natywnego języka istnieją różnice w osiągniętej wydajności pomiędzy testem sekwencji długości a testem sekwencji częstotliwości, albo wyniki tych testów dla danego języka są porównywalne (Lewandowska et al. 2021). Dla dzieci polskojęzycznych (w odróżnieniu od dzieci anglojęzycznych czy posługujących się brazylijską odmianą języka portugalskiego) rozpoznanie sekwencji dźwięków różniących się czasem trwania jest łatwiejsze niż rozpoznanie sekwencji dźwięków różniących się częstotliwością (na przykład Balen et al. 2019; Lewandowska et al. 2021; Włodarczyk et al. 2019). Efektywność wykonania testu DPT wzrasta wraz z wiekiem, więc dzieci młodsze uzyskują niższe wyniki niż dzieci starsze (Balen et al. 2019; Dajos-Krawczyńska et al. 2013; Lewandowska et al. 2021; Szkiełkowska et al. 2018; Włodarczyk et al. 2019). W badaniach normalizacyjnych dzieci polskojęzycznych średni odsetek prawidłowych odpowiedzi w tym teście wyniósł w grupie dzieci 7-letnich – 60,5%, 8-letnich – 67,7%, 9-letnich – 73,8%, 10-letnich – 81,5%, 11-letnich – 80,9%, 12-letnich – 80%, 13-letnich – 82,1%, 14-letnich – 83,9%, 15-letnich – 86,6% i u osób dorosłych – 88,3% (Lewandowska et al. 2021). W badaniach brazylijskich wartość ta dla dzieci 10-letnich wynosi 58,33%, a 11-letnich 64% (Balen, 1997 za: Delecrode et al. 2014). W omawianej grupie z dyslalią i zaburzeniami w realizacji dźwięczności prawie 1/2 badanych uzyskała w teście DPT obniżone wyniki badań.

C. Wyniki badań przesiewowych w Teście sekwencji częstotliwości (FTP)

Zdolność do postrzegania wysokości tonu jest podstawową funkcją nerwowego układu słuchowego, która w życiu codziennym warunkuje rozpoznawanie dźwięków otoczenia, w muzyce percepcję melodii i harmonii, w mowie percepcję obstruentów kontrastujących pod względem \pm dźwięczności, percepcję prozodii, rozpoznawanie głosu i tożsamość mówcy, przyswajanie języka (Tramo et al. 2005). FTP należy do testów oceniających czasowe procesy słuchowe związane z rozróżnianiem częstotliwości bodźca, porządkowaniem w czasie, znakowaniem lingwistycznym (Dajos-Krawczyńska 2016; Fuente, McPherson 2006). W jego wykonanie zaangażowane są procesy zachodzące w obu półkulach i ciało modzelowate. Półkula prawa rozpoznaje wzorce akustyczne bodźców i kontury dźwięków, natomiast lewa odpowiada za ich uporządkowanie czasowe i znakowanie lingwistyczne. W przypadkach, gdy reakcja badanej osoby wymaga nucenia usłyszanych sekwencji, dominującą rolę odgrywa prawa półkula (Musiek 1994, 2001). Czułość testu sekwencji częstotliwości w wykrywaniu organicznych uszkodzeń kory słuchowej i ciała modzelowatego wynosi około 76% (Pineiro, Ptacek 1971; za: Szkiełkowska et al. 2009). Uzyskane w badaniach własnych szczegółowe wyniki testu FTP obrazuje rycina 3. Jak wynika z uzyskanych danych, wynik prawidłowy w tym teście uzyskało 4 badanych (27%), a wynik obniżony 11 (73%). W grupie dzieci najmłodszych znacznie niepokoi wydajność na poziomie 13–17% prawidłowych odpowiedzi, a w grupach wiekowo starszych na poziomie 30–37% (rycina 2).



Rycina 3. Test sekwencji częstotliwości (FTP)

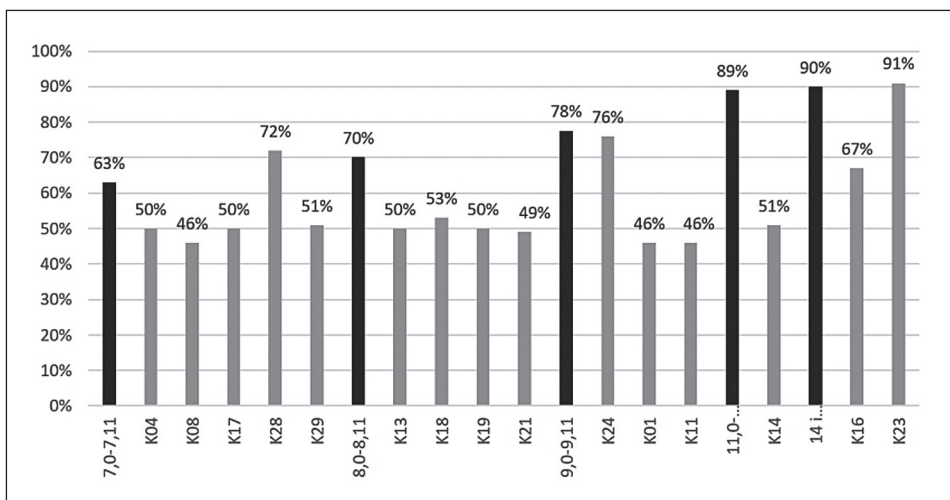
Efektywność wykonania testu FTP, podobnie jak testu DPT, wzrasta wraz z wiekiem, a zatem młodsze dzieci uzyskują niższe wyniki niż dzieci starsze (Balén et al. 2019; Dajos-Krawczyńska 2016; Dajos-Krawczyńska et al. 2013; Lewandowska et al. 2021; Szkielkowska et al. 2018; Włodarczyk et al. 2019). Choć liczebność badanej grupy jest skromna, to jednak w jakiejś mierze tendencja ta zauważalna też jest u badanych dzieci z dyslalią i desonoracją. Dla dzieci polskojęzycznych w badaniach Lewandowskiej i współpracowników (2021) średni odsetek prawidłowych odpowiedzi w tym teście wyniósł w grupie dzieci 7-letnich – 52,9%, 8-letnich – 52,7%, 9-letnich – 63,3%, 10-letnich – 61,1%, 11-letnich – 71,9%, 12-letnich – 73%, 13-letnich – 78,3%, 14-letnich – 75,4%, 15-letnich – 79,6% i u osób dorosłych – 82,6%. W badaniach brazylijskich wartość ta dla dzieci 10-letnich wyniosła 75,9%, a 11-letnich 83% (Balén 1997 za: Delecrode et al. 2014) jest więc znacznie wyższa niż u dzieci polskojęzycznych. W badaniach grup klinicznych nieprawidłowe wyniki tego testu stwierdza się między innymi u dzieci z SLI, AD, dysleksją, Alkoholowym Zespołem Płodowym, dyslalią, zespołem Aspergera (Chaubet et al. 2014; Delecrode et al. 2014; Muluk et al. 2011; Santos et al. 2010; Szkielkowska et al. 2004; Szkielkowska et al. 2009; Zaidan, Baran 2013; Kruczyńska-Werner 2021). W referowanej grupie dzieci z dyslalią i zaburzeniami w realizacji dźwięczności obniżone wyniki testu sekwencji częstotliwości stwierdzono aż w 2/3 przypadków.

