

m. in. „Zarys dziejów paleontologii” oraz jego najważniejsze dzieło: dwutomową „Paleozoologię” wydaną w latach 1966–1969.

Okazy 95 trylobitów zebrane przez J. Czarnockiego i F. Biedę oraz innych badaczy, głównie na terenie Polski oraz Czech, można obejrzeć w Muzeum

Geologicznym UJ. Kolekcję tą w roku 2009 opracował i skatalogował Autor niniejszego tekstu.

Kamil Szczepka – doktorant i pracownik w Instytucie Ochrony Przyrody PAN w Krakowie. Zakład Ochrony Ekosystemów.
E-mail: kamil.szczepka@gmail.com

MUZYKA A MÓZG

Urszula Skupio (Kraków)

Muzykologia do niedawna stanowiła jedynie obszar zainteresowań znawców i miłośników sztuki oraz artystów. Około XIX wieku związkiem muzyki z mózgiem zainteresowali się również biolodzy. Poniższa praca przybliży nieco biologiczną perspektywę muzycznych zdolności.

Geny czy środowisko?

Muzykę skłonni jesteśmy rozpatrywać jedynie w kategoriach artystycznych. Jest ona powszechnym elementem wszystkich znanych nam kultur w każdym czasie historycznym – od prostych melodii plemiennych, po skomplikowane, polifoniczne „Koncerty Brandenburskie” J. S. Bacha. Rzadko jednak zdajemy sobie sprawę, że pomimo różnorodności kulturowej w formach, jakie nadawano muzyce na przestrzeni wieków, u jej podstaw leżą wspólne mechanizmy, które wydają się być wrodzone. Innymi słowy: muzyka może tkwić w ludzkiej naturze. Pojmowanie zdolności do odbioru i wytwarzania muzyki jako funkcji biologicznej zaczęło się rozwijać w połowie XIX wieku, wraz z kierunkami pozytywistycznymi, empirycznymi oraz ewolucjonistycznymi w nauce. W podejściu tym odnajdujemy prostą ideę: ludzie są, z definicji, organizmami biologicznymi, więc wszystko, co jest tworzone przez mózg człowieka, może być rozważane w kategoriach biologicznych. Pytaniem jakie zadaje sobie nauka w tej mierze jest zatem: czy zdolności muzyczne mamy w genach? Próby odpowiedzi zawierają się w dwóch podejściach: ewolucyjnym i środowiskowym.

Zdolności muzyczne mogą być postrzegane jako wynik ewolucji, ukształtowany na drodze doboru naturalnego i regulowany przez geny. Karol Darwin zaproponował pierwsze ewolucyjne wyjaśnienie

zakorzenienia muzyki w ludzkiej kulturze. Uczony twierdził, że muzyka służy do zaimponowania potencjalnemu partnerowi seksualnemu, a zatem ma takie samo znaczenie jak śpiew ptaków – pomaga przetrwać i dostosować się do środowiska. Darwin zaproponował także inną interesującą hipotezę: że muzyka istniała jako „protojęzyk”, a więc system komunikacji poprzedzający narodziny języka w formie słów i znaków, jaki znamy obecnie. Tę hipotezę zdają się potwierdzać w pewnym stopniu badania komunikacji u różnych zwierząt, takich jak wieloryby, foki czy ptaki. Prof. Fitch, amerykański badacz zajmujący się ewolucją języka twierdzi, że komunikacja wokalna zwierząt jest bardziej podobna do muzyki niż do języka człowieka: sygnał dźwiękowy jest produkowany swobodnie – podobnie do muzyki, nie przekazuje także równie złożonych i różnorodnych wiadomości co język. Podejście środowiskowe, w odróżnieniu od ewolucyjnego postrzega zdolności muzyczne jako wynik ogólnych predyspozycji człowieka do uczenia się. W tym podejściu zakłada się scenariusz „tabula rasa”, w myśl którego wszelka wiedza, także ta dotycząca muzyki, pochodzi wyłącznie z doświadczenia.

Te dwie przeciwstawne perspektywy w spojrzeniu na genezę zdolności muzycznych wynikają w dużej mierze z braku ogólnie przyjętej definicji muzyki. Każdy wie, czym jest muzyka, ciężko jednak wyznaczyć jej granice – czy wczesne wokalizacje dzieci są już jakimś rodzajem śpiewu? Czy sam rytm jest muzyką? Mimo trudności z ustaleniem, co dokładnie jest muzyką, ona sama przenikała każdą epokę, miejsce i kulturę. Archeologiczne dowody na istnienie instrumentów muzycznych datuje się co najmniej na 30 tysięcy lat. Muzyka jest też właściwie tak naturalna jak posługiwanie się językiem – jest jednak także bardziej tajemnicza, ponieważ jej funkcje nie są tak oczywiste i dobrze określone jak funkcje językowe.

