



ALICJA KOZŁOWSKA-LEWNA

(Akademia Muzyczna im. S. Moniuszki w Gdańsku,
Wydział Dyrygentury, Kompozycji i Teorii Muzyki, Instytut Teorii Muzyki)

Słuch absolutny — symptomem zdolności muzycznych i poznawczych?

Słuch absolutny (ang. *absolute pitch*) budzi coraz większe zainteresowanie badaczy: neurologów, akustyków, psychologów i muzyków. Traktowany jako rodzaj szczególnej umiejętności, dostępnej jedynie nielicznym, podobnie jak amuzja — wiążąca się z całkowitym brakiem kompetencji muzycznych, służy coraz częściej badaniu zależności między zdolnościami wrodzonymi, wpływami środowiska a intensywnym kształceniem. Ponieważ problematyce słuchu absolutnego poświęciłam swoją pracę¹, staram się nadal śledzić doniesienia na ten temat. Mimo, że od czasu złożenia pracy do druku minęło już niemal dziesięć lat, a zaprezentowane w niej wyniki autorskich badań nad kształtowaniem się tej zdolności u dzieci pochodzą z lat 1999–2003, to skonstruowany w niej teoretyczny zarys badań zachował w dużym stopniu swoją aktualność. Ostatnio pojawiło się jednak wiele interesujących spostrzeżeń diametralnie zmieniających naszą wiedzę na temat tej zdolności. Niniejsze opracowanie jest przeglądem współczesnych doniesień na temat słuchu absolutnego powstałym w oparciu o publikacje z lat 2004–2013. Wśród nich na uwagę zasługują trzy prace o charakterze syntetycznym: hasło encyklopedyczne na temat słuchu absolutnego opracowane przez Olivera Vitoucha (2005)², rozdział w pracy zbiorowej przygotowany przez Dianę

¹ Alicja Kozłowska-Lewna, *Innowacyjna strategia kształcenia słuchu muzycznego u dzieci w wieku wczesnoszkolnym*, Gdańsk 2006.

² Oliver Vitouch, *Absolutes Gehör*, w: *Enzyklopädie der Psychologie: Allgemeine Musikpsy-*

Deutsch (2013)³, wersja robocza artykułu Psyche Loui⁴ oraz dwie prace doktorskie⁵. Spośród bogatego materiału źródłowego wybrałam do niniejszych rozważań dwa najbardziej interesujące wątki, omawiające rezultaty badań nad znaczeniem słuchu absolutnego u muzyków oraz wyniki niektórych badań neurologicznych i psychologicznych świadczących o niezwykłych związkach tej zdolności z plastycznością mózgu.

Geneza słuchu absolutnego

Nadal niejasna pozostaje geneza słuchu absolutnego, choć ostatnie badania Diany Deutsch i Kevina Dooleya (2013)⁶ oraz Psyche Loui i innych (2011, 2012, 2014)⁷ przybliżają nas do wyjaśnienia istoty tego fenomenu. W literaturze daje się odnotować kilka zasadniczych hipotez na temat genezy słuchu absolutnego. Diana Deutsch (2013)⁸ wymienia trzy główne: 1. SA to zdolność dziedziczona, która ujawnia się w sprzyjających warunkach; 2. SA⁹ to zdolność, którą można uzyskać w dowolnym momencie intensywnej praktyki; 3. SA to potencjalna zdolność, którą posiada większość ludzi pod warunkiem, że pozna nazwy wysokości dźwięków na wczesnym etapie życia. Te trzy hipotezy odpowiadają znanym od dawna trzem grupom teorii wyjaśniających pochodzenie

chologie, red. Thomas H. Stoffer, Rolf Oerter, Göttingen 2005, s. 718–766.

³ Diana Deutsch, *Absolute pitch*, w: *The psychology of music*, red. Diana Deutsch, 3 wyd., San Diego 2013, s. 141–182.

⁴ Psyche Loui, *Absolute Pitch*, dostępne na: <http://mindlab.research.wesleyan.edu/files/2014/01/Absolute-Pitch.pdf> (dostęp: 10.01.2013). Materiał przygotowany do druku w publikacji *Oxford Handbook of Music Psychology* pod red. Susan Hallam, Ian Cross, Michael Thaut.

⁵ Kevin David Dooley, *Absolute pitch and related abilities*, s. 1–139, University of California, San Diego 2011, praca doktorska, <http://escholarship.org/uc/item/7j46q4z5#page-6> (dostęp: 28.10.2013); Patrick Bermudez, *The neural correlates of absolute pitch*, Montreal Neurological Institute, McGill University Montreal 2008, praca doktorska, s. 1–140, <http://digitool.library.mcgill.ca/thesisfile21968.pdf> (dostęp: 28.10.2013).

⁶ Diana Deutsch, Kevin Dooley, *Absolute pitch is associated with a large auditory digit span: A clue to its genesis*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2013, nr 133 (4), s. 1859–1861.

⁷ Psyche Loui, Hui C. Charles Li, Anja Hohmann, Gottfried Schlaug, *Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity*, „Journal of Cognitive Neuroscience” 2011, nr 23, s. 1015–1026; Psyche Loui, Anna Zamm, Gottfried Schlaug, *Enhanced functional networks in absolute pitch*, „NeuroImage” 2012, nr 63 (2), s. 632–640; Psyche Loui, op. cit.

⁸ Diana Deutsch, op. cit., s. 145–150.

⁹ W niniejszym artykule używać będę skróconej wersji dla oznaczenia słuchu absolutnego (SA).

słuchu absolutnego: teorii tzw. „czynnیکów wrodzonych”, „teorii uczenia”, „teorii konwergencji”, która dopuszcza udział czynników wrodzonych, ale przyjmuje, że decydujący wpływ na wykształcenie tej zdolności ma praktyka muzyczna¹⁰.

W 2005 roku Daniel J. Levitin i Susan E. Rogers¹¹ sformułowali dwukomponentowy model słuchu absolutnego; pierwszym jego składnikiem są predyspozycje wspólne dla wszystkich ludzi i niektórych gatunków zwierząt, drugi — spotykany jedynie u osób kształconych muzycznie — polega na umiejętności nazywania wysokości dźwięków bez punktu odniesienia.

Diana Deutsch i in. (2004)¹² zasugerowali, że słuch absolutny rozwinął się jako uboczna cecha mowy, towarzysząca nauce języków tonalnych. W 2006 roku ta sama autorka i in.¹³ zwrócili uwagę na zależność pomiędzy SA a rodzajem używanego języka. Przeprowadzone badania na dużej populacji studentów Centralnego Konserwatorium Muzycznego (CCOM) w Pekinie (n=88 osób posługujących się językiem mandaryńskim) i w USA (n=115 osób posługujących się językiem nie-tonalnym) potwierdziły znacznie częstsze występowanie tej zdolności u Chińczyków niż u studentów ze Stanów Zjednoczonych — Eastman School of Music (ESM), Rochester w stanie Nowy Jork — w każdej z badanych grup wyróżnionych ze względu na czas rozpoczynania edukacji muzycznej. Wśród osób, które poprawnie rozpoznawały 85% dyktowanych dźwięków (na tym poziomie ustalono przyjęte przez badaczy kryterium SA, w teście bez błędów półtonowych) ponad 60% badanych posługiwało się językiem tonalnym i rozpoczynało swoją edukację muzyczną w wieku 4–5 lat. Wśród studentów amerykańskich w tej grupie znalazło się tylko ok. 10% słyszących absolutnie. Było to pierwsze badanie, które pokazywało na tak dużą skalę różnicę częstotliwości występowania SA w dwóch normalnych populacjach. Autorzy sugerowali, że potencjał do zdobywania tej zdolności jest powszechny, a wyniki potwierdziły możliwość jej nabywania przez dzieci w okresie krytycznym¹⁴ — także dla ro-

¹⁰ Szerzej charakteryzując powyższe teorie w moim artykule *Badania nad słyszeniem absolutnym u dzieci w wieku wczesnoszkolnym*, „Aspekty Muzyki” 2011, tom 1, s. 104–105.

¹¹ Daniel J. Levitin, Susan E. Rogers, *Absolute pitch: Perception, coding and controversies*, „Trends in Cognitive Sciences” 2005, nr 9, s. 26–33.

¹² Diana Deutsch, Trevor Henthorn, Mark Dolson, *Absolute pitch, speech, and tone language: Some experiments and a proposed framework*, „Music Perception” 2004, nr 21, s. 339–356.

¹³ Diana Deutsch, Trevor Henthorn, Elizabeth Marvin, Hong Shuai Xu, *Absolute pitch among American and Chinese conservatory students: prevalence differences, and evidence for speech-related critical period*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2006, nr 119, s. 719–722.

¹⁴ Przyjmuje się, że okres krytyczny dla powstawania zdolności do absolutnego słyszenia mija ok. siódmego roku życia.

zwoju mowy. Hipotezę, że rozwój słuchu absolutnego jest ściśle powiązany z językami tonalnymi ugruntowały badania przeprowadzone przez Chao-Yang Lee i Yuh-Fang Lee (2010)¹⁵. Aż 72% muzyków (n=72), posługujących się językiem mandaryńskim spełniało kryterium posiadania SA i nie popełniało błędów półtonowych w ocenie wysokości dźwięku¹⁶.

