

MARTA WYSOCKA

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Katedra Logopedii i Językoznawstwa Stosowanego
<https://orcid.org/0000-0002-7728-6102>

Kształtowanie sprawności językowych przez trening muzyczny. O mechanizmach przetwarzania muzyki i mowy

Developing Language Skills by Music Training.
About the Mechanisms of Music and Speech Processing

STRESZCZENIE

Związki muzyki i języka są przedmiotem wielu badań. Oprócz zachodzących między nimi podobieństw natury akustycznej, istnieją również wspólne cechy dotyczące procesów ich percepcji. Celem artykułu jest omówienie dostępnych w literaturze ustaleń, które dotyczą mechanizmów przetwarzania języka i muzyki. Szczególną uwagę zwrócono na przetwarzanie czasowe, ze względu na jego istotną rolę w procesach percepcyjnych i znaczenie w działaniach służących terapii zaburzeń mowy oraz stymulacji jej rozwoju.

Słowa kluczowe: przetwarzanie słuchowe, związki muzyki i języka, muzyka w terapii logopedycznej

SUMMARY

The relationship between music and language is the subject of many research. In addition to the acoustic similarities between them, there are also common features regarding their perception processes. The purpose of this article is to discuss the findings available in the literature that deal with the processing mechanisms of language and music. Particular attention was paid to temporal processing, due to its important role in perceptual processes and its significance in activities aimed at treating speech disorders and stimulating its development.

Key words: auditory processing, relationship of music and language, music in speech therapy

WPROWADZENIE

Wobec rosnącej liczby dowodów naukowych potwierdzających pozytywny wpływ treningu muzycznego na rozwój i odbudowę funkcji związanych z percepcją i ekspresją mowy warto jest prześledzić podobieństwa muzyki i mowy, które leżą u podstaw możliwości tego oddziaływania. Podobieństwa te występują na różnych poziomach: akustycznym, audytywnym, strukturalnym. Badania nad neurobiologią przetwarzania muzyki i mowy oraz nad procesami uczenia się ich również dostarczają danych wskazujących na pewne cechy wspólne.

Między muzyką i językiem istnieją też oczywiście liczne różnice, dotyczące ich struktur i funkcji, bo muzyka jest przecież muzyką, a język językiem, jednak to właśnie ich podobieństwa są szczególnie fascynujące i stwarzają możliwości wykorzystania muzyki w działaniach ukierunkowanych na rozwój mowy i terapię jej zaburzeń.

Cechy wspólne języka i muzyki mają swoją genezę w rozwoju gatunkowym człowieka. W dawnych etapach ewolucyjnych człowieka istniał tak zwany „muzojęzyk” (Brown 2000; Masataka 2007), oparty na zachowaniach wokalnych, po czym język zaczął się rozwijać w kierunku przekazywania konkretnych znaczeń i regulacji życia społecznego, dążąc do tworzenia jednostek pozwalających na dokładne przekazywanie znaczeń, muzyka zaś związała się ze sferą emocji, więzi społecznych, sacrum, obrzędowości i twórczości artystycznej.

Również obserwacja mechanizmów przyswajania mowy i muzyki w ontogenezie człowieka dostarcza dowodów na ich powiązania (Trehub, Trainor, Unyk 1993; McMullen, Saffran 2004; Brandt, Gebrian, Slevc 2012; Wysocka 2012).

Język i muzyka to wielopoziomowe systemy. Zorganizowane są według określonych reguł, których zastosowanie umożliwia utworzenie ogromnej liczby struktur z określonego repertuaru elementów. Podstawowe jednostki językowe i muzyczne uporządkowane są w sekwencje o różnym stopniu złożoności (Patel 2008; 2011). Percepcja tych jednostek ma charakter kategoryalny (Podlipniak 2017; Shön, Morillon 2019). Na zasadzie analogii do języka muzykę analizuje się pod względem fonologicznym, syntaktycznym i semantycznym (Sloboda 2002; Patel 2008).

W artykule zostaną zaprezentowane dostępne w literaturze ustalenia dotyczące podobieństw mechanizmów przetwarzania języka i muzyki. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na przetwarzanie czasowe, ze względu na jego istotną rolę w procesach percepcyjnych i znaczenie w działaniach służących terapii zaburzeń mowy oraz stymulacji jej rozwoju (por. Wysocka 2022).

PERCEPCJA JĘZYKA I MUZYKI

Wczesne badania nad percepcją języka i muzyki oparte były na przekonaniu, że stanowią one dwa odmienne obszary aktywności ludzkiej. Język był postrzegany jako formalny system różnych elementów służący do komunikowania się. Muzykę traktowano jako aktywność artystyczną. W takie rozróżnienie dobrze wpisała się idea, zgodnie z którą te dwie odrębne domeny wymagają zaangażowania różnych części mózgu. W odniesieniu do muzyki rozwinęła się neuropsychologia muzyki, w której muzyka jest badana jako specyficzna ludzka zdolność, szczególnie rozwinięta u osób z wykształceniem muzycznym – kompozytorów, dyrygentów, instrumentalistów. Badania z zakresu neuropsychologii muzyki obfitują w studia przypadków muzyków z uszkodzeniami mózgu, w których wskazywano zależności między miejscem uszkodzenia a zaburzoną funkcją muzyczną (Patel 2007; Thaut, Hodges 2019).