Czy zdolności muzyczne mamy „we krwi”?

Czy zdolności muzyczne mogą być dziedziczone od rodziców podobnie jak kolor oczu czy włosów? W odpowiedzi na to pytanie pomogły badania przeprowadzone na pewnej niezwyklej, trzypokoleniowej rodzinie, w której aż połowa członków cierpiała na zaburzenia mowy i języka. Te dziedziczne nieprawidłowości związane były ze zmianą w niewielkim segmencie DNA znajdującym się na chromosomie 7. Mutacja tego genu, nazwanego genem FOXP2, przyczyniała się nie tylko do zaburzeń mowy, ale wpływała także na inne zdolności wydawania dźwięków, jak choćby śpiewanie. U członków rodziny, którzy wykazywali zaburzenia językowe zaobserwowano także znaczne pogorszenie wyników w zadaniach związanych z postrzeganiem i produkcją rytmu, choć nie wykazywali pogorszenia w wykonywaniu zadań związanych z intonacją muzyczną. Te obserwacje doprowadziły do hipotezy, że gen FOXP2 ma znaczenie w zdolnościach związanych z rytmem. Nowsze badania skupiają się na ustaleniu, jakie regiony mózgu biorą udział w przetwarzaniu metrycznych elementów w muzyce. Wyniki sugerują, że opiera się ono na obszarach mózgu zaangażowanych w przetwarzanie języka. Wykazano że pole Brodmanna 47 (BA47 – obszar związany z przetwarzaniem języka) jest aktywowane w obu półkulach, kiedy muzycy wystukują metrum w polirytmicznym kontekście.

Opisane powyżej zaburzenie percepcji i produkcji rytmicznej przy zachowanym poprawnym wykonywaniu i percepcji melodii u członków owej rodziny nazywane jest dysharmonią. Odwrotne zaburzenie – poprawna percepcja rytmu i zaburzone postrzeganie melodii nazywane jest amuzją. Zaburzenie to obejmuje głównie problemy z rozpoznawaniem wysokości dźwięków, a co za tym idzie – percepcją i wykonywaniem melodii, a także pamięcią muzyczną. Amuzja jest znacznie częstszym zaburzeniem niż większość ludzi skłonna jest przypuszczać – około 5 % populacji cierpi na głuchotę dźwiękową. W klasycznych opisach pacjentów z amuzją można przeczytać, że zamiast muzyki słyszą „zgrzyt samochodu” lub „rozrzucane po podłodze w kuchni rondle i garnki”. W 2000 roku Pirccirilli wraz ze współpracownikami przedstawili przypadek czystej amuzji, opisując dwudziestoletniego pacjenta po udarze w górnym zakręcie lewego płata skroniowego. Około 4 centymetrowy krwiak spowodował tylko jedną zmianę w funkcjonowaniu młodego człowieka – pacjent utracił wszelkie zdolności muzyczne związane z percepcją melodii. Co jednak znamienne i interesujące,

zachował wszelkie zdolności językowe – zarówno rozumienie, jak i mowa zostały nienaruszone, nietknięte pozostało także poczucie rytmu. Zatem amuzja dotyczy jedynie muzyki, nie zaś w ogóle dźwięków czy głosu ludzkiego. Powyższy przypadek i jemu podobne potwierdzają obserwacje, że za percepcję rytmu i wysokości dźwięków odpowiedzialne są różne ośrodki mózgowe. Co więcej, kolejne badania udowodniły, że podobnie do zaburzeń związanych z rytmem, również umiejętność rozpoznawania dźwięków może być dziedziczna.

Wnioski płynące z literatury wydają się być zatem zgodne z poglądem, że istnieją dwa wrodzone czynniki prowadzące do nabywania zdolności muzycznych – jeden związany z percepcją muzycznych przedziałów czasowych, czyli rytmu, drugi zaś z percepcją wysokości dźwięków – melodii. Warto jednak zaznaczyć, że poglądy te opierają się głównie na badaniach osób z dysfunkcjami wynikającymi z uszkodzeń mózgu, stąd potwierdzanie kolejnych hipotez jest niezwykle trudne – niewiele jest przypadków uszkodzenia mózgu, które oddziałuje jedynie na jedną zdolność człowieka, pozostawiając inne funkcje nienaruszone.