Niektórzy badacze lansują pogląd, że sposób powstawania SA przypomina proces uczenia się drugiego języka. W 2009 roku Diana Deutsch i in.¹⁷ obserwowali częstotliwość występowania tej zdolności wśród studentów amerykańskiego konserwatorium muzycznego¹⁸ (n=203: 110 mężczyzn i 93 kobiety, ze średnią wieku 19,5 roku). Zauważono, że częstotliwość ta zależy od momentu rozpoczynania edukacji muzycznej, pochodzenia etnicznego i stopnia płynności w posługiwaniu się językiem tonalnym. Badani pochodzący z Azji Wschodniej (płynnie mówiący językiem tonalnym), osiągalni znacznie wyższe efekty w teście SA niż ci, którzy słabiej posługiwali się tym językiem, a zwłaszcza w stosunku do osób, które nie potrafiły nim mówić. Wydajność tej ostatniej grupy nie różniła się znacząco od grupy kaukaskich studentów, którzy używali języka nie-tonalnego. Wczesny początek kształcenia muzycznego wiązał się ze zwiększoną wydajnością w teście SA.

Oryginalną, lecz mało przekonującą w świetle współczesnych doniesień, hipotezę na temat tej zdolności sformułował w 2010 roku polski muzykolog Piotr Podlipniak¹⁹. Jego zdaniem słuch absolutny nie towarzyszy wybitnym zdolnościom muzycznym, nie koreluje z językami tonalnymi, lecz był zdolnością „obecną na wczesnych etapach ewolucji człowieka”, która „stopniowo wypierana w drodze selekcji ewolucyjnej jako cecha nieadaptacyjna w zmieniających się okolicznościach kulturowych [...] przestała odgrywać istotną rolę w dalszej ewolucji naszego gatunku”²⁰. Niemal wszystkie przytoczone poniżej rezultaty badań przeczą tej koncepcji.

¹⁵ Chao-Yang Lee, Yuh-Fang Lee, *Perception of musical pitch and lexical tones by Mandarin-speaking musicians*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2010, nr 127, s. 481–490.

¹⁶ Osoby badane grały na różnych instrumentach i studiowały w National Taiwan Normal University w Taipei.

¹⁷ Diana Deutsch, Kevin Dooley, Trevor Henthorn, Brian Head, *Absolute pitch among students in an American music conservatory: association with tone language fluency*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2009, nr 125, s. 2398–2403.

¹⁸ Thornton School of Music, University of Southern California.

¹⁹ Piotr Podlipniak, *Słuch absolutny — poznawcza anomalia, wyjątkowa zdolność muzyczna czy adaptacja?* „Rocznik Kognitywistyczny” 2010, tom IV, s. 153–158.

²⁰ Ibidem, s. 156–157.

Za utrzymaniem genetycznej hipotezy powstawania zdolności do absolutnego słyszenia przemawiają z kolei badania Elizabeth Theutsch, Analabha Basu i Jane Gitschier (2009)²¹, które dowiodły, że u osób pochodzenia europejskiego (45 badanych rodzin) istnieją przesłanki do przyjęcia genetycznego podłoża zmian w obrębie genu 8q 24.21. Na genetyczne podwaliny słuchu absolutnego i jego silny związek z synestezją wskazują także Peter K. Gregersen i in. (2013)²². Ich zdaniem geny typowe dla tej zdolności są angażowane w rozwój mózgu i łączności korowej. Badania nad bliźniętami jednojajowymi (14 par) i dwujajowymi (31 par) przeprowadzone przez Elizabeth Theutsch i Jane Gitschier (2011)²³ nie potwierdziły hipotezy, że SA jest dziedziczony w prosty sposób zgodnie z prawami Mendla. Jest on genetycznie niejednorodny i liczne czynniki („środowiskowe, epigenetyczne i stochastyczne” — jak piszą autorki) mogą odgrywać rolę w jego etiologii. Diana Deutsch i inni (2009)²⁴ sugerują, że większa częstotliwość występowania zdolności do absolutnego słyszenia u osób pochodzenia azjatyckiego jest raczej konsekwencją używania języków tonalnych (a także stosowania absolutnej metody kształcenia słuchu — dop. A. K.-L.), a nie efektem zmian genetycznych. W swym najnowszym artykule na temat słuchu absolutnego Diana Deutsch (2013)²⁵ twierdzi, że hipoteza genetyczna wywiedziona z tendencji do rodzinnej agregacji SA, oparta na badaniach Elizabeth Theutsch i in. (2009)²⁶ nie jest dostatecznie silna.

Także druga hipoteza (słuch absolutny to zdolność, którą można uzyskać w dowolnym momencie intensywnej praktyki) niestety nie znajduje pełnego merytorycznego uzasadnienia, choć za jej utrzymaniem przemawia częstsze²⁷

²¹ Elizabeth Theutsch, Analabha Basu, Jane Gitschier, *Genome-wide study of families with absolute pitch reveals linkage to 8q24.21 and locus heterogeneity*, „American Journal of Human Genetics” 2009, nr 85, s. 112–119.

²² Peter K. Gregersen, Elena Kowalsky, Annette Lee, Simon Baron-Cohen, Simon E. Fisher, Julian E. Asher, David Ballard, Jan Freudenberg, Wentian Li, *Absolute pitch exhibits phenotypic and genetic overlap with synesthesia*, http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:1655435/2/component/escidoc:1655431/Gregersen_2013_Hum_Mol_Genet.pdf (dostęp: 27.10.2013).

²³ Elizabeth Theutsch, Jane Gitschier, *Absolute pitch twin study and segregation analysis*, „Twin Research and Human Genetics” 2011, nr 14 (2), s. 173–178.

²⁴ Diana Deutsch, Kevin Dooley, Trevor Henthorn, Brian Head, op. cit.

²⁵ Diana Deutsch, op. cit., s. 145.

²⁶ Elizabeth Theutsch, Analabha Basu, Jane Gitschier, op. cit.

²⁷ Częstotliwość występowania słuchu absolutnego zarówno w populacji ogólnej, jak i wśród muzyków nie jest do końca wiarygodna. Dla oceny jego występowania badacze używają bowiem niejednorodnych kryteriów: różnej granicy dopuszczalnych błędów, odmiennych testów, różnorodnych źródeł dźwiękowych lub stosują w testach różny ambitus wykorzystywanej skali.

występowanie tej zdolności wśród niewidomych muzyków. 57,1% z 46 niewidomych muzyków badanych przez Roya H. Hamiltona i in. (2004)²⁸ posiadało słuch absolutny, mimo, że średni wiek rozpoczynania przez nich nauki muzyki znacznie wykraczał poza tzw. okres krytyczny dla powstawania tej zdolności. Przy użyciu rezonansu magnetycznego²⁹ wykazano także większą zmienność i różnorodność *planum temporale*³⁰ w stosunku do widzących muzyków ze słuchem absolutnym. Autorzy sugerują, że mechanizmy neuronalne leżące u podstaw tej zdolności u osób niewidomych mogą się różnić od widzących muzyków. Nadine Gaab i inni (2006)³¹ udowodnili, że u osób niewidomych, badanych przy użyciu rezonansu magnetycznego pojawiają się różnice w anatomii funkcjonalnej, co wskazuje na plastyczność mózgu i wykorzystywanie obszarów wizualnych do rozpoznawania wysokości dźwięku. Psyche Loui i in. (2011)³² twierdzą, że zwiększona funkcjonalność niektórych obszarów mózgu obserwowana u osób niewidomych może być efektem neuroplastycznych zmian w mózgu.

Wszystko to sprawia, że wyniki nie mogą być porównywalne. Oliver Vitouch, op. cit., s. 719 podaje, że pojawiające się w literaturze dane na temat częstotliwości występowania SA dla całej populacji wahają się 1:10 000–1:1000, a dla profesjonalnych i wysoce profesjonalnych muzyków od 1:100–1:5. Nieco inne rezultaty badań zaprezentowano w publikacji Ken'ichi Miyazaki, Sylwii Makomaskiej i Andrzeja Rakowskiego (*Prevalence of absolute pitch: a comparison between Japanese and Polish music students*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2012, 132 (5), s. 3484–3493). Zdaniem tych autorów 30% studentów wydziału kształcenia nauczycieli muzyki (n=117 osób) z uniwersytetu Niigata posiada słuch absolutny (rozpoznaje 95% dyktowanych dźwięków) a wśród badanych studentów Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina w Warszawie (n=250) — jedynie 7%. Zastosowanie nieco obniżonego kryterium (80% poprawnie rozpoznanych dźwięków) pozwala zwiększyć odsetek słyszących absolutnie wśród japońskich studentów do prawie 50%. Autorzy sugerują wpływy etniczne, silny wpływ okresu rozpoczynania nauki gry na instrumencie oraz oddziaływanie metody kształcenia słuchu muzycznego na kształtowanie tej zdolności. 90% studentów japońskich posiadających słuch absolutny rozpoczynało swoją edukację muzyczną w wieku 3–7 lat.

²⁸ Roy H. Hamilton, Alvaro Pascual-Leone, Gottfried Schlaug, *Absolute pitch in blind musicians*, „NeuroReport” 2004, nr 15, s. 803–806.

²⁹ Funkcjonalne obrazowanie mózgu metodą rezonansu magnetycznego pozwala na znalezienie obszarów zaangażowanych w wykonywanie konkretnego zadania, w którym o „aktywności neuronalnej wnioskuje się [...] z nadmiaru oksyhemoglobiny w danym obszarze mózgu” (Piotr Jaśkowski, *Neuronauka poznawcza. Jak mózg tworzy umysł*, Warszawa 2009, s. 63).

³⁰ *Planum temporale* — część mózgu w obszarze Wernickego odpowiedzialna za rozwój mowy, skojarzeniowy obszar słuchowy.

³¹ Nadine Gaab, Katrin Schulze, Elif Ozdemir, Gottfried Schlaug, *Neural correlates of absolute pitch differ between blind and sighted musicians*, „NeuroReport” 2006, nr 17 (18), s. 1853–1857.

³² Psyche Loui, Hui C. Charles Li, Anja Hohmann, Gottfried Schlaug, op. cit.