Badacze od dawna próbują odpowiedzieć na pytanie, czy muzyka i język mają wspólne podłoże neuronowe, czy w ich przetwarzanie zaangażowane są te same czy inne sieci neuronalne. Istnieje koncepcja, zgodnie z którą możliwe jest istnienie sąsiadujących ze sobą sieci neuronowych, odpowiadających za przetwarzanie muzyki, i sieci aktywnych w przetwarzaniu mowy. Ta koncepcja legła u podstaw popularnej wśród badaczy zajmujących się związkami muzyki i języka hipotezy OPERA (będącej akronimem wyrazów: *overlap, precision, emotion, repetition, attention*), (Brown, Martinez, Parsons 2006; Patel 2011). Zgodnie z założeniem nakładania się sieci neuronalnych uczestniczących w przetwarzaniu cech akustycznych muzyki i mowy (*overlap*), odbiór muzyki podnosi aktywność neuronów biorących udział w przetwarzaniu mowy, które mogą funkcjonować efektywniej. Dodatkowo percepcja muzyki wymaga dużej precyzji przetwarzania ze względu na to, że w jej odbiorze ważne są nawet drobne różnice parametrów dźwięków (w przetwarzaniu mowy w razie zniekształcenia akustycznego sygnału można wykorzystać kontekst fonetyczny, semantyczny, składniowy i pragmatyczny). Precyzja przetwarzania kształcona podczas kontaktu z muzyką może być wykorzystana w analizie sygnału mowy. Aktywność muzyczna wyzwała pozytywne emocje, które mogą dodatnio wpływać na efektywność przetwarzania mowy. Zarówno one, jak i sama czynność powtarzania, sprzyjają większej aktywności połączeń neuronalnych. Podtrzymuje ją także konieczny w działaniach muzycznych wysoki poziom uwagi.

Jeśli chodzi o przyporządkowanie do konkretnych obszarów mózgu czy sieci neuronalnych przetwarzania całego języka i całej muzyki, to od dawna już wiadomo, że taka koncepcja nie ma potwierdzenia w wynikach badań eksperymentalnych. Badacze skupiają się zatem na śledzeniu aktywności neuronalnych w bardziej elementarnych funkcjach językowych i muzycznych. Rozwój różnych

technik badań neuroobrazowych przyniósł nowe możliwości. Nacisk został położony na badanie budowy i funkcjonowania określonych sieci neuronalnych. Łatwiejsze stało się również pozyskiwanie danych dotyczących przetwarzania muzyki w mózgach osób zdrowych. Przyrost nowych danych umożliwił wyodrębnienie bardziej elementarnych operacji percepcyjno-poznawczych w zakresie przetwarzania języka i muzyki.

Ze względu na duży stopień skomplikowania formalnego języka i muzyki oraz pełnienie przez nie funkcji komunikacyjnych ich przetwarzanie wymaga dużej liczby różnych operacji percepcyjnych i poznawczych. Podstawowa jest umiejętność rozróżniania dźwięków. Podstawą tego rozróżniania jest charakterystyka akustyczna dźwięków, ich odbiór przez układ słuchowy i interpretacja. Kora słuchowa jest asymetryczna w stosowaniu czasowych okien analizy, przy czym lewa kora słuchowa preferuje krótkie okna integracji, przetwarzając głównie informacje o pojedynczych dźwiękach i ich cechach. Prawa kora słuchowa preferuje dłuższe okna, analizując grupy dźwięków i ich cechy (Poeppel 2003; Giraud et al. 2007).

Kolejną operacją percepcyjno-poznawczą jest kategoryzacja dźwięków. Kategoryzacja pozwala zrozumieć obserwowane zjawiska, nadać im sens poprzez zredukowanie ich wewnętrznej różnorodności do ograniczonej liczby kategorii. Reprezentacje kategoryjne dźwięków są prawdopodobnie rozłożone w połączeniach neuronalnych w obrębie kory słuchowej, w tym w pierwotnych obszarach słuchowych (Belin et al. 2000; Rauschecker, Scott 2009), chociaż obszary motoryczne wydają się również aktywne, na przykład w przetwarzaniu cech akustycznych fonemów (Cheung et al. 2016).

Bardzo ważnym mechanizmem jest grupowanie, gdyż rzadko odbieramy dźwięki w izolacji. Grupowanie polega na budowaniu struktury przy aktywnym udziale pamięci roboczej, pozwalającej na kontrolowanie rozłożenia w czasie elementów struktury i ich cech. Pojedyncze dźwięki są więc grupowane w większe jednostki, a proces ten zależy od naszych wcześniejszych doświadczeń z takimi dźwiękami. Grupowanie odbywa się według różnych strategii, pozwalających na tworzenie zróżnicowanych sekwencji według wcześniej poznanych zasad systemu językowego czy muzycznego (Shön, Morillon 2019).

