

RAFAŁ LAWENDOWSKI

Uniwersytet Gdański, Wydział Nauk Społecznych, Instytut Psychologii,
Zakład Badań nad Rodziną i Jakością Życia

ADAM SADOWSKI

Uniwersytet Gdański, Wydział Nauk Społecznych, Instytut Psychologii

Edukacja i aktywność muzyczna człowieka a plastyczność układu nerwowego

STRESZCZENIE:

Praca nad utworem muzycznym polega na rozpoznaniu i wypracowaniu szeregu elementów muzycznych. Świadomość istnienia tych elementów i potrzeby ich wyćwiczenia wzrasta w miarę uczenia się gry na instrumencie. Wielogodzinne ćwiczenie przyczynia się do wykształcenia różnego rodzaju strategii pracy nad utworem, które z czasem przybierają formę nawyków. Konkretnie metody rozwiązywania problemów muzycznych, z jakimi zmagają się muzycy, znajdują swe odzwierciedlenie w postaci trwałych zmian w mózgu. Zmiany te odzwierciedlają zarówno to, co zostało nauczone, ale także jak zostało nauczone. Znaczący wpływ na wykształcenie nawyków, a co za tym idzie zmian strukturalnych i funkcjonalnych w mózgu, ma nauczyciel, który za pomocą różnorodnych ćwiczeń zleczanych podopiecznym przekazuje wiedzę, ale też kontroluje i naprowadza. Mózg ucznia można więc potraktować jako miejsce pracy nauczyciela. Artykuł analizuje pozytywne i negatywne konsekwencje zmian w funkcjonowaniu wyższych pięter układu nerwowego będących wynikiem edukacji muzycznej oraz zwraca uwagę Czytelnika na zakres i ewentualne konsekwencje procesów neurologicznych zachodzących w czasie pracy nad analizą i wykonaniem utworu muzycznego.

SŁOWA KLUCZOWE: neuroplastyczność, układ nerwowy, kształcenie muzyczne, bariery w edukacji.

WSTĘP

Nauka gry na instrumencie, śpiewu czy dyrygowania od wieków oparta jest na relacji mistrz–uczeń. Mistrz, jako ten, który zgłębił już wszystkie tajniki sztuki, posiadający wysokie umiejętności i stosowne doświadczenie, staje się przewodnikiem po nieznanym jeszcze uczniowi świecie wykonywania muzyki. Podobnie jak czytanie książki, czytanie nut z biegiem czasu staje się czymś oczywistym, choć wymaga wielu szeroko pojętych umiejętności technicznych, interpretacyjnych czy wykonawczych [Jacobi 2012]. Mistrz ma więc za zadanie ułatwić i przyspieszyć okres dochodzenia do tych umiejętności, chroniąc jednocześnie ucznia przed błędnymi rozwiązaniami i wykształceniem złych nawyków. Niemiecki psycholog, psychiatra i filozof Manfred Spitzer stwierdza, że „mózg ucznia to miejsce pracy nauczyciela” [cyt. za Żylińska 2013, s. 13]. Mózg ucznia i szkoła powinny zatem tworzyć spójny związek. Czy tworzą? Czy nauczyciele muzyki znają swoje „miejsce pracy”? Czy właściwie o nie dbają? Celem artykułu jest dokonanie analizy różnorodnych konsekwencji zmian w funkcjonowaniu wyższych pięter układu nerwowego, będących wynikiem edukacji muzycznej oraz próba zwrócenia uwagi Czytelnika na zakres i skutki procesów neurologicznych zachodzących w czasie pracy nad analizą i wykonaniem utworu muzycznego. Tym samym przechodzimy do postawienia kolejnego pytania: jak kształtuje się „muzyczny mózg”?