Muzyczna neurobiologia

W 1994 roku miał miejsce niezwykle przypadek – czterdziestoletni Tony Cicoria, który został porażony piorunem doznał nagłej „muzykofilii” – nieodpartej chęci słuchania, a potem także tworzenia muzyki fortepianowej. Paradoksalnie, mężczyzna nigdy wcześniej nie przejawiał zainteresowań w tym kierunku – w college’u grał w reprezentacji futbolowej, potem zaś został chirurgiem ortopedą, jeśli zaś w ogóle miał jakieś preferencje muzyczne, to najchętniej wybierał rocka. Co istotne – porażenie piorunem nie spowodowało żadnych innych skutków – praca serca i wszystkie dotychczasowe funkcje mózgu pozostały nienaruszone – jedynym śladem po tym tragicznym wydarzeniu było nagle zainteresowanie muzyką, pasja zbliżona do obsesji, która trwa niezmiennie już od 19 lat (za: O.Sacks, „Muzykofilia”). Czy porażenie piorunem nastąpiło w ośrodku muzycznym w mózgu mężczyzny? Czy można w ogóle mówić o konkretnej lokalizacji mózgowej zdolności muzycznych?

Niestety, lokalizacja ośrodków mózgowych odpowiedzialnych za przetwarzanie muzyki i zdolności muzyczne jest ciągle słabo poznana. Wiadomo, że nie ma jednej szczególnej struktury odpowiedzialnej za percepcję muzyki, jednak uważa się, że moduły muzyczne w mózgu mogą być „separowalne”, gdyż w pewnych przypadkach uszkodzenia mózgu wpływają tylko i wyłącznie na zdolności muzyczne, jak

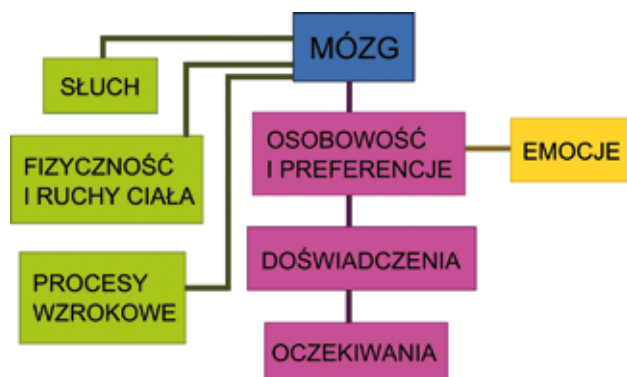
w przypadku Tony’ego Cicorii. Generalnie jednak odbiór i przetwarzanie muzyki, a także jej wytwarzanie związane jest z aktywnością całego układu nerwowego, całego ciała.

Jak wynika z przedstawionego na Ryc. 1. wykresu, w przetwarzaniu muzyki uczestniczy cały szereg elementów. Słuch jest najbardziej oczywistym z elementów składowych: aby przetwarzać dźwięki muzyczne, musimy je słyszeć. Sygnał dźwiękowy dociera do mózgu poprzez narząd słuchu. Informacje akustyczne „tłumaczone” są na aktywność neuronalną w ślimaku, następnie przenoszone są przez nerw ślimakowy do pnia mózgu, do takich struktur jak jądro ślimakowe i jądro oliwki górnej. Na wysokości śródmózgowia drogi słuchowe ulegają skrzyżowaniu, dzięki czemu każda z półkul otrzymuje sygnały z obu uszu, co pozwala określić kierunek dochodzącego dźwięku. Informacja dźwiękowa zostaje wstępnie przetworzona przez wzgórki dolne śródmózgowia. Droga słuchowa biegnie następnie ze wzgórków dolnych do ciała kolankowatego przyśrodkowego, będącego częścią wzgórza. Z ciała kolankowatego informacja słuchowa wysyłana jest głównie do pierwszorzędowej kory słuchowej w płacie skroniowym. Komórki w różnych obszarach kory słuchowej reagują jedynie na tony o określonej częstotliwości, jednak funkcją kory nie jest samo słyszenie, ale zaawansowana analiza bodźców słuchowych. Co istotne, uszkodzenie płata skroniowego nie powoduje głuchoty, ale przede wszystkim utracenie zdolności do rozpoznawania wzorców, z których składa się mowa lub muzyka. Dlatego też wszystkie elementy układu słuchowego człowieka są istotne w odbiorze muzyki.