Wśród innych hipotez na temat genezy słuchu absolutnego pojawiła się także sugestia, że potencjał do zdobywania tej zdolności mają wszyscy ludzie i dopiero połączenie go z nauką nazw dźwięków sprzyja jej ujawnieniu (Daniel J. Levitin, 1994)³³. Zdaniem Jenny Saffran i Gregory J. Griepentroga (2001)³⁴ niemowlęta preferują sygnały absolutne nad relatywnymi. Niektórzy autorzy utrzymują nawet, że zdolność do absolutnego słyszenia nie jest w ogóle zależna od kształcenia muzycznego³⁵, lecz może wynikać z różnic w kodowaniu częstotliwości bodźca³⁶. Słuch absolutny może być silnie uzależniony od czynników dziedzicznych, piszą David A. Ross i in. (2004)³⁷ oraz proponują użycie techniki dostrajania generatora do prezentowanego bodźca słuchowego zamiast określania nazw literowych dźwięku. Autorzy sądzą, że zastosowanie nie-muzycznego paradygmatu do identyfikacji SA może ułatwić badanie wielu aspektów tego zjawiska. Pogląd ten jest rozwinięciem wcześniejszej koncepcji Daniela J. Levitina (1994)³⁸, który jako pierwszy zauważył ukrytą zdolność do prezentacji piosek w oryginalnej tonacji u osób niekształconych muzycznie. Potwierdziły ją badania przeprowadzone przez Manuelę Gußmack i in. (2006)³⁹ o występowaniu powszechnej „utajonej” zdolności do rozpoznawania „absolutnej tonalności” u nie-pianistów. Badanym licealistom (n=63) prezentowano początkowy fragment *Dla Elizy* Beethovena. 57% z nich poprawnie rozpoznawało oryginalną tonalność od tonacji przesuniętej o półton niżej. W badanej grupie pianistów (n=72) tylko 64% prawidłowo zrealizowało to zadanie. Potrzebę dalszego poszukiwania symptomów słuchu absolutnego u osób bez wykształcenia muzycznego podkreślają także Ronald G. Weismann i in. (2012)⁴⁰, którzy zalecają

³³ Daniel J. Levitin, *Absolute memory for musical pitch: Evidence from the production of learned melodies*, „Perception & Psychophysics” 1994, nr 56 (4), s. 414–423.

³⁴ Jenny Saffran, Gregory J. Griepentrog, *Absolute pitch in infant auditory learning: Evidence for developmental reorganization*, „Developmental Psychology” 2001, nr 37 (1), s. 74–85.

³⁵ David A. Ross, Ingrid R. Olson, John C. Gore, *Absolute pitch does not depend on early musical training*, „Annals of the New York Academy of Sciences” 2003, nr 999, s. 522–526.

³⁶ David A. Ross, Lawrence E. Marks, *Absolute pitch in children prior to the beginning of musical training*, „Annals of the New York Academy of Sciences” 2009, nr 1169, s. 199–204.

³⁷ David A. Ross, Ingrid R. Olson, Lawrence E. Marks, John C. Gore, *A nonmusical paradigm for identifying absolute pitch possessors*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2004, nr 116 (3), s. 1793–1799.

³⁸ Daniel J. Levitin, op. cit.

³⁹ Manuela B. Gußmack, Oliver Vitouch, Bartosz Gula, *Latent absolute pitch: An ordinary ability? w: Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception & Cognition*, red. Mario Baroni, Anna Rita Addessi, Roberto Caterina, Marco Costa, Bologna 2006, s. 1408–1412.

⁴⁰ Ronald G. Weisman, Laura-Lee Balkwill, Marisa Hoeschele, Michele K. Moscicki,

używanie testu dostrajania wysokości dźwięku w obrębie trytonu dla oznaczenia tej zdolności.

Związek słuchu absolutnego z praktyką muzyczną

Potwierdzono natomiast silny związek słuchu absolutnego z wczesną edukacją muzyczną. Ugruntowały go badania Ken'ichi Miyazaki i Yoko Ogawy, opublikowane w 2006 roku⁴¹ nad formowaniem tej zdolności u dzieci japońskich w wieku 4–10 lat. W trakcie dwuletnich zajęć muzycznych — z użyciem nazw literowych i solmizacyjnych dźwięków pochodzących z „białych i czarnych klawiszy” fortepianu i keyboardu — obserwowali oni stopniową poprawę umiejętności prawidłowego nazywania dźwięków u 104 dzieci. Wyniki wykazały radykalną poprawę identyfikacji wysokości u dzieci w wieku 4–7 lat. Uczniowie prywatnej szkoły muzycznej nabywali umiejętność absolutnego rozpoznawania dźwięków w trakcie normalnej edukacji muzycznej i szybciej pojawiała się u nich zdolność do nazywania nut pochodzących z „białych klawiszy” fortepianu. Potwierdzono hipotezę o istnieniu okresu krytycznego dla kształtowania SA, który przypada około siódmego roku życia. Szerokie upowszechnienie SA w Japonii może być jednak efektem specyficznych metod kształcenia słuchu muzycznego.

Interesujące okazały się badania Kevina Dooleya i Diany Deutsch (2010)⁴² nad znaczeniem tej sprawności u muzyków. Obserwowano 60 osób (30 mężczyzn i 30 kobiet) w wieku od 18–30 lat (średnia wieku 22,7 roku) ze słuchem absolutnym i bez słuchu absolutnego, z równoważnym czasem muzycznego kształcenia. Ze względu na uzyskane wyniki w teście SA badanych podzielono na 3 grupy: pierwsza — rozpoznawała ponad 80% dyktowanych dźwięków, druga — 20–80%, trzecia — mniej niż 20%. Wszystkie osoby rozpoczynały swoją edukację muzyczną odpowiednio w w/w grupach średnio od 4,6; 4,9; 4,4 roku życia. Badani realizowali dyktanda muzyczne (melodyczne i harmoniczne). Wyniki potwierdziły założoną przez autorów hipotezę, że słuch absolutny jest związany z biegłością w wykonywaniu innych zadań muzycznych i przeczą

Christopher B. Sturdy, *Identifying absolute pitch possessors without using a note-naming task*, „Psychomusicology: Music, Mind, and Brain” 2012, nr 22 (1), s. 46–54.

⁴¹ Ken'ichi Miyazaki, Yoko Ogawa, *Learning absolute pitch by children: A cross-sectional study*, „Music Perception” 2006, nr 24 (1), s. 63–78.

⁴² Kevin Dooley, Diana Deutsch, *Absolute pitch correlates with high performance on musical dictation*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2010, nr 128, s. 890–893.

doniesieniom, że przeszkadza on w realizacji zadań wymagających umiejętności relatywnych. Rezultaty obu zadań wykazały silną korelację ($r=0,81$, $p<001$). Autorzy piszą wręcz: według naszych ustaleń słuch absolutny przynosi korzyści w wykonywaniu zadań muzycznych. Badania te negują ustalenia Ken'ichi Miyazaki i Andrzeja Rakowskiego (2002)⁴³ o trudnościach w realizacji podobnych zadań u osób absolutnie słyszących. Kevin Dooley i Diana Deutsch (2011)⁴⁴ obserwowali również korelacje między słuchem absolutnym a umiejętnością rozpoznawania interwałów. Badano 36 osób: 18 muzyków słyszących absolutnie i 18 osób bez słuchu absolutnego, z tym samym średnim czasem kształcenia i momentem rozpoczynania edukacji muzycznej (5,1 roku). Osoby ze słuchem absolutnym rozpoznawały 80% dźwięków, te bez słuchu absolutnego — mniej niż 20%. Badanie obejmowało realizację trojakich zadań: użyto krótkich dźwięków sztucznie generowanych, dźwięków fortepianu oraz dźwięków fortepianu poprzedzonych akordem dominantowo-septymowym i tonicznym. Każdy z badanych rozpoznawał 144 interwały. We wszystkich typach zadań osoby słyszące absolutnie wypadły dużo lepiej (średnio o 30%) niż osoby posługujące się słuchem relatywnym.

Udowodniono także, że obserwowana wcześniej w badaniach Ken'ichi Miyazaki (1989)⁴⁵ zdolność do lepszego identyfikowania dźwięków pochodzących z „białych” klawiszy fortepianu nie zależy od instrumentu, na którym grają badani. Hipotezę tę potwierdziły szeroko zakrojone ($n=160$ osób) badania Diany Deutsch i in. (2013)⁴⁶ przeprowadzone w konserwatorium w Szanghaju. Zarówno studenci grający na fortepianie, jak i studenci grający na instrumentach orkiestrowych lepiej rozpoznają dźwięki diatoniczne gamy C-dur. 83% spośród badanych ($n=78$), którzy rozpoczęli naukę muzyki przed piątym rokiem życia słyszy absolutnie i nie popełnia błędów półtonowych. Wśród tych, którzy rozpoczęli swoją edukację muzyczną później (ok. 10 roku życia) — jedynie nieco ponad 20% ($n=25$) nie popełnia błędów w ocenie wysokości⁴⁷. Diana Deutsch (2013)

⁴³ Ken'ichi Miyazaki, Andrzej Rakowski, *Recognition of notated melodies by possessors and nonpossessors of absolute pitch*, „Perception and Psychophysics” 2002, nr 64, s. 1337–1345.

⁴⁴ Kevin Dooley, Diana Deutsch, *Absolute pitch correlates with high performance on interval naming tasks*, „Journal of the Acoustical Society of America” 2011, nr 130, s. 4097–4104.

⁴⁵ Ken'ichi Miyazaki, *Absolute pitch identification: Effects of timbre and pitch region*, „Music Perception” 1989, nr 7 (1), s. 8.