D. Wyniki badań przesiewowych w Teście rozdzielnościowym cyfrowym (DDT)

Słyszenie binauralne w sposób naturalny umożliwia człowiekowi odbieranie dźwięków pochodzących z wielu źródeł i z różnych kierunków. Dlatego przyjmowanie informacji przez system słuchowy wymaga integracji w czasie rzeczywistym różnych i potencjalnie konkurencyjnych informacji docierających do obu uszu. Zdolność selektywnego zwracania uwagi na jeden dźwięk i ignorowania innych konkurujących dźwięków jest niezbędna w komunikacji językowej. Odkryta przez Kimurę (1961a, 1961b) przewaga prawego ucha w warunkach dychotycznego słuchania bodźców werbalnych odzwierciedla funkcjonalną specjalizację lewej półkuli w analizie informacji językowej i jest ważnym wskaźnikiem lateralizacji półkulowej w przetwarzaniu języka, natomiast różnica w wydajności między prawym i lewym uchem jest ważnym wskaźnikiem mielinizacji i dojrzewania ciała modzelowatego i dostarcza informacji o dojrzałości układu słuchowego. Istnieje kilka modeli teoretycznych wyjaśniających przewagę prawego ucha (REA) dla materiału werbalnego. Klasyczny – strukturalny lub neuroanatomiczny – model opiera się na założeniu interakcji następujących czynników:

1. słuchowe wejścia do kontrlateralnej półkuli są silniej reprezentowane w mózgu,
2. lewa półkula (u osób praworęcznych) specjalizuje się w przetwarzaniu języka,
3. informacje słuchowe, które są wysyłane wzdłuż ścieżki ipsilateralnej są tłumione lub blokowane przez informacje wysyłane wzdłuż ścieżki kontrlateralnej¹³,
4. informacja językowa, która dociera ścieżkami biegnącymi po stronie prawej półkuli jest przenoszona przez ciało modzelowate do zlokalizowanych w lewej półkuli obszarów odpowiedzialnych za przetwarzanie języka i ten transfer jest uważany za dodatkowe wyjaśnienie efektu REA (Kimura 1961b, 1967, 2011; Hugdahl 2000, 2005; Hiscock, Kinsbourne 2011).

Uzyskane wyniki badań łącznie z prawego i lewego ucha w stosunku do nadanych sygnałów w teście DDT w warunkach uwagi rozproszonej przedstawiono na rycinie 4. Dla potrzeb niniejszego opracowania normy globalne w poszczególnych kategoriach wiekowych obliczono na podstawie danych procentowych

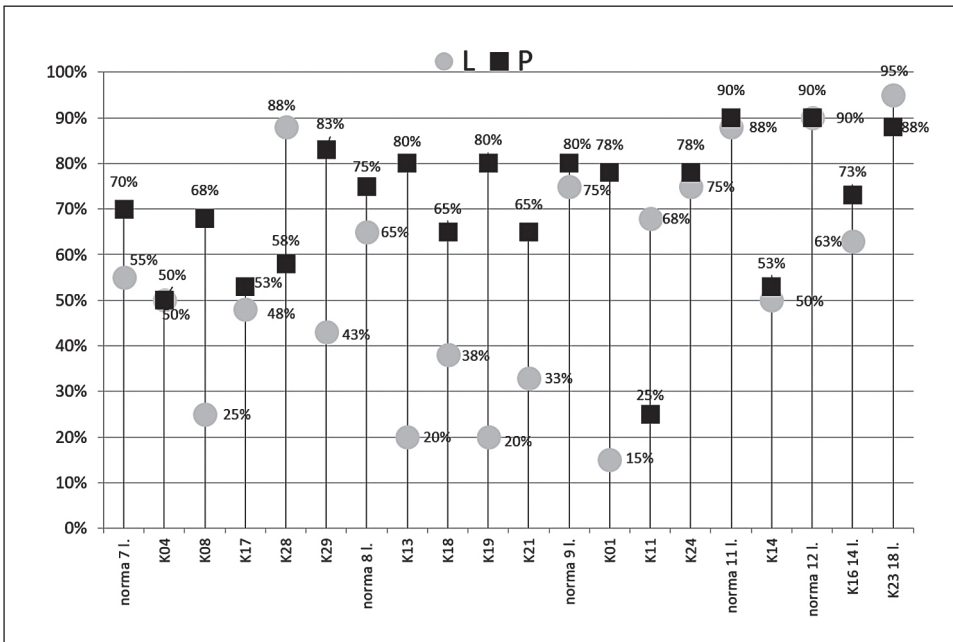


Rycina 4. Test rozdzielnosznymy cyfrowy (DDT) – uwaga rozproszona, % udzielonych prawidłowych odpowiedzi łącznie z UP i UL

¹³ Z badań elektrofizjologicznych na zwierzętach wiadomo, że kontrlateralne połączenia słuchowe są silniejsze i liczniejsze niż ipsilateralne, mogą także blokować lub hamować w punkcie nakładania projekcje ipsilateralne, gdy oba szlaki przebiegają po tej samej stronie (Kimura 1961b, 1967, 2011).

dla ucha lewego i prawego (iloraz sumy prawidłowych odpowiedzi z obu uszu). Zwraca uwagę fakt, że w każdej kategorii wiekowej niemal w każdym przypadku odsetek udzielonych prawidłowych odpowiedzi w całym teście jest obniżony. W przypadku pacjentów oznaczonych kodami K28, K24 i K23, którzy całościowo w teście DDT dla uwagi rozproszonej osiągnęli wysoki odsetek odpowiedzi, wyniki badań szczegółowych wskazują na przewagę lewego ucha lub brak przewagi ucha, co jest uważane za wynik atypowy.

Szczegółowe wyniki testu DDT w warunkach uwagi rozproszonej obrazuje rycina 5. Zgodnie z oczekiwaniami w większości przypadków odpowiedzi badanych wskazują na przewagę prawego ucha (REA) i u trzech osób wartości te są prawidłowe (K29, K13, K19), u pięciu trochę obniżone (K08, K18, K21, K01, K24), w czterech przypadkach znacznie obniżone (K04, K17, K14, K16), a u trzech badanych (K28, K11, K23) wartość ta jest niższa niż odsetek prawidłowych odpowiedzi z lewego ucha. Tylko u jednej osoby (K24) odsetek prawidłowych odpowiedzi z lewego ucha jest zgodny z wartościami normatywnymi, w pozostałych przypadkach wyniki dotyczące odpowiedzi z lewego ucha w różnym nasileniu odstają od pożądaných wartości, a u części badanych wskazują na pogłębioną asymetrię słuchową i zdecydowanie słabszą wydajność lewego ucha w stosunku do ucha prawego, co określa się deficytem lewego ucha (Moncrieff,