W perspektywie wykorzystania muzyki w logopedii interesującym podejściem jest badanie wzajemnego wpływu różnych poziomów przetwarzania muzyki i języka. W tego typu badaniach często analizuje się wpływ organizacji muzycznej na poziom składniowy języka. Badaczom udało się udowodnić, że nieoczekiwane zdarzenia melodyczne lub harmoniczne w muzyce uaktywniają neurony zaangażowane w kontrolowanie składni w mowie (Koelsch et al. 2005; Fedorenko et al. 2009; Carrus, Pearce, Bhattacharya 2013). Szczególnie ciekawych wniosków dostarczają badania neuroobrazowania mózgu podczas aktyw-

ności, która łączy w sobie przetwarzanie muzyczne i językowe – czyli słuchania i autokontroli słuchowej śpiewu. W swoim eksperymencie Daniele Schön i współpracownicy (2010) udowodnili obustronne zaangażowanie neuronów w środkowym i górnym zakręcie skroniowym oraz w dolnym i środkowym zakręcie czołowym, zarówno podczas słuchania mówionych słów, jak i śpiewanych słów oraz wokalizowania, czyli wykonywania melodii bez słów. Wyniki badań dowodzą więc istnienia wspólnych neuronowych zasobów dla przetwarzania mowy i muzyki. Do podobnych wniosków doszli Daniela Sammler i współpracownicy (2010), podkreślając silny związek między poziomami fonologicznym i melodycznym w śpiewie. Wzajemne oddziaływanie tych poziomów potwierdza się również w powszechnej obserwacji, skłaniającej do wniosku, że uczymy się szybciej tekstu śpiewanego niż mówionego, co udało się badaczom potwierdzić również w badaniach (Schön et al. 2008).

CZASOWE PRZETWARZANIE MUZYKI I MOWY

Wyniki wielu nowszych badań pokazują, że kluczem do zrozumienia procesu przetwarzania informacji jest analiza czasowego przetwarzania bodźców. Badacze wskazują na istnienie pewnych czasowych algorytmów neuronowych, odpowiedzialnych za przetwarzanie informacji na różnych poziomach. Bardzo popularna w badaniach nad sygnałem mowy jest hipoteza asymetrycznego próbkowania w czasie (Giraud, Poeppel 2012). Zakłada ona, że sygnał mowy jest wielowymiarowy i cechuje się z organizacją hierarchiczną, na której poszczególnych poziomach znajdują się informacje subsegmentalne, segmentalne, sylabiczne, prozodyczne i semantyczne. Sygnały te przetwarzane są równolegle i sekwencyjnie w różnych „oknach czasowej percepcji”, które odpowiadają falom mózgowym *gamma*, *beta*, *theta* i *delta*. W oknie *gamma* odbywa się przetwarzanie informacji subsegmentalnych, związanych z cechami fonemów, z częstotliwością około 30–50 Hz (20–30 ms). W oknie *beta* (ok. 15–30 Hz; 30–60 ms) przetwarzane są informacje segmentalne, pozwalające na różnicowanie poszczególnych fonemów, w oknie *theta* (ok. 4–7 Hz, 125–250 ms) analizowane są informacje na poziomie sylaby, a w oknie *delta* (ok. 1–2 Hz, 500 ms–1 s) zachodzi integracja informacji uzyskanych z przetwarzania danych w krótszych oknach, która pozwala na kontrolę prozodyczną wypowiedzi i wnioskowanie o jej znaczeniu. (Giraud, Poeppel 2012; Peelle, Davis 2012; Bourguignon et al. 2013).

Poszczególne „okna czasowej percepcji” odpowiadają pod względem częstotliwości bioelektrycznym wyładowaniom w mózgu. W przetwarzanie mowy angażują się połączenia neuronów zlokalizowane w korze skroniowej, czołowej, mózdzku oraz wzgórzu (Kotz, Schwartze 2016). Generują one powiązane ze sobą oscylacje, wśród których, zależnie od ich częstotliwości, wyróżnia się pięć

typów, odpowiadających omówionej wyżej częstotliwości fal mózgowych *gamma*, *beta*, *alfa*, *theta* i *delta*. Oscylacje wpływają na siebie pod względem regulacji fazy, przy czym za najważniejszy w przetwarzaniu mowy uznany jest oscylator *theta*, śledzący rytm sylabiczny i w największym stopniu regulujący fazy pozostałych oscylatorów, dostrajających się do niego. Optymalną zrozumiałość mowy osiąga się, gdy rytm sylab mieści się w zakresie rytmów mózgowych o częstotliwości *theta* (średnio około 5 Hz), co odpowiada umiarkowanemu tempu mowy, w którym to realizowanych jest około pięciu sylab na sekundę (Gitza 2011; Wagner 2017).

Należy podkreślić, że przetwarzanie słuchowe opiera się przede wszystkim na detekcji obwiedni amplitudy, a więc zmian amplitudy sygnału – postrzeganiu jej narastania i największej wartości. Jednostki w mowie i w muzyce zbudowane są z elementów mocnych (o większym wychyleniu amplitudy drgań) i słabych. Umiejętność przewidywania ich występowania w czasie jest podstawą segmentacji ciągu mownego i rozumienia mowy oraz percepcji muzyki (Bion, Benavides-Varela, Nespor 2011; Kotz, Schwartze 2016).