W przetwarzanie muzyki zaangażowane są także mózgowo-mechanizmy kontroli ruchowej. Muzyka aktywizuje całe ciało człowieka, najprostsze przykłady to taniec, wystukiwanie rytmu czy klaskanie. Do najważniejszych obszarów ruchowych należy pierwszorzędowa kora ruchowa – zakręt płata czołowego zlokalizowany przed bruzdą centralną, który odpowiada za ruchy ciała. Aksony z tego obszaru wędrują bezpośrednio do neuronów ruchowych rdzenia przedłużonego i rdzenia kręgowego, skąd odchodzą połączenia prosto do mięśni. Kolejną niezwykle ważną strukturą jest mózdzek, który odpowiada za koordynację ruchową, równowagę i płynność ruchów. Uszkodzenia tej struktury często powodują trudności z wykonywaniem zadań związanych z koniecznością utrzymania stałych sekwencji czasowych – wystukiwaniem rytmu, klaskaniem, mówieniem, graniem na instrumencie, tańcem czy ćwiczeniami gimnastycznymi. Co ciekawe, badania funkcjonalnym rezonansem

magnetycznym ujawniły, że struktury zaangażowane w utrzymywanie tempa, postrzeganiu i reprodukcji rytmu mogą być aktywizowane w obrębie systemu ruchowego, nawet gdy nie wykonujemy ruchów.

Kolejnym elementem, który trzeba brać pod uwagę przy analizie układów zaangażowanych w odbiór i przetwarzanie muzyki, są procesy wzrokowe, za które w mózgu odpowiada kora wzrokowa znajdująca się w płacie potylicznym. Przy przetwarzaniu muzyki używamy jej chociażby do czytania nut lub oglądania występu tanecznego.



Ryc. 1. Elementy uczestniczące w przetwarzaniu muzyki. Źródło: Opracowanie własne na podstawie wykładu „Notes & Neurons: In search of the common chorus.” Levitin, Parsons, Bharucha, McFerrin, 2009.

Omówione wyżej procesy są w prosty sposób związane z muzyką – pozwalają na jej odbiór i analizę. Kolejne komponenty są związane z naszymi doświadczeniami, oczekiwaniami i emocjami. Z doświadczeniami wiążą się procesy uwagi i pamięci. Z tymi procesami łączą się pewne obszary mózgu, głównie kora przedczołowa oraz hipokamp. Kora przedczołowa, będąca częścią płata czołowego, pełni funkcję w działaniu pamięci roboczej. Hipokamp odgrywa zaś istotną rolę w uczeniu się i pamięci. Uważa się, że struktura ta ma znaczenie dla pamięci deklaratywnej, pamięci przestrzennej oraz pamięci konfiguracji zdarzeń. Do wniosków tych prowadzą obserwacje osób, u których dochodzi do degeneracji tej struktury – na przykład w chorobie Alzheimera lub zespole Korsakowa.

Wreszcie, muzyka oddziałuje na emocje i uczucia słuchaczy. Emocje są trudne do zdefiniowania – wnioskujemy o nich z zachowania, które możemy obserwować – grymasy twarzy, napięcie mięśni, płacz lub śmiech oraz wiele innych. Z emocjami związany jest cały układ struktur w mózgu, nazywany układem limbicznym. Zawiera on korę węchową, zakręt obręczy, hipokamp, jądro półleżące, ciało migdałowe, opuszkę węchową, część podwzgórza, oraz kilka mniejszych struktur. Uważa się, że prawa półkula mózgu jest silniej zaangażowana w reakcje emocjonalne

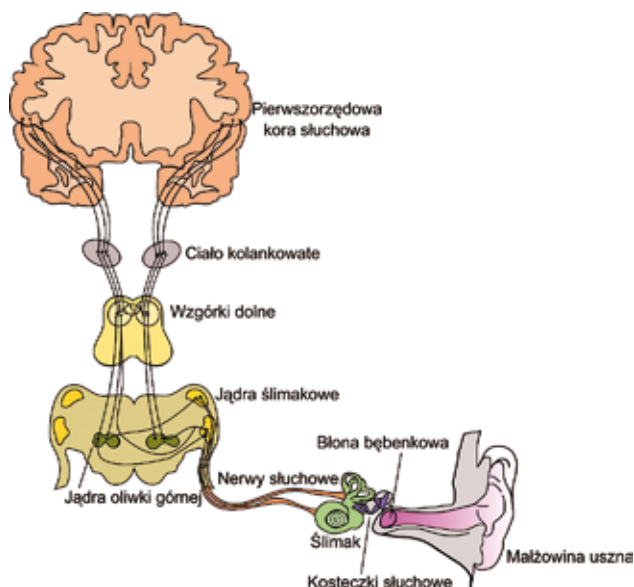
i interpretację bodźców emocjonalnych i muzycznych niż lewa. Jak silnie muzyka oddziałuje na emocje pokazały pewne badania, w których w jednej grupie osób prezentowano silnie nasycone emocjonalnie obrazy, w drugiej zaś tym samym obrazom towarzyszył przekaz muzyczny. Wyniki pokazały, że same obrazy uruchomiły jedynie procesy poznawcze – badani rozpoznawali i odróżniali od siebie konkretne uczucia przedstawiane na obrazach. Te same obrazy w połączeniu z muzyką automatycznie uruchomiły u badanych silne stany i przeżycia emocjonalne. Mechanizm ten znany jest od lat i regularnie wykorzystywany, chociażby w kinematografii.