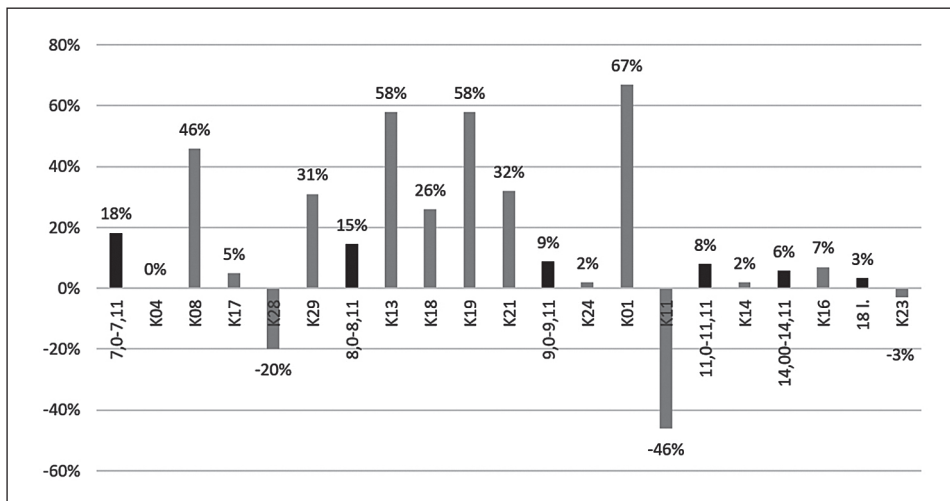


Rycina 5. Wyniki testu DDT w warunkach uwagi rozproszonej dla ucha prawego (P) i lewego (L)

Wilson 2009), a także zdecydowanie słabszą wydajność prawego ucha w stosunku do lewego ucha (K28, K11). Takie stałe obniżenie wyniku w niedominującym uchu – przy wynikach w uchu dominującym na normalnym poziomie – jest silną wskazówką występowania APD o typie deficytu integracji (Bellis 2003). Zdaniem Moncrieff i Wilsona (2009) prawidłowe wyniki w jednym uchu wraz ze słabymi wynikami w drugim uchu trudno wytłumaczyć deficytem językowym czy uwagi, gdy efektywność w uchu dominującym jest na normalnym poziomie. Również w przypadku stwierdzenia LEA duża asymetria międzuszna może sugerować deficyt integracji międzypółkulowej u dziecka, którego językowa specjalizacja jest w prawej półkuli. Słabe wyniki pojedynczego testu dychotycznego powinny być zweryfikowane za pomocą innych testów dychotycznych w celu udokumentowania spójnego wzorca deficytu, zaś stały deficyt pozwala wykluczyć działanie czynników pozasłuchowych (Moncrieff, Wilson 2009).

Dla celów porównawczych uzyskane w teście DDT wyniki badań dotyczące efektu REA w warunkach uwagi rozproszonej odniesiono do wartości uzyskanych w tym teście w badaniach 180 polskojęzycznych dzieci i młodzieży (w wieku od 7 do 16 lat) oraz 20 dorosłych (w wieku 18–24 lat) (Lewandowska et al. 2021). W grupie prawidłowo rozwijających się polskojęzycznych dzieci i młodzieży (w normie intelektualnej, bez zagrożeń/zaburzeń rozwojowych, praworęcznych i niekształconych muzycznie) przebieg zmian rozwojowych w spadku wartości REA wraz z wzrastającym wiekiem ma tendencję liniową (rycina 6) i średnie wartości procentowe REA kształtują się na poziomie 18,2% w grupie dzieci 7-letnich, 14,5% w grupie dzieci 8-letnich, 8,7% w grupie dzieci 9-letnich, 10% w grupie dzieci 10-letnich, 7,9% w grupie dzieci 11-letnich, 8,7% w grupie dzieci 12-letnich, 5,3%, 5,7% i 3,5% odpowiednio w wieku 13, 14 i 15 lat oraz 3,4% u młodych dorosłych osób (Lewandowska et al. 2021). Zdaniem Moncrieff (2011) dane normatywne dotyczące stopnia przewagi ucha, bez uwzględniania kierunku jego przewagi (lewe, prawe), mogą okazać się bardziej przydatne dla celów diagnostyki klinicznej i interwencji w populacji dziecięcej. W omawianej grupie z desonoryzacją przeważają dzieci z tzw. grupy ryzyka, w normie intelektualnej, ale ze stwierdzonymi w badaniach psychologicznych deficytami w zakresie pamięci krótkotrwałej (K04, K08, K29, K18, K21, K14, K23), pamięci trwałej (K11, K24, K23) i operacyjnej (K28, K18, K19, K24, K23), a także zagrożone dysleksją lub ze stwierdzonymi specyficznymi trudnościami w uczeniu się (K16), czy też z deficytem koncentracji uwagi (K14). Jest to także grupa niejednorodna pod względem ręczności: praworęczność stwierdzono u 9 badanych osób, leworęczność u trzech (K28, K11, K16) i także u trzech badanych oburęczność (K08, K24, K23). Wprawdzie w referowanych badaniach u większości osób w warunkach uwagi rozproszonej stwierdzono przewagę prawego ucha, to jednak u połowy wartość REA jest znacząco większa niż w grupie normatywnej, ponad-

to u dwóch (K28, K11) z trzech osób leworęcznych stwierdzono przewagę lewego ucha (LEA)¹⁴ i także u dwóch osób brak przewagi ucha (NEA)¹⁵ (K04 – praworęczność, K23 – oburęczność z tendencją do praworęczności).



Rycina 6. Wyniki testu DDT w warunkach uwagi rozproszonej dotyczące efektu REA

Wiedza o strukturalnej i funkcjonalnej asymetrii mózgu oraz o językowej dominacji lewej półkuli jest solidnie ugruntowana i potwierdzona w wielu badaniach dla języków tonalnych, atonalnych, języka migowego, a także dla języka pisanego (González et al. 2020). Podobnie jest w przypadku preferencji do praworęczności cechującej około 90–95% ludzkiej populacji (Annett 2002; Corballis 2010; McManus 2002 za: Haegen et al. 2013). U osób zdrowych istnieje spójna i niemal liniowa zależność między stopniem ręczności a kierunkiem językowej dominacji półkulowej. Dominację językową lewej półkuli wykazuje około 95% osób silnie praworęcznych¹⁶, 85% oburęcznych i 83% osób silnie leworęcznych¹⁷. Częstość występowania dominacji językowej w prawej półkuli rośnie liniowo wraz ze stopniem leworęczności: od 4% u osób silnie praworęcznych, 15% u oburęcznych i do 27% u osób silnie leworęcznych (Knecht, Deppe et al. 2000; Knecht, Dräger et al. 2000). Odkrycie ponad 60 lat temu na podstawie testów dychotycznych przewagi prawego ucha dla materiału językowego i jej em-

¹⁴ Indywidualne dane obliczone na podstawie wskaźnika lateralizacji.

¹⁵ W omawianych przypadkach badania wykonano w odstępach czasowych trzykrotnie i z takim samym wynikiem.

¹⁶ O wskaźniku ręczności równym 100 według Inwentarza Edynburskiego (Knecht, Dräger et al. 2000).