Muzyka, podobnie jak mowa, charakteryzuje się również wielopoziomą strukturą, a jej organizacja czasowa porządkowana jest przez rytm i metrum, które to buduje się na skutek naprzemiennego występowania mocnych i słabych pulsów. Jednak tempa modulacji czasowej mowy i muzyki różnią się. Podczas gdy modulacja czasowa, związana z występowaniem sygnału o silniejszej amplitudzie (samogłoska w sylabie) wynosząca około 5 Hz, charakteryzuje przede wszystkim mowę, to w muzyce wynosi ona około 2 Hz (120 uderzeń na minutę). Jednak eksperymenty wskazują, że oscylator *theta* może być wiodący w przetwarzaniu słuchowym nie tylko mowy, ale również muzyki. Tak więc prawdopodobnie jest to mechanizm głęboko ugruntowany biologicznie, niezależny od natury sygnału akustycznego (Farbood et al. 2015). W perspektywie oddziaływań logopedycznych ten wniosek wydaje się ważny. Uwzględnienie obwiedni amplitudy zmieniającej się w okresie 5 Hz w materiale dźwiękowym przeznaczonym do usprawniania przetwarzania mowy może przynieść dobre rezultaty terapeutyczne na różnych poziomach organizacji języka.

Niezależnie jednak od dokładnej charakterystyki rytmicznej mowy i muzyki najbardziej wspólną cechą ich sygnałów akustycznych jest to, że mają one silne ograniczenia czasowe, czyli główną częstotliwość modulacji, co daje możliwość kształtowania silnych przewidywań czasowych podczas ich percepcji, a przewidywania czasowe odgrywają podstawową rolę w sposobie, w jaki próbujemy informacje sensoryczne, w szczególności w modalności słuchowej (Nobre, van Ede 2018) i optymalizują ich przetwarzanie (Rohenkohl et al. 2012; Morillon et al. 2016).

Co ciekawe, szacowanie rozłożenia elementów percepcyjnych w czasie powiązane jest z wewnętrzną, nieświadomą symulacją ruchów cechujących większość naturalnych aktywności (Arnal, Giraud 2012), przy czym sygnały motoryczne wychodzące, które są generowane podczas synchronizowania naszych działań z przewidywalnymi wydarzeniami, są również generowane podczas biernej percepcji takich regularności (Patel, Iversen 2014). Tak więc w proces przetwarzania w czasie zaangażowany jest układ motoryczny, a różnorodność schematów motorycznych, którymi dysponujemy, umożliwia przewidywanie występowania zdarzeń sensorycznych z dużą dokładnością (Morillon et al. 2016; Schubotz 2007) i pomaga w dostrzeganiu bodźców istotnych.

Choć, zarówno w muzyce jak i mowie, przewidywania czasowe są kluczowe dla ich percepcji, trzeba jednak podkreślić, że różnią się one w obu tych domenach. Przede wszystkim muzyka jest od mowy o wiele bardziej rytmiczna, więc i przewidywania muszą być bardziej precyzyjne. Ponadto przewidywania „muzyczne”, sprzężone z aktywnościami neuronowymi zaangażowanymi w motorykę, oprócz ułatwienia percepcji muzyki mają na celu wzbudzić pragnienie ruchu. Rytm w muzyce jest sam w sobie elementem wyrazowym – przekazuje określone znaczenia muzyczne, wywołuje uczucie przyjemności z obcowania z muzyką (Vuust, Witek 2014).

W mowie przewidywania czasowe mają za zadanie usprawnić percepcję sygnału mowy i pomóc w jej rozumieniu. Ponadto sygnał mowy nie ma tak regularnej struktury czasowej jak sygnał muzyczny. Stąd też zastosowanie treningu muzycznego, wymagającego znacznej precyzji przetwarzania i budującego połączenia między „korą słuchową” i „korą ruchową”, przynosi dobre rezultaty w kształtowaniu uniwersalnych mechanizmów percepcyjnych, wykorzystywanych również w percepcji mowy (m.in. Falk, Lanzilotti, Schön 2017).

WPŁYW TRENINGU MUZYCZNEGO NA SPRAWNOŚCI JĘZYKOWE

W wyjaśnieniach istoty wpływu treningu muzycznego na poprawę sprawności językowych często używa się terminu „transfer uczenia się”. Wobec niejasności tego terminu i zawilości tłumaczenia mechanizmu przenoszenia niektórzy badacze (np. Shon, Morillon 2019), proponują rezygnację z niego na rzecz hipotezy, że te tak zwane „efekty transferu” są spowodowane istnieniem elementarnych funkcji umożliwiających percepcję dźwięku, które są współdzielone przez przetwarzanie muzyki i języka. Według tego podejścia podstawą omawianego wpływu jest nie tyle wykorzystywanie podczas percepcji mowy konkretnych, często skomplikowanych, wykształconych podczas treningu muzycznego sprawności, ale współdzielenie elementarnych operacji percepcyjnych, zlokalizowane

w sieciach podkorowych. Trening muzyczny wzmacnia połączenia podkorowe i korowe, usprawniając przetwarzanie słuchowe na różnych poziomach i umożliwiając także kontrolę korową nad aktywnością podkorową, co przyczynia się do rozwoju świadomości dotyczącej cech dźwięków (Tenenbaum et al. 2011).