⁴⁶ Diana Deutsch, Xiaonuo Li, Jing Shen, *Absolute pitch among students at the Shanghai Conservatory of Music: A large-scale direct test-study*, „Journal of the Acoustical of America” 2013, nr 134 (5), s. 3853–3859.

⁴⁷ Ibidem, s. 3854.

dodaje: z innych istotnych nowych (nie nowych, pisał już o tym David Huron w 1994 roku⁴⁸ — dop. A. K.-L.) stwierdzeń dotyczących słuchu absolutnego warto odnotować informację, że potwierdziła się sugestia, iż dokładność SA zależy od częstości występowania dźwięków w muzyce tonalnej⁴⁹.

Przedmiotem badań stał się także wpływ metody kształcenia słuchu muzycznego na powstawanie tej zdolności. Zauważono bowiem, że słuch absolutny częściej występuje w Japonii, gdzie metoda absolutna jest w powszechnym użyciu. System relatywny powoduje niezamierzone obniżenie wyników w rozpoznawaniu absolutnych wysokości dźwięków. W psychologii zjawisko to określa się mianem efektu Stroopa⁵⁰. Polega on na obniżeniu czasu reakcji wykonywania zadań, w których polecenia są niezgodne z prezentowaną instrukcją. Przykładem takiego polecenia jest określanie próbek koloru drukowanego w innych barwach. Występowanie efektu Stroopa w percepcji słuchowej zauważył Kengo Ohgushi (2000)⁵¹. Także dzięki badaniom I-Hui Hsieh i Kourosh Saberi (2008)⁵² udowodniono, że zdolność do absolutnego słyszenia ulega wpływom efektu Stroopa i może być zakłócana przez sylaby solfeżowe. Autorzy sugerują, że zdolność do absolutnego słyszenia zależy od dokładnego określenia i kodowania wysokości dźwięku w pamięci długotrwałej i jej precyzyjnej reprezentacji językowej. Gang Peng i in. (2013)⁵³ obserwowali wpływ metody kształcenia na powstawanie tej zdolności u 298 studentów wydziałów muzycznych w południowych Chinach. Badani mogli używać nazw literowych lub solmizacyjnych, zależnie od rodzaju kształcenia, które otrzymali⁵⁴. Potwierdzono wpływ wieku rozpoczynania edukacji muzycznej oraz metody

⁴⁸ David Huron, Jasba Simpson, *Absolute pitch as a learned phenomenon: Evidence consistent with the Hick-Hyman law*, „Music Perception” 1994, nr 12 (2), s. 263–270.

⁴⁹ Diana Deutsch, op. cit., s. 165.

⁵⁰ J. Ridley Stroop, *Studies of interference in serial verbal reactions*, „Journal of Experimental Psychology” 1935, nr 18 (6), s. 643–662.

⁵¹ Kengo Ohgushi, *A Stroop-like effect in hearing-cognitive interference between pitch and word for absolute pitch possessors*, ICMPC 2000 Proceedings paper, <http://www.escom.org/proceedings/ICMPC2000/Mon/Ohgushi.htm> (dostęp: 1.09. 2013).

⁵² I-Hui Hsieh, Kourosh Saberi, *Language-selective interference with long-term memory for musical pitch*, „Acta Acustica united with Acustica” 2008, nr 94, s. 588–593.

⁵³ Gang Peng, Diana Deutsch, Trevor Henthorn, Danjie Su, William S.-Y. Wang, *Language experience influences nonlinguistic pitch perception*, „Journal of Chinese Linguistics” 2013, nr 41, s. 447–467.

⁵⁴ Autorzy przyjęli następujące założenie: używanie nazw literowych wskazuje na kształcenie przy użyciu metody ruchomego *do* (*moveable-do*), a używanie nazw solmizacyjnych sugeruje, że badani posługiwali się stałym *do* (*fixed-do*). W Polsce częściej korzysta się z dwóch innych

kształcenia słuchu muzycznego (używania nazw literowych lub solmizacyjnych) na powstawanie tej zdolności. Procent słyszących absolutnie posługujących się nazwami literowymi — szczególnie wśród osób, które rozpoczęły edukację muzyczną w wieku 2–5 lat — był niemal dwukrotnie wyższy niż u osób używających nazw solmizacyjnych (blisko 60% : ponad 30%). Autorzy sugerują, że metoda absolutna sprzyja rozwojowi zdolności do absolutnego słyszenia, a wpływ doświadczeń językowych na percepcję słuchową potwierdza występowanie hipotezy Sapira-Whorfa⁵⁵ w modalności słuchowej. Katrin Schulze i in. (2012)⁵⁶ analizowali — przy użyciu rezonansu magnetycznego (fMRI) — słowną i tonalną percepcję oraz pamięć operacyjną u muzyków ze słuchem absolutnym i bez słuchu absolutnego. Wykazano, że werbalne etykietowanie tonów u muzyków ze słuchem absolutnym dokonuje się automatycznie a aktywacja mózgu — w przypadku sylab i dźwięków muzycznych — wygląda podobnie. Unikalną cechą słuchu absolutnego jest zatem podobieństwo między werbalną i tonalną percepcją. Ponieważ zdolność do absolutnego słyszenia wiąże się z wczesną stymulacją muzyczną, to w edukacji dzieci najmłodszych należy używać metody absolutnej a nie relatywnej, co sugerowałam już w 1998 roku⁵⁷. System relatywny powoduje bowiem niezamierzone obniżenie wyników w rozpoznawaniu absolutnych wysokości dźwięków.

Anatomiczne i neuronalne podłoże słuchu absolutnego

Interesujące okazały się rezultaty badań nad anatomicznymi i neuronalnymi podstawami kształtowania się tej zdolności. Już w 1995 roku Gottfried Schlaug

określił dla oznaczenia przeciwstawnych metod nauczania kształcenia słuchu: metoda absolutna i solmizacja relatywna — względna (Wojciech Jankowski, hasła *Solfęż*, *solfeggio* oraz *Solmizacja*, *solmisation*, w: *Encyklopedia Muzyki*, pod red. Andrzeja Chodkowskiego, Warszawa 1995, s. 826–828). Dlatego też, relacjonując wyniki badań dotyczących związku zdolności do absolutnego słyszenia z rodzajem stosowanej metody, będę używała terminologii przyjętej u nas.

⁵⁵ Hipoteza Edwarda Sapira i Benjamina Lee Whorfa (inaczej zwana prawem relatywizmu językowego) zakłada, że rodzaj używanego języka determinuje sposób myślenia (Edward Sapir, *Language. An introduction to the study of speech*, New York 1921; Edward Sapir, *The status of linguistics as a science*, „*Language*” 1929, nr 5, s. 201–204; Benjamin Lee Whorf, *Language, thought and reality*, New York 1956.

⁵⁶ Katrin Schulze, Karsten Mueller, Stefan Koelsch, *Auditory stroop and absolute pitch: An fMRI study*, „*Human Brain Mapping*” 2013, nr 34 (7), s. 1579–1590.

⁵⁷ Alicja Kozłowska-Lewna, *Sugestie dotyczące metodyki kształcenia słuchu w aspekcie badań nad uzdolnieniem muzycznym*, w: *Kształcenie słuchu. Teoria i praktyka*, Warszawa 1998, s. 52–82.

i in.⁵⁸ — którzy obserwowali neuronowe kodowanie umiejętności muzycznych przy użyciu pozytonowej tomografii emisyjnej (PET, *positron emission tomography*) — wykazali, że struktury mózgu muzyków ze słuchem absolutnym, muzyków ze słuchem relatywnym i nie-muzyków różnią się. U badanych 11 osób posiadających słuch absolutny (*perfect pitch*) i 19 osób bez słuchu absolutnego lewe *planum temporale* było znacznie większe niż u nie-muzyków ($n=30$) — odpowiednio: 1097, 1043, 896 mm². W 2003 roku Christian Gaser i Gottfried Schlaug zauważyli, że ciało modzelowate, wielkie spoidło łączące obie półkule mózgowe, jest u muzyków większe niż u nie-muzyków, a równina skroniowa jest u profesjonalnych muzyków asymetrycznie powiększona. Zaobserwowano ponadto „większą ilość substancji szarej w ruchowej, słuchowej i wzrokowo-przestrzennej części kory mózgowej, a także w mózdzku”⁵⁹. Długoterminowy trening motoryczny, ich zdaniem, wywołuje zmiany strukturalne w mózgu i jest przyczyną różnic w objętości substancji szarej. Dodatnią korelację ($r=0,595$, $p=0,001$) między objętością mózdzku a intensywnością praktyki muzycznej w grupie muzyków w porównaniu do nie-muzyków odnotowali także Siobhan Hutchinson i in. (2003)⁶⁰. Robert Zatorre i in. (1998)⁶¹ analizowali, przy wykorzystaniu pozytonowej tomografii emisyjnej, przepływ krwi w mózgu u dziesięciu muzyków słyszących absolutnie i u 10 muzyków posługujących się słuchem relatywnym. Szacowano objętość korową a nie jej powierzchnię. Empirycznie dowiedziono, że osoby ze słuchem absolutnym nie korzystają w trakcie rozpoznawania dźwięków z pamięci roboczej. Zaobserwowano silną aktywację obszaru *left posteriori cortex*, który odpowiada za warunkowe, asocjacyjne uczenie się bodźców. W badaniach Juliana Paula Keenana i in. (2001)⁶², przeprowadzonych w oparciu o analizy morfometryczne danych pochodzących z rezonansu magnetycznego na łącznej próbie 76 osób (27 muzyków ze słuchem absolutnym, 22 muzyków ze słuchem relatywnym oraz

⁵⁸ Gottfried Schlaug, Lutz Jäncke, Yanxiong Huang, Helmuth Steinmetz, *In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians*, „Science” 1995, vol. 267, nr 5198, s. 699–701.