¹⁷ O wskaźniku ręczności równym -100 według Inwentarza Edynburskiego (Knecht, Dräger et al. 2000).

piryczne związanie z reprezentacją językową lewej półkuli zapoczątkowało szereg badań behawioralnych, fizjologicznych i anatomicznych, w których wielokrotnie potwierdzano tę zależność (na przykład PET, fMRI, MEG, pomiary elektrofizjologiczne). Dominacja językowa lewej półkuli ustalona na podstawie testów dychotycznych u osób praworęcznych jest w wysokim stopniu (92%) zgodna z wynikami testów Wada (na przykład Hugdahl et al. 1997), podobne wartości stwierdzono między innymi przy użyciu funkcjonalnego obrazowania metodą rezonansu magnetycznego – fMRI (na przykład Bethmann et al. 2007). Stosunkowo niedawno Haegen i współpracownicy (2013) wykazali, że osoby z dominującą językowo lewą półkulą leworęczne i praworęczne wykazują przewagę prawego ucha, ale osoby z dominującą językowo prawą półkulą i leworęczne wykazują przewagę lewego ucha. Tak więc na poziomie grupy językowa dominacja półkulowa (oceniona za pomocą fMRI) jest bardziej wiarygodnie przewidywana przez dychotyczne słuchanie niż przez preferencję ręki.

Wyniki badań słuchania dychotycznego są zależne między innymi od rodzaju zastosowanego testu dychotycznego (cyfry, słowa, sylaby CV), liczby bodźców słuchowych, sposobu obliczeń, wieku i płci, kontrolowania ręczności, pozasłuchowych zdolności poznawczych (uwagi, pamięci roboczej), a nade wszystko od celów badań. W przypadku populacji dziecięcej Hugdahl i Andersson (1989) ustalili, że 65,0% dzieci leworęcznych wykazuje REA, 25,4% – LEA, a 9,6% – NEA. W badaniach przeprowadzonych przez Moncrieff (2011) oceniano dzieci w wieku od pięciu do dwunastu lat (w zdecydowanej większości praworęczne) za pomocą dwóch testów dychotycznych, w których bodźcami były jednosylabowe słowa (DWT) i cyfry (RDDT)¹⁸. W teście DWT u blisko 60% dzieci w wieku od pięciu do siedmiu lat stwierdzono REA, u 30% LEA, a NEA u trochę powyżej 10%¹⁹. W grupie dzieci w wieku od ośmiu do dziesięciu lat REA stwierdzono u ponad 75% dzieci, a LEA u około 23%. W grupie dzieci w wieku od jedenastu do dwunastu lat REA stwierdzono u około 70% badanych, LEA u około 25%, a NEA u niespełna 10%. W teście RDDT w grupie od pięciu do siedmiu lat REA stwierdzono u ponad 70% badanych, LEA u blisko 20%, a NEA u niespełna 10%. W grupie w wieku od ośmiu do dziesięciu lat REA stwierdzono u 80% dzieci, LEA nieznacznie powyżej 10%, a NEA u poniżej 10%. W grupie dzieci w wieku od jedenastu do dwunastu lat REA stwierdzono u 70% badanych, LEA u niespełna 10%, natomiast zaobserwowano znaczny wzrost NEA – z 10% w teście DWT – do prawie 23% w teście RDDT. Wzrost występowania NEA w najstar-

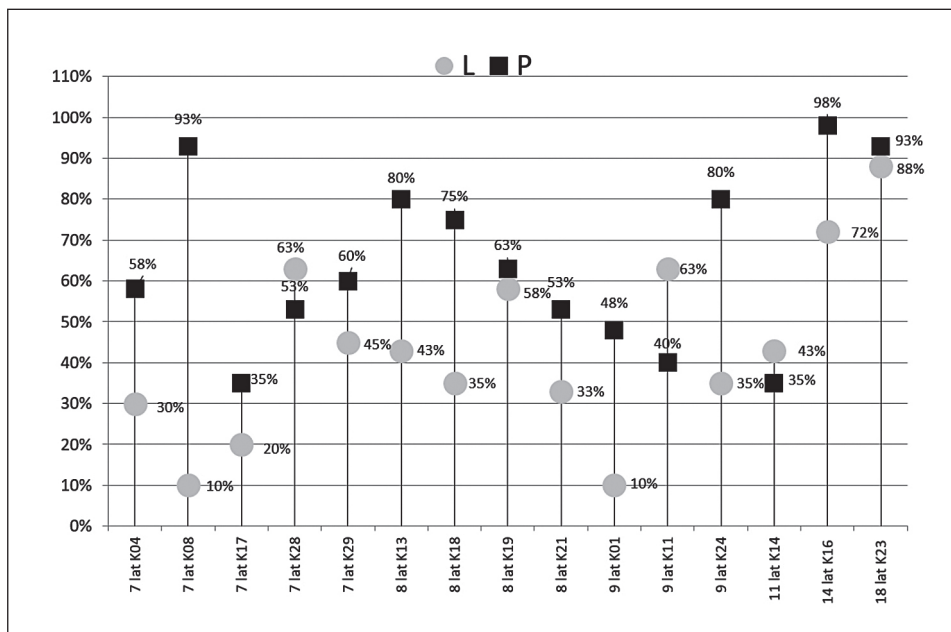
¹⁸ Randomizowany dychotyczny test cyfrowy (ang. *Randomized Dichotic Digits Test*, RDTT) opracowano w celu skompensowania słabości czułości testów dwucyfrowych przy wykrywaniu nieprawidłowej asymetrii ucha podczas słuchania dychotycznego. RDDT nie ma efektów sufitowych, które występują wśród starszych dzieci podczas oceny testem DDT (Moncrieff, Musiek, 2002; Neijenhuis i in., 2002). Podczas badania prezentowane są losowo jedna, dwie lub trzy pary cyfr.

¹⁹ Dane procentowe przybliżone, odczytywane z wykresu.

szej grupie objaśniono tym, że cyfry reprezentują zamknięty zestaw wysoce wyuczonych bodźców werbalnych, zatem mogą nie angażować językowo dominującej półkuli równie skutecznie jak słowa jednosylabowe, co zmniejsza względną przewagę w uchu przeciwległym tak, że nie stwierdza się przewagi ucha. Może to mieć miejsce u starszych dzieci, których werbalna pamięć robocza jest prawdopodobnie bardziej rozwinięta (Moncrieff 2011).

Referowane wyniki badań Moncrieff (2011) są zbliżone do badań przeprowadzonych testem RDDT w grupie dorosłych i dzieci w wieku od 10 do 18 lat, u których REA stwierdzono w 80–85% przypadków, a LEA lub NEA u 15–20% badanych. Uśredniona dla wszystkich badanych asymetria międzyuszną wyniosła 2% w przypadku jednej pary cyfr, 6% w przypadku dwóch par i 8% w przypadku trzech par (Moncrieff, Wilson 2009). Liniowy wzrost wydajności prawego i lewego ucha wraz z narastającym wiekiem wykazano między innymi w badaniach 320 praworęcznych dzieci węgierskojęzycznych w wieku od 3 do 10 lat przeprowadzonych przez Gósy i Krepesz (2018) z użyciem wyrazowego testu dychotycznego. U większości dzieci (82%) stwierdzono REA, odsetek uczestników z LEA wyniósł 13,7%, natomiast NEA stwierdzono tylko u 4,3% badanych i brak przewagi ucha nie dotyczył dzieci w najmłodszej grupie wiekowej.