PRZEGLĄD BADAŃ NAD WPŁYWEM AKTYWNOŚCI MUZYCZNEJ NA FUNKCJONOWANIE I STRUKTURY MÓZGU

Mózg człowieka to skomplikowany, ale także bardzo dynamicznie rozwijający się organ. Rozwój mózgu, począwszy od okresu płodowego, wiąże się z kilkoma rodzajami procesów [Kalat 2006]. Pierwszym z nich jest proliferacja, czyli powstawanie nowych komórek nerwowych. Po drugie rozwój mózgu wiąże się z obwodowym i promienistym przemieszczaniem się neuronów w kierunku punktów docelowych. W czasie tej wędrówki obserwujemy proces różnicowania się neuronów poprzez wytworzenie się na nich aksonów i dendrytów. Następnie, w procesie zwanym mielinizacją, komórki glejowe wytwarzają osłonki mielinowe na aksonie. Kolejnym etapem rozwoju mózgu jest synaptogeneza, czyli powstawanie połączeń synaptycznych. Przez synapsy przekazywany jest potencjał czynnościowy, który pobudza pracę kolejnych komórek nerwowych. Odbywa się to za pomocą neuroprzekazników wychwytywanych przez specjalne receptory, które z kolei otwierają kanały jonowe dla cząsteczek z odpowiednim potencjałem elektrycznym. Impulsy elektryczne przebiegają przez połączenia komórek nerwowych (synapsy) zmieniając je, a tym samym zwiększając przewodnictwo, torując sobie w mózgu stosowne „ścieżki”. Synapsy w zależności od tego, czy są wykorzystywane czy też nie, potrafią stale zmieniać swoją wielkość. Pracujące synapsy zwiększają swoją objętość, nieużywane zaś zaczynają zanikać, aż w końcu obumierają. Tak więc mózg pod wpływem pracy umysłowej ulega stałym zmianom. Doświadczenia życiowe, uczucia, myśli, ale także działalność człowieka, pozostawiają w mózgu ślady pamięciowe (engramy). Nauczenie się nowej treści powoduje powstawanie nowych synaps i przyczynia się do zainicjowania procesu przebudowy struktur mózgowych.

Zastosowanie nowoczesnej technologii w diagnostyce obrazowej oraz złożonych algorytmów do analizy danych sprawiło, że fenomen neuroplastyczności, traktowanej jako trwałe przekształcenie funkcjonalne neuronów [Konorski 1948], jest przedmiotem analizy także w kontekście kształcenia muzycznego. W procesie analizy muzyki zaangażowane są obie półkule mózgowe, chociaż ich udział w kontekście podejmowanych przez człowieka aktywności muzycznych jest różny [Koelsch 2012]. Przez długi czas uważano, że istnieje wyraźny podział funkcji między lewą półkulą mózgową (związaną z mową), a półkulą prawą (przetwarzającą emocje) [por. Springer, Deutsch 2004]. Jednakże badania pokazujące, iż uszkodzenia obu półkul mózgowych mogą spowodować upośledzenie zdolności muzycznych, przyniosły odejście od tej upraszczającej reguły [Wieser 2003].

Sposób przetwarzania muzyki uwarunkowany jest m.in. wcześniejszymi doświadczeniami muzycznymi odbiorcy [Münste i inni 2002]. Tym samym, ciekawymi obiektami badań nad procesami neuroplastyczności stają się mózgi osób wykształconych muzycznie. Ponadto aktywność różnorodnych obszarów mózgu może się zmieniać także w zależności od tego np. na jakim elemencie w strukturze muzycznej skupia się sam słuchacz, przy czym należy pamiętać, że analiza budowy utworu muzycznego zachodzi także automatycznie, np. podczas słuchania pasywnego [Koelsch, Friederici 2003]. Zakłada się, iż lewa półkula przetwarza podstawowe elementy utworu muzycznego, takie jak interwały oraz rytm, prawa natomiast rozpoznaje cechy holistyczne, np. metrum oraz kontur melodyczny [Peretz 1990]. W przypadku osób nieposiadających wykształcenia muzycznego w percepcji muzyki dominuje półkula prawa, natomiast u profesjonalnych muzyków – lewa [Evers i inni 1999]. Tę prostą zależność komplikuje jednak fakt, iż pewne elementy strukturalne muzyki, jak chociażby rytm, przetwarza nie tylko lewa, ale także prawa półkula mózgu [Popescu i inni 2004].