Wyniki licznych badań pokazują, że muzycy mają większą sprawność w zakresie przetwarzania cech dźwięku: częstotliwości podstawowej (m.in. Schön et al. 2004; Wong et al. 2007), szybkich przejść formantowych (Parbery-Clark et al. 2012), składowych harmonicznym (Kraus, Chandrasekaran 2010), selektywności bodźców (Parbery-Clark, Skoe, Kraus 2009), zarówno w odniesieniu do dźwięków muzyki, jak i mowy. Efekty treningu utrzymują się przez wiele lat i mogą też odnosić się do bodźców nowych, niebędących przedmiotem treningu (Skoe, Kraus 2012).

Przyczyną budowania tak trwałych i różnorodnych połączeń neuronalnych jest wielowymiarowość treningu muzycznego. Wykorzystuje on percepcję słuchową, wzrokową i ich koordynację, aktywności ruchowe oraz koordynację percepcyjno-motoryczną. Wymaga wysokiego poziomu koncentracji i selektywności uwagi, kontroli motorycznej, wydolności pamięci, wysokiego poziomu funkcji wykonawczych (Elmer, Dittinger, Besson 2019). Rozwinięte w percepcji dźwięków muzyki kodowanie percepcyjne i kategoryzacja dźwięków muzyki ułatwiają słuchowe przetwarzanie mowy.

Muzycy są skuteczniejsi w uczeniu się słuchowo-motorycznym niż osoby niebędące muzykami (Barrett et al. 2013), a przyczynę tego upatruje się w stosowaniu przez nich różnych strategii integracji, przy czym muzycy polegają bardziej na informacjach słuchowych, a osoby niebędące muzykami – na informacjach wizualnych (Paraskevopoulos et al. 2014).

Stosunkowo niewiele badań podejmuje problematykę wpływu treningu muzycznego na przetwarzanie czasowe mowy. Zagadnienie to wydaje się kluczowe wobec tego, że przetwarzanie zmian amplitudy w czasie jest kluczowym mechanizmem zaangażowanym w percepcję mowy, o czym była już mowa w niniejszym artykule. Badaczom udało się ustalić, że muzycy są bardziej wrażliwi na niewielkie zmiany czasowe w mowie (Marie, Magne, Besson 2011). Lepiej też radzą sobie z segmentacją strumienia mowy na sylaby, wyrazy i zdania, a trening muzyczny poprawia tę umiejętność także u dzieci (François et al. 2012; Yang et al. 2022). Niezmiernie ważne w kontekście podkreślanej w literaturze przedmiotu dużej wagi przetwarzania czasowego w percepcji mowy wydają się doniesienia o wpływie określonej stymulacji muzycznej na percepcję mowy. Badania wykazały, że zastosowanie muzycznej stymulacji rytmicznej poprawia przetwarzanie mowy. Dzieje się tak na różnych poziomach organizacji języka. W eksperymentach tego typu często wykorzystuje się rytmiczny *priming*, czyli poprzedenie zadania językowego poprzez muzyczną sekwencję rytmiczną. Pozytywny

wpływ takiej procedury na percepcję fonematyczną potwierdzono w badaniach dzieci z uszkodzonym narządem słuchu (Cason et al. 2015). Poprzedzenie prezentowanego w badaniu materiału językowego (zdań) strukturą rytmiczną i zrytmizowanie go w ten sam sposób poprawia percepcję jego struktury fonemowej, a sprawność tę dodatkowo wzmacnia trening rytmiczno-ruchowy, angażujący połączenia słuchowo-ruchowe (Cason, Astésano, Schön 2015). Kolejne badania udowodniły wpływ regularności rytmicznych na trafność ocen dotyczących budowy gramatycznej zdań. W eksperymencie z udziałem 5–8-letnich anglojęzycznych dzieci wykazano, że poprzedzenie ekspozycji zdań regularnymi muzycznymi sekwencjami rytmicznymi poprawia umiejętność wykrywania w zdaniach błędów gramatycznych (Chern, Tillmann, Vaughan, Gordon 2018). Efekt taki zauważono również u dzieci z opóźnionym rozwojem mowy (Przybylski et al. 2013).

Wykorzystanie muzyki w celu kształtowania słuchowych sprawności językowych stosowane jest w wielu treningach słuchowych (Kurkowski 2013, Kruczyńska-Werner 2018). Wobec istnienia silnego związku tak ważnego dla percepcji mowy przetwarzania czasowego z aktywnością motoryczną szczególnie cenne wydają się treningi rytmiczne i podejście, zgodnie z którym powinna im towarzyszyć aktywność ruchowa, najlepiej czynna, nie tylko wyobrażona (Morillon, Baillet 2017). Taka aktywność buduje i utrwała liczne połączenia neuronalne, dzięki czemu mechanizmy percepcyjne wypracowane podczas aktywności muzycznych mają większą szansę na uaktywnienie się i utrwalenie podczas przetwarzania mowy.