W badaniach grup normatywnych w warunkach uwagi ukierunkowanej na prawe ucho obserwuje się zjawisko przewagi ucha prawego (REA), a liczba prawidłowych odpowiedzi z tego ucha zwiększa się w stosunku do wyniku uzyskanego w warunkach uwagi rozproszonej, natomiast znacznie zmniejsza się liczba prawidłowych odpowiedzi z ucha lewego. Gdy uwaga jest skierowana na lewe ucho, można zaobserwować przewagę ucha lewego (LEA), zmniejszenie przewagi prawego ucha lub brak przewagi usznej. Liczba prawidłowych odpowiedzi z prawego ucha ulega zmniejszeniu, a jej znaczny przyrost stwierdza się w odniesieniu do lewego ucha (Asbojmsen, Hughdal 1995; Dajos-Krawczyńska et al. 2014; Dajos-Krawczyńska 2016). W badaniach własnych w warunkach uwagi ukierunkowanej na prawe ucho u dziewięciu badanych stwierdzono oczekiwany nieznaczny wzrost prawidłowych odpowiedzi lub wartości zbliżone do uzyskanych w warunkach uwagi rozproszonej, ale w sześciu przypadkach odnotowano ich spadek (por. rycina 5 i 7). W warunkach uwagi ukierunkowanej na lewe ucho w siedmiu przypadkach odnotowano niepożądany spadek prawidłowych odpowiedzi, a w ośmiu przypadkach ich oczekiwany wzrost lub wartości zbliżone do uzyskanych w warunkach uwagi rozproszonej (por. rycina 5 i 7). W badaniach Dajos-Krawczyńskiej i współpracowników (2014) oceniano wpływ wieku na wyniki rozdzielnościowego testu liczbowego u 63 dzieci polskojęzycznych w wieku 5, 7 i 12 lat. Dzieci 5-letnie w warunkach uwagi ukierunkowanej na prawe ucho uzyskały około 60% poprawnych odpowiedzi, dzieci 7-letnie około 75%, natomiast dzieci 12-letnie ponad 90%.

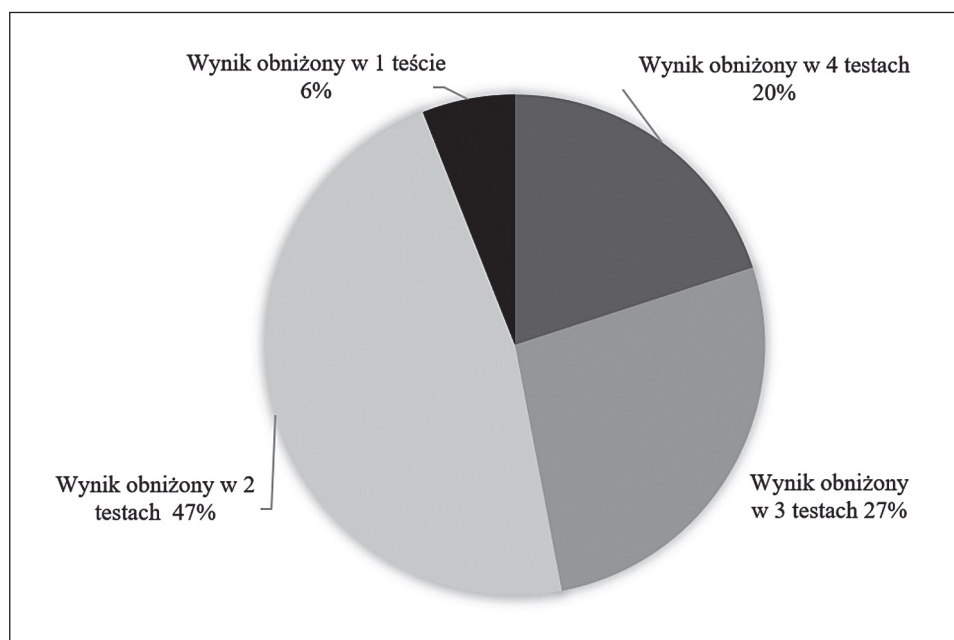


Rycina 7. Wyniki testu DDT w warunkach uwagi ukierunkowanej na prawe ucho (P) i uwagi ukierunkowanej na lewe ucho (L)

Z kolei w warunkach uwagi ukierunkowanej na lewe ucho dzieci 5-letnie uzyskały średnio około 45% prawidłowych odpowiedzi, 7-latki około 55%, zaś dzieci 12-letnie około 80%. Wykazano również, że średni odsetek prawidłowych odpowiedzi w obojgu uszach zwiększał się wraz z wiekiem (Dajos-Krawczyńska et al. 2014). Z analizy porównawczej tych danych z danymi uzyskanymi we własnych badaniach jasno wynika, że w warunkach uwagi ukierunkowanej na lewe ucho wyniki aż dziesięciorga dzieci z dyslalią i desonoryzacją w wieku 7–11 lat są zaledwie zbliżone lub znacznie słabsze niż tożsame wyniki dzieci pięcioletnich (należy tu pominąć dzieci z lewouszną przewagą ucha oznaczone kodem K28 i K11), a siedmiorgo dzieci w wieku 7–14 lat w warunkach uwagi ukierunkowanej na prawe ucho uzyskało znacznie słabszy wynik niż dzieci siedmioletnie w badaniach Dajos-Krawczyńskiej i współpracowników (2014). Dane te wskazują, że u badanych dzieci z dyslalią i desonoryzacją mogą występować nie tylko problemy z obuuszną integracją słuchową, ale i z obuuszną słuchową separacją.

Zbiorcze zestawienie uzyskanych wyników badań przesiewowych w kierunku APD w badanej 15-osobowej grupie kształtuje się następująco: wynik obniżony w jednym teście stwierdzono w jednym przypadku (K19), w dwóch testach w siedmiu przypadkach (K08, K29, K13, K18, K01, K24, K16), w trzech testach w czterech przypadkach (K17, K21, K11, K14) i w czterech testach w trzech przy-

padkach (K04, K28, K04) (rycina 8). Zgodnie z zaleceniami ASHA za wynik nieprawidłowy uznaje się wynik poniżej dwóch odchyłeń standardowych od średniej w przynajmniej dwóch testach lub poniżej trzech odchyłeń standardowych od średniej w jednym teście z zastosowanej baterii testów (ASHA 2005). Jednakże wyniki badań przesiewowych nie mogą być podstawą do orzekania o występowaniu zaburzeń przetwarzania słuchowego (Jerger, Musiek 2000; Senderski 2002). Zgodnie z zaleceniami proces diagnostyczny w kierunku APD powinien przebiegać dwuetapowo. Wstępna ocena wyższych funkcji słuchowych powinna być wykonana w badaniach przesiewowych, a badania właściwe powinny być wykonane już w specjalistycznej placówce. Na dalszą diagnozę skierowano wszystkie dzieci, ale z 15-osobowej grupy tylko ośmiu zgłosiło się na specjalistyczną diagnostykę i u wszystkich stwierdzono zaburzenia przetwarzania słuchowego (K04, K08, K29, K13, K18, K21, K24, K23).