U osób nieposiadających formalnego wykształcenia muzycznego, w czasie porównywania dźwięków o różnych wysokościach obserwuje się aktywność okolic prawego płata czołowego oraz górnego zakrętu skroniowego tej samej półkuli. Z kolei profesjonalni muzycy, rozróżniając wysokość dźwięku, wykazują zwiększoną aktywność lewej półkuli mózgu [Altenmüller 1989]. Co ciekawe, wykształcenie muzyczne wpływa także na podkorowe procesy przetwarzania mowy. Jest to zrozumiałe, albowiem powiązanie procesów przetwarzania mowy i języka muzyki sugerowane jest przez wielu autorów [np. Patel 2013]. Współczesne badania, w których uczestniczyły osoby nieposiadające wykształcenia muzycznego oraz zawodowi muzycy wskazują, że wypowiedzanie sylab zróżnicowanych pod względem intonacji wpływa na silniejszą aktywację wzgóreków czworaczych u tych ostatnich. Istnieje także silniejsza korelacja między intensywnością odpowiedzi neuronalnej i długością treningu muzycznego z jednej strony, a umiejętnością adekwatnego rozróżnienia znaczenia wypowiedzanej sylaby [Wong i inni 2007].

Prezentowane badania wskazują na fakt, iż muzyka analizowana jest jednocześnie, w sposób rozproszony w wielu, pozostających ze sobą we wzajemnej relacji, aktywnych częściach mózgu [Altenmüller i inni 2000a]. Co ciekawe, słuchanie muzyki powoduje ponadto ich zwiększoną integrację, która ułatwia przeprowadzenie procesów analizy i syntezy [Jaušovec, Habe 2004]. Współdziałanie kilku regionów mózgu jest niezbędne dla percepcji tak złożonego układu informacyjnego, jakim jest muzyka. Należy dodać, że wysoce

prawdopodobne jest, iż muzyka przetwarzana jest także w sposób hierarchiczny (od najprostszych parametrów akustycznych do najbardziej skomplikowanych) [Zatorre 2003], a także modułowy [Peretz, Coltheart 2003]. Tym samym wyniki cytowanych badań wskazują, że odbiór muzyki ma ściśle biologiczne podłoże i znajduje swoje odzwierciedlenie w organizacji funkcjonalnej mózgu.

Jak już zauważono, obecnie zakłada się, że w proces przetwarzania muzyki zaangażowane są różne rejony mózgu. Zaobserwowano, iż u muzyków dodatkowo zachodzi proces rozwoju określonych struktur. Z jednej strony pod wpływem nauki następują zmiany, które polegają na nasileniu reakcji poszczególnych komórek nerwowych, ale z drugiej strony obserwowane jest także zwiększenie liczby neuronów reagujących na dźwięki o dużym znaczeniu [Pantev i inni 1998]. Nawet krótki trening muzyczny może zmienić odpowiedź mózgu, gdyż, jak sądzą naukowcy, pod wpływem uczenia się następuje swoiste „przestrojenie się” mózgu w taki sposób, aby więcej komórek reagowało na dźwięki, które są lub mogą być z różnych powodów istotne i znaczące [Weinberger, Bakin 1998]. Opisany, komórkowy proces adaptacji obejmuje całą korę, modyfikując mapę częstotliwości tak, aby zwiększyć obszar kory przetwarzający dźwięki postrzegane jako ważne. Co ciekawe, efekty takiego „przestrainia” są niezwykle trwałe i z upływem czasu nasilają się już bez dodatkowego treningu. Aktywność muzyczna oparta na zmianie dostrojenia komórki nerwowej do wysokości dźwięku, która jest dla człowieka ważna (np. 440 Hz), poszerza rejon aktywowany przez określoną częstotliwość, dokonując tym samym zmian o charakterze funkcjonalnym [Pantev i inni 1998]. Badania Panteva dowiodły, że intensywne ćwiczenia prowadzą do podwyższonej aktywności w odpowiednich strukturach mózgu, np. mózg profesjonalnych trębaczy reaguje silniej na dźwięk trąbki, ale na dźwięk skrzypiec już nie [Pantev i inni 2001]. Podjęty trening zwiększa liczbę komórek, które reagują na dźwięki z jakiegoś powodu ważne, natomiast długotrwałe uczenie się skutkuje bardziej wyrazistymi reakcjami i fizycznymi zmianami w mózgu [Hallam 2009]. Na podstawie tych obserwacji można wytłumaczyć, dlaczego niektóre osoby rozpoznają znajomą melodię mimo licznych dystraktorów znajdujących się w otoczeniu. Dodatkowo, ciekawie korespondują z powyższymi wynikami świadczące, iż muzycy wcześniej i silniej reagują na poziomie pnia mózgu na muzykę i mowę (reakcja następuje po 10 milisekundach od pojawienia się bodźca akustycznego) [Musacchia i inni 2007], a obszar kory słuchowej jest u nich bardziej rozległy niż u osób bez doświadczenia muzycznego [Schneider i inni 2002]. Wielkość wspomnianej różnicy wiąże się z samym poziomem wykształcenia muzycznego, a co najważniejsze, sugeruje (po raz kolejny), że uczenie się muzyki zwiększa liczbę neuronów zaangażowanych w jej przetwarzanie.