ZAKOŃCZENIE

Zastosowanie muzyki w celu wspierania rozwoju mowy i terapii zaburzonych funkcji warunkujących posługiwanie się mową ma w logopedii długą tradycję (por. Wysocka 2018; Lee, Thaut, Santoni 2019). U podstaw takich działań legło przekonanie o podobieństwach muzyki i mowy oraz obserwacje pozytywnego wpływu aktywności związanych z muzyką na sprawności językowe. To, co wiele lat temu znajdowało się w sferze intuicji, obecnie znalazło potwierdzenie w wynikach licznych badań empirycznych. Pomimo tego, że muzyka i język wykazują szereg różnic dotyczących budowy i funkcji, to istnienie wspólnych biologicznych mechanizmów leżących u podstaw ich percepcji sprawia, że muzyka ma wpływ na procesy przetwarzania mowy. Wnioski z badań pozwalają na stwierdzenie, że aktywności muzyczne rozwijają sprawności językowe na różnych poziomach organizacji języka. Aktywnością o szczególnym znaczeniu są ćwiczenia rytmiczne, które usprawniają czasowe przetwarzanie mowy, będące podstawą jej percepcji. Pozwalają one budować umiejętność przewidywania elementów w cza-

sie, a połączone z ruchem tworzą silne neuronalne połączenia słuchowo-ruchowe. Obie te sprawności warunkują percepcję sygnału mowy i kontrolę własnych wypowiedzi. Niosą więc ze sobą duży potencjał terapeutyczny, związany z zastosowaniem ćwiczeń rytmicznych w terapii rozmaitych zaburzeń mowy.

BIBLIOGRAFIA

- Arnal L., Giraud A.L., 2012, *Cortical oscillations and sensory predictions*, „Trends in Cognitive Sciences”, 16(7), s. 390–398, doi: 10.1016/j.tics.2012.05.003.
- Barrett K.C., Ashley R., Strait D. L., Kraus N., 2013, *Art and science: how musical training shapes the brain*, „Frontiers in Psychology”, 4, 713, doi: 10.3389/fpsyg.2013.00713.
- Belin P., Zatorre R.J., Lafaille P., Ahad, P., Pike B., 2000, *Voice-selective areas in human auditory cortex*, „Nature”, 403(6767), s. 309–312, doi: 10.1038/35002078.
- Bion R.A.H., Benavides-Varela S., Nespor M., 2011, *Acoustic markers of prominence influence infants' and adults' segmentation of speech sequences*, „Language and Speech”, 54(1), s. 123–140, doi: 10.1177/0023830910388018.
- Brandt A., Gebrian M., Slevc L.R., 2012, *Music and early language acquisition*, „Frontiers in Psychology”, 3, s. 1–17, doi: 10.3389/fpsyg.2012.00327.
- Bourguignon M., De Tiège X., De Beeck M.O., Ligot N., Paquier P., Van Bogaert P. et al., 2013, *The pace of prosodic phrasing couples the listener's cortex to the reader's voice*, „Human Brain Mapping”, 34, s. 314–326, doi: 10.1002/hbm.21442.
- Brown S., 2000, *The “musilanguage” model of music evolution*, [w:] *The origins of music*, red. N.L. Wallin, B. Merker, S. Brown, Cambridge, s. 271–300.
- Brown S., Martinez M.J., Parsons L.M., 2006, *Music and language side by side in the brain: a PET study of the generation of melodies and sentences*, „European Journal of Neuroscience”, 23, s. 2791–2803, doi: 10.1111/j.1460-9568.2006.04785.x.
- Carrus E., Pearce M.T., Bhattacharya J., 2013, *Melodic pitch expectation interacts with neural-responses to syntactic but not semantic violations*, „Cortex”, 49(8), s. 2186–2200, doi: 10.1016/j.cortex.2012.08.024.
- Cason N., Astésano C., Schön D., 2015, *Bridging music and speech rhythm: Rhythmic priming and audio-motor training affect speech perception*, „Acta Psychologica”, 155, s. 43–50, doi: 10.1016/j.actpsy.2014.12.002.
- Cason N., Hidalgo C., Isoard F., Roman S., Schön, D., 2015, *Rhythmic priming enhances speech production abilities: Evidence from prelingually deaf children*, „Neuropsychology”, 29(1), s. 102–107, doi: 10.1037/neu0000115.
- Chern A., Tillmann B., Vaughan C., Gordon R.L., 2018, *New evidence of a rhythmic priming effect that enhances grammaticality judgments in children*, „Journal of Experimental Child Psychology”, 173, s. 371–379, doi: 10.1016/j.jecp.2018.04.007.
- Cheung C., Hamilton L.S., Johnson K., Chang E.F., 2016, *The auditory representation of speech sounds in human motor cortex*, „eLife”, 5, e12577, doi: 10.7554/eLife.12577.
- Elmer S., Dittinger E., Besson M., 2019, *One Step Beyond Musical Expertise and Word Learning*, [w:] *The Oxford Handbook of Voice Perception*, red. S. Frühholz, P. Belin, Oxford, s. 209–234.
- Falk S., Lanzilotti C., Schön, D., 2017, *Tuning neural phase entrainment to speech*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 29(8), s. 1378–1389, doi: 10.1162/jocn_a_01136.
- Farbood M.M., Rowland J., Marcus G., Ghitza O., Poeppel D., 2015, *Decoding time for the identification of musical key*, „Attention, Perception, & Psychophysics”, 77(1), s. 28–35, doi: 10.3758/s13414-014-0806-0.