Rycina 8. Zestawienie zbiorcze wyników poniżej norm w wybranych testach przesiewowych w kierunku APD w grupie z desonoryzacją

Należy podkreślić, że wszystkie przeprowadzone w badaniach przesiewowych testy psychoakustyczne wymagały od badanych dzieci znacznego wkładu poznawczego. W odniesieniu do uzyskanych w grupie z dyslalią i desonoryzacją wyników badań nie można zatem pominąć wpływu – coraz częściej ocenianych w specjalnych testach łącznie z testami psychoakustycznymi – modalno-

ści pozasłuchowych, tj. pamięci, uwagi, sprawności językowych, mających duży wpływ na uzyskane wyniki testów psychoakustycznych i mogących być determinantami niskich wyników w tych testach (Stavrinos et al. 2018; Tomlin et al. 2015), ale także, jak wykazali Moore i współpracownicy (2010), objawów funkcjonalnych określanych obecnie jako APD. Stosowana strategia naprawcza powinna uwzględniać nie tylko potrzebę treningów słuchowych, ale i – przy równoległe stwierdzonych deficytach w zakresie pamięci, czy uwagi – także, a może nawet i głównie, treningi w zakresie modalności pozasłuchowych. Jak słusznie podkreślają Tomlin i współpracownicy (2015), istnieje wyraźny związek między procesami poznawczymi a wynikami testów przetwarzania słuchowego, zatem skuteczna ocena kliniczna i leczenie APD musi uwzględniać implikacje tej interakcji. W tym kontekście zasadna jest propozycja Kurkowskiego (2017) dotycząca wprowadzenia podziału na zaburzenia przetwarzania słuchowego dotyczące czysto słuchowych modalności (specyficzne/swoiste/samoistne APD) i na sprzężone trudności słuchowe, dotyczące już kilku modalności (niespecyficzne/nieswoiste/niesamoistne APD).

WNIOSKI

Wyniki własnych badań nad zaburzeniami w realizacji dźwięczności w odniesieniu do audiogennych uwarunkowań dobrostanu dzieci z desonoryzacją pozwalają stwierdzić, że:

1. w badaniach przesiewowych w wybranych testach psychoakustycznych wyższych funkcji słuchowych dzieci z desonoryzacją osiągają wyniki poniżej wiekowych norm, co wskazuje na potrzebę stosowania odpowiednich treningów słuchowych,
2. w badaniach psychologicznych u dzieci z desonoryzacją stwierdza się deficyty w zakresie modalności pozasłuchowych, dotyczące głównie procesów pamięci i uwagi, co wskazuje na potrzebę stosowania odpowiednich treningów poznawczych,
3. w przypadku zaburzeń desonoryzacyjnych koniecznym warunkiem logopedycznego postępowania diagnostyczno-terapeutycznego jest badanie przesiewowe w kierunku swoistego/nieswoistego APD oraz badania psychologiczne.

BIBLIOGRAFIA

- American Speech-Language Hearing Association, 2005, *(Central) auditory processing disorders (Technical report)*. Pobrano ze strony: www.asha.org/policy.
- American Speech-Language-Hearing Association, 1996, *Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice*, „American Journal of Audiology”, 5 (2), s. 41–54.

- Arnaut M.A., Agostinho C.V., Pereira L.D., Weckx L., Ávila C., 2011, *Auditory processing in dysphonic children*, „Braz. J. Otorhinolaryngol.”, 77(3), s. 362–8.
- Asbjørnsen A.E., Hugdahl K., 1995, *Attentional effects in dichotic listening*. *Brain and Language*, 49(3), s. 189–201.
- Attoni T.M., Quintas V.G., Mota H.B., 2010, *Evaluation of auditory processing and phonemic discrimination in children with normal and disordered phonological development*. „Brazilian Journal of Otorhinolaryngology”, 76, s. 762–768.
- Balen S.A., Moore D.R., Sameshima K., 2019, *Pitch and Duration Pattern Sequence Tests in 7-to 11-Year-Old Children: Results Depend on Response Mode*, „Journal of the American Academy of Audiology”, 30(1), s. 6–15.
- Bamiou D., Musiek F., Luxon L., 2001, *Aetiology and clinical presentations of auditory processing disorders – a review*, „Archives of Disease in Childhood”, 85(5), s. 361–365.
- Bellis T.J., 2003, *Assessment and Management of Central Auditory Processing Disorders in the Educational Setting, From Science to Practice*. 2nd ed. Clifton Park, NJ: Thomson Delmar Learning.
- Bethmann A., Tempelmann C., De Bleser R., Scheich H., Brechmann A., 2007, *Determining language laterality by fMRI and dichotic listening*. [Review], „Brain Research”, 1133(1), s. 145–157.
- Bless J.J., Westerhausen R., Torkildsen J.V.K., Gudmundsen M., Kompus K., Hugdahl K., 2015, *Laterality across languages: Results from a global dichotic listening study using a smartphone application*. *Laterality: Asymmetries of Body*, „Brain and Cognition”, 20(4), s. 434–452.
- Chaubet J., Pereira L., Perez A.P., 2014, *Temporal resolution ability in students with dyslexia and reading and writing disorders*, „International Archives of Otorhinolaryngology”, 18(2), s. 146–149. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363465>
- Chermak G., 2001, *Auditory processing disorder: An overview for the clinician*, „The Hearing Journal”, 54(7), s. 10–25.
- Chermak G., 2007, *Have we forgotten what (C)APD really is?*, „Hearing Journal”, vol. 60, Issue 9, s. 57.
- Dajos K., Piłka A., Senderski A., Kochanek K., Skarżyński H., 2013, *Wyniki testów ośrodkowych funkcji słuchowych u dzieci i młodzieży w wieku szkolnym*. „Otarynolaryngologia”, 12(3).
- Dajos-Krawczyńska K., 2016, *Dyskryminacja słuchowa w zakresie częstotliwości, intensywności i czasu trwania dźwięku – podstawy teoretyczne – przegląd literatury*, „Nowa Audiofonologia”, 5(1), s. 30–38.
- Dajos-Krawczyńska K., 2016, *Ocena zdolności separacji i integracji słuchowej: podstawy teoretyczne, dostępne testy – przegląd literatury*, „Nowa Audiofonologia”, 5(1), s. 23–29.
- Dajos-Krawczyńska K., Kochanek K., Piłka A., Biegun K., Jasińska J., Skarżyński H., 2014, *Wpływ wieku osoby badanej na wyniki rozdzielnościowego testu liczbowego*. „Nowa Audiofonologia”, 3(4), s. 28–35.
- Dajos-Krawczyńska K., Piłka A., Jędrzejczak W.W., Skarżyński H., 2013, *Diagnoza zaburzeń przetwarzania słuchowego – przegląd literatury*, „Nowa Audiofonologia”, 2(5), s. 9–14.
- Delecrode C.R., Cardoso A.C.V., Frizzo A.C.F., Guida H.L., 2014, *Pitch pattern sequence and duration pattern tests in Brazil: literature review*, „Revista CEFAC”, 16, s. 283–293.
- Fernandes M.A., Smith M.L., 2000, *Comparing the Fused Dichotic Words Test and the Intracarotid Amobarbital Procedure in children with epilepsy*, „Neuropsychologia” 38(9), s. 1216–1228.
- Fuente A., McPherson B., 2007, *Ośrodkowe procesy przetwarzania słuchowego: wprowadzenie i opis testów możliwych do zastosowania u pacjentów polskojęzycznych*, „Otarynolaryngologia”, 6(2).
- Giedd J.N., Blumenthal J., Jeffries N.O., Rajapakse J.C., Vaituzis A.C., Liu H., Berry Y.C., Tobin M., Nelson J., Castellanos F.X., 1999, *Development of the human corpus callosum during chil-*