⁵⁹ Christian Gaser, Gottfried Schlaug, *Brain structures differ between musicians and non-musicians*, „Journal of Neuroscience” 2003, nr 23 (27), s. 9242.

⁶⁰ Siobhan Hutchinson, Lesli Hui-Lin Lee, Nadine Gaab, Gottfried Schlaug, *Cerebellar volume of musicians*, „Cerebral Cortex” 2003, nr 13, s. 943–949.

⁶¹ Robert J. Zatorre, David W. Perry, Christine A. Beckett, Christopher F. Westbury, Alan C. Evans, *Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 1998, nr 95, s. 3172–3177.

⁶² Julian Paul Keenan, Ven Thangaraj, Andrea R. Halpern, Gottfried Schlaug, *Absolute pitch and planum temporale*, „NeuroImage” 2001, nr 14, s. 1402–1408.

27 nie-muzyków, którzy rozpoczęli naukę muzyki przed siódmym rokiem życia), wykazano, że obserwowana u osób absolutnie słyszających asymetria⁶³ między lewym i prawym *planum temporale* jest bardziej zauważalna w prawym *planum temporale*. Mimo, iż wczesna edukacja muzyczna wydaje się być warunkiem koniecznym do zdobywania tej zdolności, to predyspozycje do zwiększonej asymetrii między prawym i lewym *planum temporale* mogą pojawiać się już w okresie prenatalnym, co świadczyć może o genetycznych predyspozycjach⁶⁴ do rozwoju słuchu absolutnego — konkludują autorzy. Podobne badania przeprowadził zespół badaczy z Uniwersytetu w Tokio pod kierunkiem Takashi Ohnishi i in. (2001)⁶⁵. Neurolodzy japońscy obserwowali przy pomocy rezonansu magnetycznego (*fMRI, functional magnetic resonance imaging*) mózgi dwóch czternastoosobowych grup (muzyków i amatorów), którym odtwarzano część *Koncertu włoskiego* BWV 989 Jana S. Bacha. Spośród czternastu studentów uczelni muzycznych — 10 osób miało słuch absolutny. Stwierdzono występowanie korelacji między wynikami testu solfeżowego a aktywnością lewego *planum temporale* u muzyków. U nie-muzyków bardziej aktywne było prawe *planum temporale*. W podsumowaniu tych badań pojawiła się sugestia, że u muzyków zawodowych słuch absolutny może być następstwem długotrwałego treningu. Osoby słyszące absolutnie, zdaniem Carolyn Wu i innych (2008)⁶⁶ potrafią wydobyć z sygnału dźwiękowego większą liczbę obserwacji a rezultaty badań nad powstawaniem słuchu absolutnego mają duże znaczenie w zrozumieniu plastyczności mózgu. Badano 3 grupy osób: muzyków ze słuchem absolutnym, muzyków bez słuchu absolutnego i nie-muzyków podczas wykonywania zadań oznaczania wysokości. Elektroencefalografia (przy zas-

⁶³ Pamiętać także należy, że zwykła dominacja lewego *planum temporale* (PT) jest charakterystyczna dla większości. PT jest najbardziej asymetryczną strukturą w mózgu, jedynie u 10% ludzi obserwujemy bardziej rozwinięte prawe PT, asymetria między prawym a lewym PT jest już widoczna od 31 tygodnia ciąży.

⁶⁴ Niektórzy autorzy przyjmują, że także czynniki stymulacyjne w okresie prenatalnym mogą być powodem zwiększonej asymetrii między lewym i prawym *planum temporale*. Por. Raquel Dorsaint-Pierre, Virginia B. Penhune, Kate E. Watkins, Peter Neelin, Jason P. Lerch, Marc Bouffard, Robert J. Zatorre, *Asymmetries of the planum temporale and Heschl's gyrus: relationship to language lateralization*, „Brain” 2006, 129, s. 1164–1176.

⁶⁵ Takashi Ohnishi, Hiroshi Matsuda, Takashi Asada, Makoto Aruga, Makiko Hirakata, Masami Nishikawa, Asako Katoh, Etsuko Imabayashi, *Functional anatomy of musical perception in musicians*, „Cerebral Cortex” 2001, nr 11, s. 754–760.

⁶⁶ Carolyn Wu, Ian J. Kirk, Jeff P. Hamm, Vanessa K. Lim, *The neuronal networks involved in pitch labeling of absolute pitch musicians*, „NeuroReport” 2008, nr 19 (8), s. 851–854.

tosowaniu tomografii niskiej rozdzielczości) wykazała, że u osób słyszących absolutnie aktywowane są szersze sieci neuronowe. Zauważono także (Martina Wengenroth i in., 2013⁶⁷, n=162 osób), że do anatomicznych symptomów tej zdolności zaliczyć można zwiększoną objętość i zwiększoną funkcjonalność w niektórych obszarach kory słuchowej: w obszarze pól słuchowych w prawej półkuli, lewostronnym *planum temporale*, sieci w lewej półkuli w polu Broki, w zakręcie Heschla. Zdaniem tych autorów percepcja dźwięków odbywa się w prawej półkuli, a „etykietowanie” — w lewej półkuli. Powiększony zakręt Heschla jest jedną z charakterystycznych cech dla słuchu absolutnego. Anders Dohn i in. (2013)⁶⁸, przy użyciu MRI (*magnetic resonance imaging*) i tensora dyfuzji⁶⁹ analizowali różnice neuroanatomiczne między materią szarą i białą u osób ze słuchem absolutnym i u muzyków posługujących się słuchem relatywnym. Analizy wykazały zwiększoną grubość warstwy korowej w dwustronnym obrębie *superior temporal gyrus* (STG), *left inferior fractional gyrus*, *right supramarginal gyrus* u osób słyszących absolutnie. Wskazano także (przy użyciu anizotropii frakcyjnej)⁷⁰ na lepsze połączenia w obrębie ścieżek *inferior fronto-occipital fasciculus*, *uncinate fasciculus* i *inferior longitudinal fasciculus*. Badacze twierdzą, że znaleźli także korelacje między pomiarami substancji białej i warstwą korową w *right parahippocampal gyrus*.

Słuch absolutny a zdolności poznawcze

Niezwykłe intrygujące są związki między zdolnością do absolutnego słyszenia a zdolnościami poznawczymi. Parick Bermudez i Robert J. Zatorre (2009)⁷¹ odnotowali występowanie różnic w grubości warstwy ko-

⁶⁷ Martina Wengenroth, Maria Blatow, Armin Heinecke, Julia Reinhardt, Christoph Stippich, Elke Hofmann, Peter Schneider, *Increased volume and function of right auditory cortex as a marker for absolute pitch*, „Cerebral Cortex” 2013, <http://cercor.oxfordjournals.org/content/early/2013/01/08/cercor.bhs391.full> (dostęp: 20.10.2013).

⁶⁸ Anders Dohn, Eduardo A. Garza-Villarreal, M. Mallar Chakravarty, Mads Hansen, Jason P. Lerch, Peter Vuust, *Gray- and White-Matter Anatomy of Absolute Pitch Possessors*, „Cerebral Cortex” 2013, <http://cercor.oxfordjournals.org/content/early/2013/12/04/cercor.bht334.full> (dostęp: 4.12.2013).

⁶⁹ Obrazowanie przy użyciu tensora dyfuzji (*ang. DTI — diffusion tensor imaging*) może być używane do obserwowania zmian w połączeniach istoty białej.

⁷⁰ Technika obrazowania pracy mózgu odzwierciedlająca gęstość włókien, średnicę aksonów i mielinizację istoty białej.

⁷¹ Patrick Bermudez, Robert J. Zatorre, *The absolute pitch mind continues to reveal itself*, „Journal of Biology” 2009, nr 8 (75), <http://jbiol.com/content/8/8/75> (dostęp: 1.10. 2013).

rowej u muzyków słyszących absolutnie i muzyków bez słuchu absolutnego. Autorzy sugerują, że neuronowe podwaliny tej niezwyklej zdolności pozwalają uznać ją za „muzyczną manifestację” różnych zdolności poznawczych. W podsumowaniu innej pracy Parick Bermudez i in. (2009) piszą: „wierzymy, że nasze dane [...] potwierdzają pogląd, że lata intensywnego treningu i praktyki muzycznej, prawdopodobnie łączące się z gamą dyspozycji biologicznych, tworzą różne wyspecjalizowane umiejętności, które są uwzględniane w funkcji makroskopowej i strukturze mózgu”⁷². Badano 71 osób (średnia wieku 23,3 roku) z wieloletnim okresem nauki muzyki (średnio 16,9 roku). Wśród nich znalazło się 27 osób z potwierdzonym słuchem absolutnym. Grupę kontrolną tworzyło 64 nie-muzyków, którzy mieli za sobą mniej niż 3 lata kształcenia muzycznego. Dokonano porównań między osobami, które uzyskały 12 najlepszych i 12 najgorszych wyników w teście słuchu absolutnego. Autorzy konkludują: wśród naukowców kiełkuje świadomość, iż muzykalność można traktować jako model służący sondowaniu innych aspektów poznawczych, w tym głównie pamięci.