- Fedorenko E., Patel A., Casasanto D., Winawer J., Gibson E., 2009, *Structural integration in language and music: Evidence for a shared system*, „Memory & Cognition”, 37(1), s. 1–9, doi: 10.3758/MC.37.1.1.
- François C., Chobert J., Besson M., Schön, D., 2012, *Music training for the development of speech segmentation*, „Cerebral Cortex”, 23(9), s. 2038–2043, doi: 10.1093/cercor/bhs180.
- Ghitza O., 2011, *Linking speech perception and neurophysiology: speech decoding guided by cascaded oscillators locked to the input rhythm*, „Frontiers in Psychology”, 27, doi: 10.3389/fpsyg.2011.00130.
- Giraud A.L., Kleinschmidt A., Poeppel D., Lund T. E., Frackowiak R.S., Laufs, H., 2007, *Endogenous cortical rhythms determine cerebral specialization for speech perception and production*, „Neuron”, 56(6), s. 1127–1134, doi: 10.1016/j.neuron.2007.09.038.
- Giraud A., Poeppel D., 2012, *Cortical oscillations and speech processing: emerging computational principles and operations*, „Nature Neuroscience”, 15, s. 511–517, doi: 10.1038/nn.3063.
- Koelsch S., Gunter T. C., Wittfoth M., Sammler D., 2005, *Interaction between syntax processing in language and in music: An ERP study*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 17(10), s. 1565–1577, doi: 10.1162/089892905774597290.
- Kotz S.A., Schwartze M., 2016, *Motor-timing and sequencing in speech production: a general-purpose framework*, [w:] *Neurobiology of Language*, red. G. Hickok, S.L. Small, Amsterdam, Elsevier, s. 717–724, doi: 10.1016/C2011-0-07351-9.
- Kraus N., Chandrasekaran B., 2010, *Music training for the development of auditory skills*, „Nature Reviews Neuroscience”, 11(8), 599–605, doi: 10.1038/nrn2882.
- Kruczyńska-Werner A., 2018, *Centralne zaburzenia przetwarzania słuchowego – aktualne możliwości terapii dostępne w Polsce*, „Logopedia”, 47–1, s. 231–245, doi: <https://doi.org/10.24335/ASP4-C842>.
- Kurkowski Z.M., 2013, *Zastosowanie metody Tomatisa w diagnostyce i terapii logopedycznej*, „Logopedia”, 42, s. 255–268.
- Lee Y.S., Thaut C., Santoni C., 2019, *Neurologic music therapy for speech and language rehabilitation*, [w:] *The Oxford handbook of music and the brain*, red. D.A. Hodges, M. Thaut, Oxford, s. 884–910.
- Marie C., Magne C., Besson, M., 2011, *Musicians and the metric structure of words*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 23(2), s. 294–305, doi: 10.1162/jocn.2010.21413.
- Masataka N., 2007, *Music, evolution and language*, „Developmental Science”, 10(1), s. 35–39, doi: 10.1111/j.1467-7687.2007.00561.x.
- McMullen E., Saffran J.R., 2004, *Music and language. A developmental comparison*, „Music Perception”, 21(3), s. 289–311. doi:10.1525/mp.2004.21.3.289.
- Morillon B., Baillet S., 2017, *Motor origin of temporal predictions in auditory attention*, „Proceedings of the National Academy of Sciences”, 114(42), E8913–E8921, doi: 10.1073/pnas.1705373114.
- Morillon B., Schroeder C.E., Wyart V., Arnal L.H., 2016, *Temporal prediction in lieu of periodic stimulation*, „Journal of Neuroscience”, 36(8), s. 2342–2347, doi: 10.1523/JNEUROSCI.0836-15.2016.
- Nobre A.C., van Ede F., 2018, *Anticipated moments: Temporal structure in attention*, „Nature Reviews Neuroscience”, 19, s. 34–38, doi: 10.1038/nrn.2017.141.
- Sloboda J.A., 2002, *Umysł muzyczny. Poznawcza psychologia muzyki*, Warszawa.
- Paraskevopoulos E., Kuchenbuch A., Herholz S.C., Pantev C., 2014, *Multisensory integration during short-term musicreading training enhances both uni- and multisensory cortical processing*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 26, s. 2224–2238, doi: 10.1162/jocn_a_00620.