Ciekawie prezentują się wyniki badań nad zmianami, jakie zachodzą w mózgu, kiedy badany uczestniczy w ćwiczeniach z kształcenia słuchu [Altenmüller i inni 2000b]. Studenci biorący udział w eksperymencie mieli zidentyfikować 140 akordów durowych i molowych, które były prezentowane w losowej kolejności. Akordy wybrzmiewały przez 2 sekundy, po czym następował taki sam okres ciszy na „słuchanie wewnętrzne”. Po półgodzinnej sesji część badanych wzięła udział w standardowej lekcji kształcenia słuchu (uwrażliwiającej na różnice między akordami molowymi i durowymi). Druga część w tym

samym czasie czytała krótkie opowiadanie. Następnie wszyscy ponownie wysłuchali tych samych akordów zaprezentowanych w zmienionej kolejności.

Przy pierwszym wysłuchaniu akordów zanotowano aktywność okolic czołowych i skroniowych obu półkul. U uczestników, którzy w przerwie czytali opowiadanie, aktywność ta szybko malała. Natomiast u osób kształcących słuch zaobserwowano większą aktywność w obszarach łączących percepcję zmysłową z percepcją ruchu, zwłaszcza podczas fazy słuchania wewnętrznego. Ta grupa także lepiej wypadła w zadaniu rozpoznawania akordów. Osoby badane relacjonowały, że po lekcji wyobrażały sobie akordy poprzez pryzmat ułożenia palców na klawiaturze. Okazuje się, że taka umysłowa reprezentacja ułożenia palców na klawiaturze, stworzona w ramach ćwiczeń, przynosi zmiany w korze mózgowej.

W czasie gry na pianinie naciśnięcie klawisza kojarzone jest z określonym dźwiękiem. Przeprowadzony trening muzyczny powoduje automatyzację ruchu ręki i wyobrażenia dźwięku. Czy musi on być długi? Można się spodziewać, że lata ćwiczeń na instrumencie wiążą się z rozwojem reprezentacji korowych wyspecjalizowanych do przetwarzania konkretnych elementów muzyki, które w przypadku np. osób grających na instrumentach smyczkowych mogą dotyczyć wysokości dźwięku, u perkusistów – śladów czasowych organizacji dźwięków, u dyrygentów – przestrzeni słuchowej. Choć proces ten zachodzi stopniowo, to już kilkutygodniowe ćwiczenie wykazuje niewielkie zmiany map korowych w stosunku do stanu wyjściowego [Hallam 2009]. Z kolei nowsze badania [Stracke i inni 2010] udowodniły, że po kilku godzinach szkolenia, w ramach którego badacz odtwarzał muzykę z odfiltrowanym w celach testowych określonym zakresem częstotliwości, pierwszorzędowa i drugorzędowa kora słuchowa testowanych osób wykazywała wyraźnie mniejszą aktywność w reakcji na to pasmo. Czy zauważalne efekty może przynieść jednak także krótszy trening?