Dostrzeżono także, przy pomocy pozytronowej tomografii emisyjnej (PET), że u osób słyszących absolutnie występują bardziej rozległe sieci neuronowe (Sarah J. Wilson i in., 2009)⁷³. W procesie rozpoznawania dźwięków (n=36 osób o podobnych cechach demograficznych i wykształceniu muzycznym) aktywowane są różne obszary mózgu; u osób słyszących absolutnie, rozpoznających ponad 90% dyktowanych dźwięków — pole Brodmanna BA 22, odpowiadające za rozumienie poszczególnych słów, zaś w grupie pośredniej, którą badacze określili mianem quasi absolutnej, identyfikowała ona 20%–90% dźwięków — w polu Brodmanna BA 46, odpowiadającym za utrzymywanie uwagi i pamięci operacyjnej. Odnotowano także wyraźne różnice w wielkości prawego *planum temporale* u muzyków ze słuchem absolutnym (AP), słuchem quasi absolutnym (QAP) i słuchem relatywnym (rozpoznawali poniżej 20% dźwięków). Różnicom tym towarzyszyły różne wzorce aktywacji funkcjonalnej obserwowane w trakcie wykonywania zadań rozpoznawania wysokości. Wyjaśnienie tego zjawiska daje się uzasadnić plastycznością korową reprezentacji

⁷² Patrick Bermudez, Jason P. Lerch, Alan C. Evans, Robert J. Zatorre, *Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry*, „Cerebral Cortex” 2009, nr 19, s. 1593.

⁷³ Sarah J. Wilson, Dean Lusher, Katarzyna Y. Wan, Dudgeon Paul, David C. Reutens, *The neurocognitive components of pitch processing: Insights from absolute pitch*, „Cerebral Cortex” 2009, nr 19, s. 724–732.

słuchowej i wspiera tezę o długofalowych zmianach struktury i funkcji mózgu, przekładających się na różnice w zdolnościach poznawczych. Badania słuchu absolutnego pozwalają zrozumieć interakcje między czynnikami genetycznymi i środowiskowymi, a zwłaszcza to, jak nauczanie w okresie wrażliwym może doprowadzić do zmian w strukturze mózgu i jego funkcji — piszą autorzy. Także w opinii Mathiasa Oschslina i in. (2010)⁷⁴, którzy analizowali związek między słuchem absolutnym a przetwarzaniem mowy, zdolność ta — traktowana jako umiejętność rozpoznawania chromy⁷⁵ — prezentuje model plastyczności korowej. Towarzyszą mu zmiany w *planum temporale* i w zakręcie Heschla (Schneider i in. 2005)⁷⁶. Zmiany morfologiczne i neurofizjologiczne w *planum temporale* dotyczą powierzchni korowej wyższego rzędu zaangażowanej w procesy percepcji słuchu i mowy. Ich zdaniem profesjonalna muzykalność i zdolność do słyszenia absolutnego prowadzi do znacznych zmian w materii szarej, głównie w obszarach istotnych dla mowy. Zastosowano zmieniane leksykalnie i prozodycznie bodźce mowy; niemieckojęzyczne zwroty prezentowano w czterech ujęciach — w formie stosowanej w normalnej mowie i w trzech zniekształconych postaciach. Wskazano — przy wykorzystaniu danych pochodzących ze skanowania mózgu — na stałe różnice w aktywacji niektórych obszarów mózgu u muzyków ze słuchem absolutnym, muzyków ze słuchem relatywnym i nie-muzyków (n=45 osób). Zdaniem autorów otrzymane wyniki świadczą o tym, że neuronowe podwaliny przetwarzania wysokości dźwięku mogą wywierać silny wpływ na odbieranie znaczeń w percepcji mowy. Nobuo Masataka (2011)⁷⁷ udowodnił, że japoń-

⁷⁴ Mathias S. Oschslin, Martin Meyer, Lutz Jäncke, *Absolute pitch: functional evidence of speech-relevant auditory acuity*, „Cerebral Cortex” 2010, nr 20, s. 447–455.

⁷⁵ Pojęcie chromy wprowadził A. Bachem, *Various types of absolute pitch*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 1937, nr 9, s. 146–151 dla oznaczenia „wspólnej jakości wysokościowej wszystkich dźwięków pozostających w pokrewieństwie oktawowym”. Cyt. za Mariettą Morawską-Büngeler, *Słuch absolutny — przegląd literatury*, w: *Zeszyty Naukowe VI*, Warszawa 1979, s. 142. Zjawisko podobieństwa oktawowego polega w uproszczeniu na tym, że dźwięki odległe o oktawę zawierają podobne składowe widma i są percepcyjnie zbliżone do siebie.

⁷⁶ Peter Schneider, Vanessa Sluming, Neil Roberts, Michael Scherg, Reiner Goebel, Hans J. Specht, H. Günter Dosch, Stefan Bleeck, Christoph Stippich, André Rupp, *Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference*, „Nature Neuroscience” 2005, nr 8, s. 1241–1247 sugerują, że bezwzględna wielkość zakrętu Heschla zależy od umiejętności muzycznych.

⁷⁷ Nobuo Masataka, *Enhancement of speech-relevant auditory acuity in absolute pitch possessors*, „Frontiers in Psychology” 2011, nr 2 (101), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3132675/> (dostęp: 27.10.2013).

scy muzycy słyszący absolutnie byli w stanie szybciej i lepiej niż muzycy ze słuchem relatywnym identyfikować japońskie sylaby.

Przedmiotem badań stała się także łączność między niektórymi obszarami mózgu u muzyków. Psyche Loui i in. (2011)⁷⁸ wykazali, w oparciu o techniki neuroobrazowania, że u osób słyszących absolutnie mamy do czynienia z tzw. *hyperconnectivity* (podwyższoną łącznością), która może być przyczyną wyższej wydajności w zadaniach percepcyjnych, kategoryzacyjnych i poznawczych. Osoby ze słuchem absolutnym posiadają więcej bezpośrednich (lub szerzej rozwiniętych) połączeń między obszarami percepcji i kategoryzacji niż w normalnej populacji. Wszystko to pozwala uznać zdolność do słyszenia absolutnego za nowy model służący badaniu połączeń neuronowych — piszą autorzy. Badano dwunastu muzyków ze słuchem absolutnym i 12 nie-muzyków w grupie kontrolnej. Obie grupy były analogiczne pod względem płci, wieku, pochodzenia etnicznego, ilorazu inteligencji (IQ), wieku, w którym rozpoczynały kształcenie muzyczne i całkowitej liczby lat muzycznego szkolenia. Osoby słyszące absolutnie podzielono na dwie kategorie: posiadaczy dokładniejszego słuchu absolutnego (określanych jako AP1) i posiadaczy mniej dokładnego tego słuchu (oznaczanych jako AP2). Grupę pierwszą tworzyło 6 osób, które osiągnęły w teście słuchu absolutnego średnią wydajność 99,7% i grupę drugą (liczącą także 6 osób), której średnia wydajność wynosiła 94,6%. Wyniki wskazały na znacznie lepszą łączność materii białej w obszarach odpowiadających za percepcję i kategoryzację wysokości u osób ze słuchem absolutnym i znacznie większą objętość tych dróg. Badacze sugerują, że lepsza łączność (*hyperconnectivity*) może odzwierciedlać większą niż normalna ilość włókien w mózgu u osób słyszących absolutnie. Dostarczono także dowodów na bardziej wydajne połączenia na szlaku *superior temporal gyrus* — *middle temporal gyrus* (STG–MTG) w płacie skroniowym, odnotowano wzrost wielkości włókien w części zwanej *arcuate fasciculus* (FA), który może być rezultatem zwiększonej mielinizacji aksonów. Zauważono także, że u osób z głuchotą tonalną występuje zmniejszona sieć neuroanatomicznych połączeń oraz mniejsza ilość włókien w *arcuate fasciculus*, co prowadzi do zmniejszenia strukturalnej łączności i zaburzenia szlaków pomostowych postrzegania słuchowego (Loui i in., 2009)⁷⁹. Zaburzenia łączności w pracy mózgu są przyczyną zaburzeń percepcyjnych, ucze-

⁷⁸ Psyche Loui, Hui C. Charles Li, Anja Hohmann, Gottfried Schlaug, op. cit.

⁷⁹ Psyche Loui, David Alsop, Gottfried Schlaug, *Tone deafness: a new disconnection syndrome?*, „Journal of Neuroscience” 2009, nr 29, s. 10215–10220.

nia się i pamięci. Osoby ze słuchem absolutnym są jedyną grupą normalnych osób, które posiadają unikalne właściwości zarówno w strukturze mózgu jak i jego funkcjonowaniu. Autorzy twierdzą, że lepszy rozwój materii białej u osób słyszących absolutnie może być wynikiem wczesnego kształcenia muzycznego. Do rozwoju słuchu absolutnego przyczynia się kombinacja predyspozycji wrodzonych i czynników środowiskowych. Lokalna *hyperconnectivity* obu płatów skroniowych może być jednym z niezbędnych warunków do rozwoju struktury nerwowej u osób ze słuchem absolutnym. Wyniki potwierdziły hipotezę, że wczesne kształcenie muzyczne jest warunkiem „koniecznym, ale nie wystarczającym” dla rozwoju tej zdolności.