Muzyczni herosi

Ludwig van Beethoven to jeden z najczęściej przytaczanych przykładów geniuszu muzycznego. Już jako kilkunastoletni chłopiec zaczął komponować i odnosić pierwsze sukcesy. W wieku około trzydziestu lat ten niezwykle popularny wówczas twórca zaczął tracić słuch, nadal jednak z powodzeniem komponował i dawał koncerty. Po ukończeniu pięćdziesięciu lat Beethoven ogłuchł zupełnie – zaprzestał publicznych występów, jednak nigdy nie przestał komponować. Gdyby kompozytor mimo głuchoty utrzymał dotychczasowy poziom swoich kompozycji, byłby to godny podziwu wyczyn. Rzeczywistość okazała się jednak jeszcze bardziej zaskakująca i zdumiewająca – paradoksalnie, właśnie w okresie pełnej głuchoty powstały największe arcydzieła, które stały się inspiracją dla kolejnych pokoleń twórców. Prawdopodobnie ślady pamięciowe związane ze słuchaniem i kompozycją muzyki zapewniały mu możliwość dalszego komponowania. W jego mózgu muzyka „grała” w dalszym ciągu.

Każdy z nas ma lepiej lub gorzej rozwinięte zdolności muzyczne, jednak istnieją wśród nas muzyczni herosi na miarę Beethovena – osoby o słuchu absolutnym, niesamowitej pamięci pozwalającej na zapamiętanie i przeniesienie właściwie dowolnego utworu muzycznego na inną tonację lub na zagranie dowolnej wariacji związanej z utworem. Wyjątkowo interesujący jest szczególny typ muzycznych geniuszy, a mianowicie muzyczni sawanci. Sawantyzm to rzadki stan, w którym osoby z poważnym upośledzeniem, często także autyzmem, mają jakieś szczególne, nadzwyczajne zdolności, np. matematyczne, muzyczne, pamięciowe. Nazywa się ich „genialnymi idiotami”. Jednym ze znanych na całym świecie sawantów muzycznych jest Derek Paravicini. Derek jest niewidomy,

jego rozwój umysłowy zatrzymał się na poziomie około trzyletniego dziecka. Nie potrafi sam się ubrać ani załatwić podstawowych potrzeb fizjologicznych. Wymaga całodobowej opieki, lecz jest rozpoznawalnym na całym świecie muzykiem jazzowym, zdolnym odtworzyć każdą melodię jaką kiedykolwiek



Ryc. 2. Droga słuchowa od receptorów w uchu do kory słuchowej.

usłyszał, a także zagrać ją w innym stylu, tempie i tonacji.

Podsumowanie

Pomimo tysięcy lat rozwoju muzyki i instrumentów służących do jej wykonywania, mózgowo mechanizmy jej powstawania i funkcjonowania nadal nie są dobrze poznane. Około 100 lat rozwijającej się dziedziny naukowej, jaką jest biomuzykologia pozwoliło skonstruować wiele teorii związanych z wpływem muzyki na człowieka: jego rozwój, emocje, poznawanie otaczającego świata. Wyjaśnianie mechanizmów związanych z muzyką może pomóc w zrozumieniu rozwoju języka i porozumiewania się. Przegląd literatury na ten temat pokazuje, że muzykę można rozpatrywać w kategoriach biologicznych, nie tylko artystycznych, jednak nauka ciągle zadaje w tej mierze więcej pytań, niż daje odpowiedzi. Nieustannie rozwijające się studia prowadzone z pomocą inżynierii genetycznej i współczesnych technik obrazowania mózgu wyznaczają nowe kierunki w badaniach i niosą nadzieję na rozwój wiedzy dotyczącej związków percepcji muzyki, zdolności muzycznych i emocji związanych z muzyką z funkcją i strukturami mózgu.