Jak dowodzą analizy przeprowadzone przez Bangerta i Altenmüllera [2003] wystarczy nawet krótki, 20 minutowy trening wzmacniany w ciągu kilku tygodni. Badacze mierzyli aktywność mózgu muzyków amatorów w dwóch różnych sytuacjach. W pierwszej z nich badani słuchali krótkich melodii granych na fortepianie, w drugiej zaś „grali” je na klawiaturze z wyłączonym dźwiękiem. W trakcie dalszych ćwiczeń uczestnicy badania słuchali, a następnie grali utwory samodzielnie, ale tym razem słyszeli swoje wykonanie. Po pierwszych dwudziestu minutach wzory aktywności zaczęły się nieznacznie zmieniać, zarówno w słuchowym, jak i ruchowym obszarze mózgu. Podczas końcowej fazy eksperymentu u uczestników zarejestrowano wzory aktywności neuronalnej podobne do tych, jakie mają zawodowi pianiści. Cytowane badanie wskazuje, że słuchanie muzyki prawdopodobnie przynosi zmiany także w okolicach ruchowych, nawet jeśli osoby badane nie wykonywały żadnych ruchów rękoma w czasie zadań testowych. Osoba grająca spostrzega muzykę nie tylko jako dźwięk, ale także serię ułożeń palców na klawiaturze oraz element abstrakcyjny (np. zapis nutowy). Tym samym w czasie badania mózg przetwarza dane nie tylko słuchowe, ale także ruchowe.

W powyższe rozważania ciekawie wpisują się wyniki świadczące o zmianach strukturalnych w mózgu osób muzykujących. Zaobserwowano u nich np. powiększone obszary odpowiadające za kontrolę ruchu palców używanych w czasie gry na instrumencie.

Elbert i współpracownicy [1995] udowodnili, że u skrzypków obszary mózgu odbierające bodźce czuciowe z czterech palców lewej ręki (które wykonują szybkie i skomplikowane ruchy) są istotnie większe niż u osób, które nie grają na opisywanym instrumencie.

U muzyków grających na instrumentach klawiszowych, używających równocześnie obu rąk, obserwuje się większą przednią część ciała modzelowatego (struktury łączącej prawą i lewą półkulę mózgową, wspomagającej komunikację między półkulami, a tym samym koordynację ruchów wykonywanych prawą i lewą ręką) niż u niemuzyków [Schlaug i inni 1995]. Inne badania wskazują także na większy (u muzyków profesjonalistów), średnio o 5%, mózdzek [Wieser 2003] oraz większą objętość istoty szarej w zakręcie Heschla [Münste i inni 2002].

Na koniec należy podkreślić, że aktywizowane muzyką obszary mózgu są uplastyczniane tym bardziej, im wcześniej podjęto edukację muzyczną. Jak wykazują badania, muzycy ze słuchem absolutnym mają większą przednią część zakrętu skroniowego górnego w lewej półkuli [Münste i inni 2002]. Badacze podkreślają, że do wykształcenia słuchu absolutnego, a także zmian strukturalnych opisywanego regionu mózgu, konieczne jest jednak rozpoczęcie edukacji muzycznej przed siódmym rokiem życia. Ekspozycja na muzykę cztero- i pięcioletków przynosi większą aktywność kory słuchowej niż u dzieci ośmioletnich, ale pozbawionych tej stymulacji [Shahin i inni 2004]. Mielinizacja określonych obwodów neuronalnych jest proporcjonalna także do liczby godzin gry na instrumencie. O ile u dzieci zmiany w mielinizacji pod wpływem nauki muzyki mają większy zasięg i obejmują wiele struktur mózgowych, o tyle u osób dojrzałych widoczne zmiany pojawiały się w tych miejscach, gdzie nie dokonała się pełna mielinizacja [Fields 2011].

PRZEGLĄD BADAŃ DOTYCZĄCYCH ĆWICZENIA I WYKONYWANIA UTWORÓW PRZEZ PROFESJONALISTÓW I AMATORÓW

Nabywane w ciągu życia doświadczenia modyfikują różnorodne struktury mózgowie, a także połączenia między nimi. Ćwiczenia muzyczne doprowadzają do szybkich zmian w mózgu, których efekty pozostają na długo. Muzyka staje się zatem silnym bodźcem restrukturyzacji neuronalnej. Jeśli więc podczas muzykowania lub słuchania muzyki zachodzą tak wielkie zmiany, czy mogą się w takim razie wiązać z negatywnymi konsekwencjami? W jaki sposób nauczyciele powinni zadbać o ich ewentualne zminimalizowanie?

Ćwiczenie na instrumencie wiąże się z systematycznym wykonywaniem czynności ruchowych, za pomocą których wydobywany jest dźwięk. Każdy muzyk skoncentrowany jest na doskonaleniu tych ruchów, które nabierają skuteczności w momencie, kiedy ćwiczący nie popełnia przy ich wykonywaniu ciągłych błędów. Wielokrotne powtarzanie ruchu, także tego z błędami, automatyzuje go i wytwarza trwały nawyk [Zagrodzki 2009].