W 2012 roku Psyche Loui i in.⁸⁰ dostrzegli, że obserwowanej u muzyków ze słuchem absolutnym zwiększonej funkcjonalnej łączności małych sieci neuronowych (*networks*) towarzyszą wyjątkowe zdolności percepcyjne. W badaniach wzięło udział 15 osób ze słuchem absolutnym i 15 muzyków bez SA. Zastosowano funkcjonalne obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (fMRI). Wszystkie osoby rozpoczęły naukę muzyki w szóstym roku życia. W każdej grupie znalazło się 5 osób mówiących językami tonalnymi. Grupy nie różniły się między sobą istotą szarą. Użyto testów werbalnych i abstrakcyjnych. W celu potwierdzenia hipotezy o zwiększonej łączności funkcjonalnej przeprowadzono analizę teorii grafów⁸¹ i statystyk małych sieci (*networks*). Obserwowano sieć 90 węzłów oddzielnie dla obu grup. Wykazano wyższe aktywacje u osób ze słuchem absolutnym w całym mózgu w odpowiedzi na muzykę. U osób słyszących absolutnie wzrosła funkcjonalność połączeń sieci (*network*) oraz między innymi regionami mózgu i jest to — zdaniem autorów — symptomem wyjątkowych zdolności percepcyjnych. Dzięki lokalnie powiększonej strukturze następuje wzrost globalnej łączności w mózgu. Uzyskane wyniki są zbieżne z rezultatami badań Schlauga i in. (1995); Loui i in. (2011). Wspierają strukturalne i funkcjonalne różnice w mózgu u osób słyszących absolutnie i ich lepszą zdolność do kategoryzacji. Wyniki dostarczyły pierwszych dowodów, że zwiększona funkcjonalna łączność małych sieci neuronowych w mózgu (*small-work network*) u osób słyszących absolutnie jest związana z wy-

⁸⁰ Psyche Loui, Anna Zamm, Gottfried Schlaug, *Enhanced functional networks...*, op. cit.

⁸¹ Teoria grafów jest narzędziem matematycznym używanym w wielu różnych dziedzinach nauki: informatyce, rachunku operacyjnym, chemii, genetyce, lingwistyce i socjologii. Grafem nazywamy zbiór wierzchołków połączonych krawędziami. Zob. Robin J. Wilson, *Wprowadzenie do teorii grafów*, tłum. Wojciech Guzicki, Warszawa 2012.

jątkowymi zdolnościami percepcyjnymi w zdrowej populacji — piszą autorzy.

Ten wątek badań podkreśla także Diana Deutsch (2013): „intrygujące są także opracowania dotyczące roli łączności między obszarami mózgu, które obserwujemy u osób słyszących absolutnie przy użyciu obrazowania tensora dyfuzji i traktografii⁸². Wiąże się to z superłącznością niektórych struktur mózgu (*in bilateral superior temporal lobe structures*). U osób ze SA wielkość układu łączącego tylną część najwyższego zakrętu skroniowego i tylną środkową część zakrętu skroniowego (*posterior superior temporal gyrus i posterior medial temporal gyrus*) jest większa niż u nie-posiadaczy SA. Te różnice wielkości dróg są szczególnie silne w lewej półkuli i korelują z okresem rozpoczęcia i czasem kształcenia muzycznego”⁸³. Osoby słyszące absolutnie wykazują bardziej rozległe sieci neuronowe w trakcie wykonywania zadań w partii lewego tylnego najwyższego zakrętu skroniowego (*left posterior superior temporal gyrus*) i obserwuje się u nich doskonałą łączność w obrębie bruzdy skroniowej lewej związanej z fonemiczną identyfikacją dźwiękową i kategoryalną (Einat Liebenthal i in., 2005⁸⁴).

Wyjątkowo ciekawe okazały się także pionierskie badania Diany Deutsch i Kevina Dooleya (2013)⁸⁵ nad pojemnością pamięci u osób ze słuchem absolutnym. Wszyscy uczestniczący w badaniach (7 osób ze słuchem absolutnym i 20 osób ze słuchem relatywnym) rozpoczęli edukację muzyczną około szóstego roku życia. Obie grupy były zunifikowane pod względem lat doświadczenia muzycznego i posługiwały się językiem angielskim. Osobom badanym prezentowano test pamięci cyfr w wersji audytywnej i wizualnej. Między dwiema grupami uzyskano różnice wysoce istotne statystycznie w realizacji testu w wersji słuchowej (10 cyfr zapamiętywanych przez osoby ze słuchem absolutnym i 8,1 — bez SA). Muzycy słyszący absolutnie uzyskali także wyższe wyniki w realizacji wzrokowych zadań pamięciowych. Jednak zaobserwowana różnica była w tym przypadku statystycznie nieistotna. Zdaniem autorów to nowe odkrycie

⁸² Traktografia istoty białej jest nową (opatentowaną w 2003 roku) nieinwazyjną techniką obrazowania przy użyciu rezonansu magnetycznego, która umożliwia obserwację kierunku i ciągłości przebiegu włókien nerwowych *in vivo*. Kierunki włókien są zaznaczane przy użyciu kolorów.

⁸³ Diana Deutsch, op. cit., s. 164.

⁸⁴ Einat Liebenthal, Jeffrey R. Binder, Stephanie M. Spitzer, Edward T. Possing, David A. Medler, *Neural substrates of phonemic perception*, „Cerebral Cortex” 2005, nr 15, s. 1621–1631, cyt. za: Diana Deutsch, op. cit. s. 164.

⁸⁵ Diana Deutsch, Kevin Dooley, op. cit.

dostarcza dowodów na genetyczny składnik zdolności do absolutnego słyszenia. Zwiększona pamięć dla wypowiedzanych słów ułatwia rozwój powiązań między wysokością i ich nazwami, co prowadzi do rozwinięcia słuchu absolutnego. Jest to pierwsze empiryczne stwierdzenie związku między absolutnym słuchem i niezwykle dużą pojemnością pamięci i stanowi wskazówkę do jego genezy. Na doniosłą rolę pamięci zwracałam uwagę także w swoich badaniach (2006): „Jeśli potwierdzi się przypuszczenie, że jest to zdolność osiągnięta na drodze kształcenia, zrozumiałe staje się tak częste jej występowanie u koncertujących muzyków. Oni to bowiem rozpoczynają swoją edukację muzyczną najwcześniej, ćwiczą najwięcej i najsukuteczniej, posiadają najlepszą pamięć dźwiękową. W tym znaczeniu słuch absolutny byłby nie tyle symptomem wybitnych zdolności muzycznych, ile ich rezultatem”⁸⁶. Rolę pamięci dźwiękowej w powstawaniu zdolności do absolutnego słyszenia akcentował też w 1993 roku psycholog szwajcarski Alfred Lang⁸⁷.

We współczesnych pracach nad słuchem absolutnym kontynuowane są również wątki, które były podejmowane wcześniej przez innych badaczy. Chao-Yang Lee i Yuh-Fang Lee (2010)⁸⁸ potwierdzili doniosłą rolę barwy w powstawaniu zdolności do absolutnego słyszenia; najlepsze wyniki (86% poprawnych odpowiedzi) badani uzyskali w rozpoznawaniu dźwięków pochodzących z fortepianu, najniższe (72%) w przypadku czystych tonów. Sądę jednak, że kwestia udziału barwy dźwięku w kodowaniu wysokości dźwięku a także zjawisko tzw. podwójnego słuchu absolutnego (*dual absolute pitch*), spotykane u osób grających na instrumentach dawnych, wymaga dalszych badań. Diana Deutsch (2013)⁸⁹ odnotowała, iż począwszy od 40–50 roku życia SA staje się mniej dokładny. Według Aleksandry Athos i in. (2007)⁹⁰ przyczyną tego są przesunięcia właściwości mechanicznych ślimaka — zmiana elastyczności błony podstawnej ślimaka, spadek liczby komórek mezotelialnych wzdłuż długości podstawy membrany.

⁸⁶ Alicja Kozłowska-Lewna, *Innowacyjna strategia...*, s. 279.

⁸⁷ Alfred Lang, *Das „absolute Gehör” oder Tonhöhengedächtnis*, Bern 1993, <http://lbau.co/pap2/1993-05absolutgehoer-ms.htm> (dostęp: 10.11.2013).

⁸⁸ Chao-Yang Lee, Yuh-Fang Lee, op. cit.

⁸⁹ Diana Deutsch, op. cit., s. 170.

⁹⁰ E. Aleksandra Athos, Barbara Levinson, Amy Kistler, Jason Zemansky, Alan Bostrom, Nelson Freimer, Jane Gitchier, *Dichotomy and perceptual distortions in absolute pitch ability*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 2007, nr 104, s. 14795–14800.

Pojawiły się także sugestie, że słuch absolutny jest bardziej rozpowszechniony u osób autystycznych oraz u osób z zespołem Williamsa⁹¹. Peter K. Gregersen i in. (2013)⁹² donoszą, że w grupie 768 osób ze słuchem absolutnym stwierdzono 151 (20,1%) przypadków synestezji. Autorzy sugerują, że między zdolnością do absolutnego słyszenia a synestezją istnieje zależność fenotypowa i genetyczna. Z nowych spostrzeżeń warto zwrócić uwagę na doniesienia o występowaniu zaburzeń w rozpoznawaniu wysokości dźwięku u osób słyszających absolutnie po podaniu leku przeciwdrgawkowego aplikowanego w leczeniu padaczki — *carbamazepine*, o czym świadczą dwa przypadki zaburzeń percepcji słuchowej u 7-letniego chłopca grającego na fortepianie i 14-letniej Japonki⁹³. Po odstawieniu leków zdolność badanych do właściwego rozpoznawania wysokości dźwięków fortepianowych (symptomy słuchu absolutnego) została przywrócona. Według Judit Gervain i in. (2013)⁹⁴ okres krytyczny do nabycia SA wydłuża się po podaniu *walproinianu (valproate)* — leku używanego w leczeniu padaczki i afektywnych zaburzeniach dwubiegunowych.