- hood and adolescence: a longitudinal MRI study*, "Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry", 23(4), s. 571–588.
- Gósy M., Krepesz V., 2018, *Dichotic word recognition across ages*, „Govor”, 35(1), s. 3–26.
- Hiscock M., Kinsbourne M., 2011, *Attention and the right-ear advantage: What is the connection?*, „Brain and Cognition”, 76(2), s. 263–275.
- Hiscock M., Stewart C., 1984, *The effect of asymmetrically focused attention upon subsequent ear differences in dichotic listening*, „Neuropsychologia”, 22(3), s. 337–351.
- Hugdahl K., 2000, *Lateralization of cognitive processes in the brain*, „Acta Psychologica”, 105(2–3), s. 211–235.
- Hugdahl K., 2005, *Symmetry and asymmetry in the human brain*, „European Review”, 13(S2), s. 119–133.
- Hugdahl K., Andersson B., 1989, *Dichotic listening in 126 left-handed children: ear advantages, familial sinistrality and sex differences*, „Neuropsychologia”, 27(7), s. 999–1006.
- Hugdahl K., Carlsson G., Uvebrant P., Lundervold A.J., 1997, *Dichotic-listening performance and intracarotid injections of amobarbital in children and adolescents: preoperative and postoperative comparisons*, „Archives of Neurology”, 54(12), s. 1494–1500.
- Jerger J., Musiek F., 2000, *Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children*, „Journal of the American Academy of Audiology”, 11(9), s. 467–474.
- Katz J., Tillery K., 2004, *Central Auditory Processing*, [w:] *Classification of Developmental Language Disorders. Theoretical Issues and Clinical Implications*, Mahwah–New Jersey–London, s. 191–209.
- Keith R., 2004, *Zaburzenia procesów przetwarzania słuchowego – postępy w rozumieniu istoty choroby*, „Otorynolaryngologia” 3 (1), s. 7–14.
- Kimura D., 2011, *From ear to brain*, „Brain Cogn.” Jul., 76(2), s. 214–217.
- Kimura D., 1961a, *Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception*, „Canadian Journal of Psychology”, 15, s. 156–165.
- Kimura D., 1961b, *Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli*, „Canadian Journal of Psychology / Revue canadienne de psychologie”, 15(3), s. 166.
- Kimura D., 1967, *Functional asymmetry of the brain in dichotic listening*, „Cortex”, 3(2), s. 163–178.
- Knecht S., Deppe M., Dräger B., Bobe L., Lohmann H., Ringelstein E., Henningsen H., 2000, *Language lateralization in healthy right-handers*, „Brain”, 123 Pt 1, s. 74–81.
- Knecht S., Dräger B., Deppe M., Bobe L., Lohmann H., Flöel A., Ringelstein E.B., Henningsen H., 2000, *Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans*. „Brain”, 123 Pt 12, s. 2512–2518.
- Konopska L., 2015, *Desonoryzacja w dyslalii. Analiza artykulacyjna, akustyczna i audytywna*, Szczecin.
- Konopska L., 2017, *Pre-, peri- i wczesne postnatalne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją*, „Logopedia”, t. 46, s. 17–36.
- Konopska L., 2018, *Otologiczne i audiologiczne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją*, „Logopedia”, t. 47–2, s. 171–186.
- Konopska L., 2019, *Laryngologiczne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją*, „Logopedia”, t. 48–1, s. 251–270.
- Konopska L., Teresińska E., 2020, *Foniatryczne i fonacyjne uwarunkowania dobrostanu dzieci z desonoryzacją*, „Logopedia” t. 49(1), s. 25–46.
- Kruczyńska-Werner A., 2021, *Zdolność dyskryminacji słuchowej u dzieci z Alkoholowym Zespołem Płodowym*, „Logopedia”, t. 50(2), s. 11–26.

- Kurkowska E.H., 2020, *Centralne procesy przetwarzania słuchowego u dzieci z zaburzeniami mowy w wieku szkolnym*, rozprawa doktorska, Repozytorium Uniwersytetu Medycznego w Lublinie.
- Kurkowski Z., 2013, *Audiogenne uwarunkowania zaburzeń komunikacji językowej*, Lublin.
- Kurkowski Z.M., 2017, *Trudności słuchowe a ośrodkowe zaburzenia przetwarzania słuchowego z perspektywy logopedii*, „Logopedia”, t. 46, s. 105–111.
- Kurkowski Z.M., 2020, *Lateralizacja słuchowa – wybrane problemy diagnozy i terapii*, „Logopedia”, t. 47(1), s. 215–230.
- Lewandowska M., Milner R., Ganc M., Włodarczyk E., Dołżycka J., Skarżyński H., 2021, *Development of central auditory processes in Polish children and adolescents at the age from 7 to 16 years*, „Current Psychology”, 1–18.
- Luders E., Thompson P.M., Toga A.W., 2010, *The development of the corpus callosum in the healthy human brain*, „Journal of Neuroscience”, 30(33), s. 10985–10990.
- Marculino C.F., Rabelo C.M., Schochat E., 2011, *Gaps-in-Noise test: gap detection thresholds in 9-year-old normal-hearing children*. „Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia”, 23(4), s. 364–367.
- Moncrieff D.W., Musiek F.E., 2002, *Interaural asymmetries revealed by dichotic listening tests in normal and dyslexic children.*, „J Am Acad Audiol” 13, s. 428–437.
- Moncrieff D.W., 2011, *Dichotic listening in children: Age-related changes in direction and magnitude of ear advantage*, „Brain and Cognition”, 76(2), s. 316–322.
- Moncrieff D.W., Wilson R.H., 2009, *Recognition of randomly presented one-, two-, and three-pair dichotic digits by children and young adults*, „Journal of the American Academy of Audiology”, 20(1), s. 58–70.
- Moore D.R., Ferguson M.A., Edmondson-Jones A.M., Ratib S., Riley A., 2010, *Nature of auditory processing disorder in children*, „Pediatrics”, 126(2), e382–e390.
- Muluk N.B., Yalçinkaya F., Keith R.W., 2011, *Random gap detection test and random gap detection test-expanded: Results in children with previous language delay in early childhood*, „Auris, Nasus, Larynx”, 38(1), s. 6–13.
- Muniz L.F., Roazzi A., Schochat E., Teixeira C.F., Lucena J.A.D., 2007, *Avaliação da habilidade de resolução temporal, com uso do tom puro, em crianças com e sem desvio fonológico*, „Revista CEFAC”, 9, s. 550–562.
- Musiek F., 1994, *Frequency (pitch) and duration pattern tests*. „Journal of the American Academy of Audiology”, 5, s. 265–268.
- Musiek F., 2002, *The frequency pattern test: A guide*, “Hearing Journal”, vol. 55, issue 6, s. 58.
- Musiek F.E., Baran J.A., Pinheiro M.L., 1990, *Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions*, „Audiology: Official Organ of the International Society of Audiology”, 29(6), s. 304–313.
- Musiek F.E., 2001, *The frequency pattern test: A guide*, „The Hearing Journal”, 55(6), s. 58.
- Musiek F.E., 1983, *Assessment of central auditory dysfunction: The dichotic digit test revisited*, „Ear and Hearing”, 4(2), s. 79–83.
- Neijenhuis K., Snik A., Priester G., van Kordenoordt S., van den Broek P., 2002, *Age effects and normative data on a Dutch test battery for auditory processing disorders*, „Int J Audiol” 41, s. 334–346.
- Ohala J., 1983, *The Origin of Sound Patterns in Vocal Tract Constraints*, [w:] *The Production of Speech*, New York, s. 189–216.
- Ohala J., 1997, *Aerodynamics of Phonology, Proceedings of the Seoul International*, Berkeley.
- Ohala J., Riordan C., 1979, *Passive Vocal Tract Enlargement during Voiced Stops*, [w:] *Speech Communication Papers*, red. J.J. Wolf, D.H. Klatt, s. 89–92.