- Parbery-Clark A., Skoe E., Kraus N., 2009, *Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound*, „Journal of Neuroscience”, 29(45), s. 14100–14107, doi: 10.1523/JNEUROSCI.3256-09.2009.
- Parbery-Clark A., Tierney A., Strait D.L., Kraus N., 2012, *Musicians have fine-tuned neural distinction of speech syllables*, „Neuroscience”, 219, s. 111–119, doi: 10.1016/j.neuroscience.2012.05.042.
- Patel A., 2008, *Music, language and the brain*, Oxford.
- Patel A.D., 2011, *Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis*, „Frontiers in Psychology”, 2, s. 142, doi: 10.3389/fpsyg.2011.00142.
- Patel A.D., Iversen J.R., 2014, *The evolutionary neuroscience of musical beat perception: The Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) hypothesis*, „Frontiers in System Neuroscience”, 8, 57, doi: 10.3389/fnsys.2014.00057.
- Peelle J.E., Davis M.H., 2012, *Neural oscillations carry speech rhythm through to comprehension*, „Frontiers in Psychology”, 3, s. 320, doi: 10.3389/fpsyg.2012.00320.
- Podlipniak P., 2017, *Cechy systemów fonologicznych muzyki i mowy z perspektywy ewolucyjnej*, „Investigationes Linguisticae”, 36, s. 8–23.
- Poeppel D., 2003, *The analysis of speech in different temporal integration windows: Cerebral lateralization as “asymmetric sampling in time”*, „Speech Communication 41(1), s. 245–255, doi: 10.1016/S0167-6393(02)00107-3.
- Przybylski L., Bedoin N., Krifi-Papoz S., Herbillon V., Roch D., Léculier L., Tillmann, B., 2013, *Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders*, „Neuropsychology 27(1), s. 121–131, doi: 10.1037/a0031277.
- Rauschecker J.P., Scott S.K., 2009, *Maps and streams in the auditory cortex: Nonhuman primates illuminate human speech processing*, „Nature Neuroscience”, 12, s. 718–724, doi: 10.1038/nn.2331.
- Rohenkohl G., Cravo A.M., Wyart V., Nobre A.C., 2012, *Temporal expectation improves the quality of sensory information*, „Journal of Neuroscience”, 32(24), 8424–8428, doi: 10.1523/JNEUROSCI.0804-12.2012.
- Sammler D., Baird A., Valabrègue R., Clément S., Dupont S., Belin P., Samson S., 2010, *There-relationship of lyrics and tunes in the processing of unfamiliar songs: A functional magnetic resonance adaptation study*, „Journal of Neuroscience”, 30(10), s. 3572–3578, doi: 10.1523/JNEUROSCI.2751-09.2010.
- Schön D., Boyer M., Moreno S., Besson M., Peretz I., Kolinsky R., 2008, *Songs as an aid for language acquisition*, „Cognition”, 106(2), s. 975–983, doi: 10.1016/j.cognition.2007.03.005.
- Schön D., Gordon R., Campagne A., Magne C., Astésano C., Anton J.L., Besson M., 2010, *Similar cerebral networks in language, music and song perception*, „NeuroImage”, 51(1), s. 450–461, doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.02.023.
- Schön D., Magne C., Besson M., 2004, *The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language*, „Psychophysiology”, 41(3), s. 341–349, doi: 10.1111/1469-8986.00172.x.
- Shön D., Morillon B., 2019, *Music and Language*, [w:] *The Oxford handbook of music and the brain*, red. red. D.A. Hodges, M. Thaut., Oxford, s. 487–518.
- Schubotz R.I., 2007, *Prediction of external events with our motor system: Towards a new framework*, „Trends in Cognitive Sciences”, 11(5), s. 211–218.
- Skoe E., Kraus N., 2012, *A little goes a long way: How the adult brain is shaped by musical training in childhood*, „Journal of Neuroscience 32(34), s. 11507–11510, doi: 10.1523/JNEUROSCI.1949-12.2012.

- Slevc L.R., Rosenberg J.C., Patel A.D., 2009, *Making psycholinguistics musical: Self-paced reading time evidence for shared processing of linguistic and musical syntax*, „Psychonomic Bulletin & Review”, 16(2), s. 374–381, doi: 10.3758/16.2.374.
- Tenenbaum J.B., Kemp C., Griffiths T.L., Goodman N.D., 2011, *How to grow a mind: Statistics, structure, and abstraction*, „Science”, 331(6022), s. 1279–1285, doi: 10.1126/science.1192788.
- Thaut M. H., Hodges D. A., red., 2019, *The Oxford handbook of music and the brain*, Oxford.
- Trehub S.E., Trainor L.J., Unyk A.M., 1993, *Music and speech processing in the first year of life*, „Advances in Child Development and Behavior”, 24, s. 1–35, doi: 10.1016/s0065-2407(08)60298-0.
- Vuust P., Witek M.A.G., 2014, *Rhythmic complexity and predictive coding: A novel approach to modeling rhythm and meter perception in music*, „Frontiers in Psychology”, 5, s. 1111, doi: 10.3389/fpsyg.2014.01111.
- Wagner A., 2017, *Rytm w mowie i języku w ujęciu wielowymiarowym*, Warszawa.
- Wong P.C., Skoe E., Russo N.M., Dees T., Kraus N., 2007, *Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns*, „Nature Neuroscience 10(4), s. 420–422, doi: 10.1038/nn1872.
- Wysocka M., 2012, *Prozodia mowy w percepcji dzieci*, Lublin.
- Wysocka M., 2018, *Logorytmika*, [w:] *Metody terapii logopedycznej*, red. A. Domagała, U. Mirecka, Lublin, s. 651–670.
- Wysocka M., 2022, *Percepcja rytmu w muzyce i mowie*, „Logopedia, 51–2, 2022, s. 211–228, doi: 10.24335/f7v0-6w84.
- Yang X., Shen X., Zhang Q., Wang Ch., Zhou L., Chen Y., 2022, *Music training is associated with better clause segmentation during spoken language processing*, „Psychonomic Bulletin & Review”, 29, s. 1472–1479, doi: 10.3758/s13423-022-02076-2.