Zakończenie

Reasumując: przyczyną powstawania zdolności do absolutnego słyszenia są predyspozycje wrodzone (genetyczne lub stymulowane w okresie prenatalnym), których przejawem jest obserwowana od 31 tygodnia ciąży asymetria między lewym i prawym *planum temporale* oraz wczesna praktyka muzyczna połączona z absolutną metodą kształcenia słuchu muzycznego. Korzystny wpływ na rozwój słuchu absolutnego wywiera używanie języków tonalnych. Udowodniono, że zdolność do absolutnego słyszenia koreluje z biegłością wykonywania zadań muzycznych. Osoby słyszące absolutnie mają lepiej zorganizowane sieci obwodowe mózgu, większą ilość substancji szarej, większą grubość warstwy korowej, bardziej rozległe sieci neuronowe, wykazują lepszą łączność materii białej, lepszą łączność (*hyperconnectivity*) w niektórych obszarach mózgu, zwiększoną

⁹¹ Psyche Loui (*Absolute Pitch*, op. cit., s. 18–19) twierdzi jednak, iż dane te nie są do końca potwierdzone.

⁹² Peter K. Gregersen i in., op. cit.

⁹³ Hideto Yoshikawa, Tokinari Abe, *Carbamazepine-induced abnormal pitch perception*, „Brain and Development” 2003, nr 25 (2), s. 127–129.

⁹⁴ Judit Gervain, Bradley W. Vines, Lawrence M. Chen, Rubo J. Seo, Takao K. Hensch, Janet F. Werker, Allan H. Young, *Valproate reopens critical period learning of absolute pitch*, „Frontiers in Systems Neuroscience” 2013, nr 7, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3848041/> (dostęp: 10.11.2013).

łączność „małych sieci” (*networks*), zwiększoną pojemność pamięci. Jeśli zatem słuch absolutny jest rezultatem plastyczności mózgu, to może warto stymulować powstawanie tej zdolności? 75% badanych przeze mnie studentów Akademii Muzycznej w Gdańsku (n=80) chciałoby posiadać słuch absolutny a 78,5% odpowiada, że będzie podtrzymywać ten rodzaj słyszenia u swoich dzieci⁹⁵.

Diana Deutsch (2013)⁹⁶ konkluduje: badania nad słuchem absolutnym są niezwykle intrygujące. Przyczyniają się do zrozumienia okresów krytycznych i percepcyjnych w rozwoju poznawczym, relacji między muzyką i mową, wpływu języka na percepcję, neuroanatomicznych korelatów umiejętności specjalistycznych, roli wkładu genetycznego w percepcji i poznaniu. Słuch absolutny staje się coraz częściej symptomem wielu innych zdolności poznawczych. Osoby posiadające tę umiejętność, zdaniem Oechsline i in. (2010)⁹⁷, sprawniej realizują zadania związane z segmentowym przetwarzaniem mowy. Okazują się lepsze w zadaniach pamięci, w niektórych zadaniach związanych z fonologicznym przetwarzaniem mowy, w nazywaniu i pamięci wysokości, w rozróżnianiu miejsc w ciągu kategorii⁹⁸. David Ross i Lawrence Marks (2009)⁹⁹ zauważają, że dzieci poddane nawet minimalnemu szkoleniu muzycznemu wykazują poprawę pamięci krótkoterminowej. Oliver Vitouch (2005) pisze: o powstawaniu zdolności do absolutnego słyszenia decyduje zespół czynników: przyczyny neuronalne (*kortikale Tonotopie, Netzwerke*), wczesny wiek rozpoczęcia nauki muzyki (5–6 rok życia), indywidualne cechy genetyczne oraz plastyczność korowa. Tym niemniej ten swoisty fenomen wymaga znalezienia odpowiedzi na pytanie: jak to się dzieje, że osoby te zapamiętują klasy dźwięków¹⁰⁰. Wydaje się, że Diana Deutsch i Kevin Dooley (2013)¹⁰¹ udzielili częściowej odpowiedzi na tak postawione pytanie: osoby słyszące absolutnie wykazują większą pojemność pamięci słuchowej. Psyche Loui pisze jeszcze dobitniej: słuch absolutny jest zjawiskiem wzmocnienia percepcyjnego, które umożliwia automatyczne odczytywanie wysokości dźwięku, wiąże się z lepszą pamięcią i zdolnością do kategoryzacji. Wynika to ze zwiększenia sieci nerwowych, zwiększonej objętości istoty szarej, grubości warstwy korowej i łączności istoty białej oraz wyższej funkcjonalności małych sieci (*small-world*). Potrzebne

⁹⁵ Alicja Kozłowska-Lewna, *Innowacyjna...*, s. 236–241.

⁹⁶ Diana Deutsch op. cit., s. 172.

⁹⁷ Mathias S. Oeschlin, Martin Meyer, Lutz Jäncke, op. cit.

⁹⁸ Diana Deutsch, op. cit., s. 157.

⁹⁹ David A. Ross, Lawrence E. Marks, op. cit.

¹⁰⁰ Oliver Vitouch, op. cit., s. 756.

¹⁰¹ Diana Deutsch, Kevin Dooley, op. cit.

są dalsze badania, by ustalić, w jakim stopniu ta wyjątkowa umiejętność przenosi się do innych dziedzin życia¹⁰².

Jeszcze wyraźniej widać zalety słuchu absolutnego, jeśli zestawimy je z najnowszymi rezultatami badań nad amuzją. Poniżej prezentuję cechy charakterystyczne dla amuzji i słuchu absolutnego oraz wskazuję na źródła, które bliżej dokumentują sformułowane przeze mnie tezy.

AMUZJA	SŁUCH ABSOLUTNY
1. słaba sieć połączeń synaptycznych ¹⁰³	1. rozbudowana sieć połączeń synaptycznych ¹⁰⁴
2. kłopoty z pamięcią ¹⁰⁵	2. dobra pamięć ¹⁰⁶
3. mniej istoty białej ¹⁰⁷	3. więcej istoty białej ¹⁰⁸
4. mniej istoty szarej ¹⁰⁹	4. więcej istoty szarej ¹¹⁰
5. gorsza łączność obu półkul ¹¹¹	5. lepsza łączność obu półkul ¹¹²
6. zmniejszona objętość i funkcjonalność kory słuchowej ¹¹³	6. zwiększona objętość i funkcjonalność kory słuchowej ¹¹⁴

Zauważyć jednak wypada, że do przedstawionych powyżej wyników badań należy podchodzić z pewną dozą ostrożności. Większość z nich ma charakter korelacyjny i sugeruje jedynie współwystępowanie pewnych czynników i słuchu

¹⁰² Psyche Loui, *Absolute Pitch*, op. cit., s. 22.

¹⁰³ Psyche Loui, David Alsop, Gottfried Schlaug, op. cit.

¹⁰⁴ Psyche Loui, Anna Zamm, Gottfried Schlaug, op. cit.

¹⁰⁵ Simone Dalla Bella, Aleksandra Tremblay-Champoux, Magdalena Berkowska, Isabelle Peretz, *Memory disorders and vocal performance*, „Annals of New York Academy of Sciences”, 2012, nr 1252, s. 338.

¹⁰⁶ Diana Deutsch, Kevin Dooley, op. cit.

¹⁰⁷ Krista L. Hyde, Robert J. Zatorre, Timothy D. Griffiths, Jason P. Lerch, Isabelle Peretz, *Morfometry of the amusic brain: a two-site study*, „Brain” 2006, nr 129, s. 2562–2570.

¹⁰⁸ Christopher J. Stelle, Jennifer A. Bailey, Robert J. Zatorre, Virginia B. Penhune, *Early musical training and white-matter plasticity in the Corpus Callosum: evidence for a sensitive period*, „The Journal of Neuroscience”, 2013, nr 33 (3), s. 1282–1290.

¹⁰⁹ Jake Mandell, Katrin Schulze, Gottfried Schlaug, *Congenital amusia: An auditory-motor feedback disorder?*, „Restorative Neurology and Neuroscience” 2007, nr 25 (3–4), s. 323–334.

¹¹⁰ Martina Wengenroth i in. op. cit.

¹¹¹ Psyche Loui, David Alsop, Gottfried Schlaug, op. cit.

¹¹² Psyche Loui, Hui C. Charles Li, Anja Hohmann, Gottfried Schlaug, op. cit.

¹¹³ Marie-Andre Lebrun, Patricia Moreau, Andre McNally-Gagnon, Genevieve Mignault-Goulet, Isabelle Peretz, *Congenital amusia in childhood: A case study*, „Cortex” 2012, nr 48, s. 683–688.

¹¹⁴ Martina Wengenroth i in., op. cit.

absolutnego. Nie sposób jednak wskazać przyczyn zaobserwowanych zjawisk. Sądzę, że prezentowane wyniki badań będą w przyszłości wielokrotnie weryfikowane, ale zarysowana już teraz tendencja pozwala na sformułowanie następującej konkluzji: o dobry słuch muzyczny warto zabiegać.

SUMMARY

Absolute Pitch — an indication of musical and cognitive abilities?

The aim of this paper is to present latest studies on absolute pitch conducted over the past ten years. The author respectively discusses: results of the research on the origins of absolute pitch, relationship between absolute pitch and musical skills, dependence of the development of absolute pitch on applied aural training methods, anatomical and neural foundations of this ability, as well as influence of absolute pitch on the progress of other cognitive abilities.

In conclusion the author submits: the key causes for the development of absolute pitch ability lay in innate predispositions (either genetic or stimulated in the prenatal period) — which manifest themselves in the asymmetry between left and right *planum temporale* — as well as in skills acquired by early musical practice combined with absolute method of ear training. It appears that using tonal languages is beneficial for the development of absolute pitch. It has been proven that the ability of absolute pitch correlates with proficiency in performing musical tasks. Examining brains of people with absolute hearing abilities shows that they have better developed circumferential networks, grey matter, greater thickness of cerebral cortex and improved white matter connectivity, what results in more efficient networking between various areas of brain, better „small-world” functional networking and memory. Ability of absolute pitch can be understood as a phenomenon of unique perceptual enhancement, useful for the examination of brain plasticity.

KEYWORDS: music education, ear training, absolute pitch, cognitive abilities