- Paus T., Zijdenbos A., Worsley K.J., Collins D.L., Blumenthal J.D., Giedd J.N., Rapoport J.L., Evans A.C., 1999, *Structural maturation of neural pathways in children and adolescents: in vivo study*, „*Science*”, 283 5409, s. 1908–1911.
- Penner M.J., 1977, *Detection of temporal gaps in noise as a measure of the decay of auditory sensation*, „*The Journal of the Acoustical Society of America*”, 61(2), s. 552–557.
- Sahli S., 2009, *Auditory processing disorder in children: Definition, assessment and management*, „*Journal of International Advanced Otolology*”, 5(1), s. 104–115.
- Santos J.L.F.D., Parreira L.M.M.V., Leite R.D.C.D., 2010, *Habilidades de ordenação e resolução temporal em crianças com desvio fonológico*, „*Revista Cefac*”, 12, s. 371–376.
- Senderski A., 2002, *Diagnostyka centralnych zaburzeń przetwarzania słuchowego. Algorytm postępowania diagnostycznego*. Ifps.org.pl. Materiały dydaktyczne.
- Senderski A., 2007, *Ośrodkowe zaburzenia słuchu u dzieci w wieku szkolnym. Materiały informacyjne, instrukcje do testów*, Warszawa.
- Shapiro S., 2003, *Bilirubin toxicity in the developing nervous system*, „*Pediatric Neurology*”, 29(5), s. 410–421.
- Shapiro S., Nakamura H., 2001, *Bilirubin and the auditory system*, „*Journal of Perinatology: Official Journal of the California Perinatal Association*”, 21, s. 52–5.
- Shinn J.B., 2003, *Temporal processing: The basics*, „*Hearing Journal*”, 56(7), s. 52.
- Shinn J.B., Chermak, G.D., Musiek F.E., 2000, *GIN (Gaps-In-Noise) performance in the pediatric population*, „*Journal of the American Academy of Audiology*”, 20(4), s. 229–238.
- Stavrinou G., Iliadou V.M., Edwards L., Sirimanna T., Bamiau D.E., 2018, *The relationship between types of attention and auditory processing skills: reconsidering auditory processing disorder diagnosis*, „*Frontiers in Psychology*”, 9, 34.
- Studdert-Kennedy M., Shankweiler D., 1970, *Hemispheric specialization for speech perception*, „*The Journal of the Acoustical Society of America*”, 48(2B), s. 579–594.
- Szkielkowska A., 2012, *Ocena wyższych procesów słuchowych w dysfonii dziecięcej*, Warszawa.
- Szkielkowska A., Senderski A., Ratyńska J., Markowska R., Kurkowski Z.M., Mularzuk M., 2004, *Zaburzenia procesów przetwarzania słuchowego u dzieci z dysleksją rozwojową*, „*Audiofoniologia*”, 26, s. 63–65.
- Szkielkowska A., Włodarczyk E., Senderski A., Ganc M., Skarżyński H., 2009, *Ocena procesów przetwarzania słuchowego u dzieci z dyslalią*, „*Otolaryngologia Polska*”, 63 (1), s. 54–57.
- Szkielkowska A., Włodarczyk E., Piłka A., 2018, *Reference values of selected auditory temporal processing tests for Polish school children*, „*Polish Journal of Otolaryngology*”, 72(6), s. 31–36.
- Tomlin D., Dillon H., Sharma M., Rance G., 2015, *The impact of auditory processing and cognitive abilities in children*, „*Ear and Hearing*”, 36(5), s. 527–542.
- Tramo M.J., Cariani P.A., Koh C.K., Makris N., Braidă L.D., 2005, *Neurophysiology and neuroanatomy of pitch perception: auditory cortex*, „*Annals of the New York Academy of Sciences*”, 1060, s. 148–174.
- Van der Haegen L., Westerhausen R., Hugdahl K., Brysbaert M., 2013, *Speech dominance is a better predictor of functional brain asymmetry than handedness: a combined fMRI word generation and behavioral dichotic listening study*, „*Neuropsychologia*”, 51(1), s. 91–97.
- Villar González P., Güntürkün O., Ocklenburg S., 2020, *Lateralization of auditory processing of Silbo Gomero*, „*Symmetry*”, 12(7), s. 1183.
- Westerhausen R., Samuelsen F., 2020, *An optimal dichotic-listening paradigm for the assessment of hemispheric dominance for speech processing*, „*Plos One*”, 15(6), e0234665.
- Wightman F., Allen P., Dolan T., Kistler D., Jamieson D., 1989, *Temporal resolution in children*, *Child Development*, s. 611–624.

- Włodarczyk E.A., Szkielkowska A., Skarżyński H., Miaśkiewicz B., Skarżyński P.H., 2019, *Reference values for psychoacoustic tests on Polish school children 7–10 years old*, „Plos One”, 14(8), e0221689.
- Wojnowski W., 2012, *Zaburzenia ośrodkowego przetwarzania słuchowego w praktyce neurologopedycznej*, [w]: *Wprowadzenie do logopedii*, red. A. Obrębowski, Poznań, s. 311–318.
- Zaidan E., Baran J.A., 2013, *Gaps-in-noise (GIN©) test results in children with and without reading disabilities and phonological processing deficits*, „International Journal of Audiology”, 52(2), s. 113–123.