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, graniu na instrumencie można potraktować jaką formę nabywania nowych umiejętności, które z czasem przybierają postać nawyku. Dotyczy to zarówno aspektów technicznych, takich jak postawa ciała, układ rąk, palców, nóg (np. organistów), szybkość przenoszenia ręki, nogi, precyzja ataku klawisza, gra bez patrzenia na ręce, zdolność śledzenia tekstu nutowego [Miklaszewski 2009; Zagrodzki 2009], jak i aspektów poznawczych (interpretacyjnych), odnoszących się do struktury wysokościowej (melodia), struktury czasowej (rytmika i metrum), struktury związanej

z jednoczesnym występowaniem dźwięków (harmonia) oraz struktury napięcia (dynamika). Wśród wymienionych ogólnych struktur znajduje się szereg elementów muzycznych także warunkujących wykonanie, takich jak rytm (wykazujący wzajemne stosunki czasu trwania poszczególnych wartości), metrum (nadające akcenty), agogika (precyzująca tempo oraz jego zmiany), melodia (stanowiąca materiał dźwięków różnej wysokości oparty na strukturze diatonicznej, chromatycznej, prostej, ornamentalnej itd.), harmonia (wskazująca sposób prowadzenia głosów zgodnie z techniką polifoniczną lub homofoniczną), dynamika (określająca głośność wykonania), artykulacja (wskazująca sposób wydobywania kolejnych dźwięków i ich łączenia), frazowanie (wyodrębniające odcinki utworu muzycznego, tworzące pewne całości wyrazowe), kolorystyka dźwiękowa (określająca barwę dźwięku) i forma (spajająca całość wypowiedzi muzycznej). Każdy z tych elementów wymaga od wykonawcy innych umiejętności, a ich poziom i sposób wykorzystania w czasie wykonania wpływa na stopień, w jakim odbiorca zrozumie przekaz muzyczny [Wesołowski 1998].

Złożoność przywołanych elementów muzycznych i towarzyszących im konsekwencji w kształceniu muzycznym wymaga zatem wypracowania skutecznych sposobów ćwiczenia. Każdy wykonawca z biegiem czasu wykształca swój indywidualny sposób pracy nad utworem, umożliwiając przygotowanie do publicznej prezentacji całego bogactwa szczegółów zawartych w utworze. Wielogodzinne systematyczne ćwiczenie i stosowanie odpowiednich strategii, wśród których Jørgensen [1995] wyróżnia: strategię planowania i przygotowania, realizacji, obserwacji i oceny ćwiczenia oraz metastrategię, sprzyja wykształceniu się odpowiednich dla każdego z elementów umiejętności wykonawczych i interpretacyjnych. Na początku jednak wykształcenie adekwatnego sposobu pracy nad utworem spoczywa na nauczycielu, którego zadaniem jest umożliwienie uczącym się zdobycie szerokiego zakresu umiejętności muzycznych i doprowadzenie do wykształcenia umiejętności poprawnego samodzielnego uczenia się [Hallam 2009]. Jest to o tyle ważne, iż intensywność ćwiczenia zwiększa się przed lekcją [Lehmann, Ericsson 1998] czy egzaminem [Hallam 2001], a także zależy od osiągniętej biegłości i stopnia trudności repertuaru. Chęć szybkiego przygotowania utworu w ograniczonym czasie skłania do powierzchowności, braku pomysłów na rozwiązanie problemów czy ćwiczenia bez ściśle określonego celu [Jørgensen 1997].

W powyższe rozważania należy wpleść także fakt, iż praca nad nowym utworem muzycznym to proces rozwijający się w czasie, podczas którego to muzyk wielokrotnie natrafia na niespotykane dotąd problemy natury technicznej, interpretacyjnej czy wykonawczej. Podstawowym wyznacznikiem powodzenia w grze na instrumencie jest natomiast zgodność wykonania z zapisem nutowym, na który składa się precyzja dźwiękowa, precyzja rytmiczna, uwzględnienie wszystkich uwag kompozytora dotyczących artykulacji, dynamiki, ekspresji, tempa oraz interpretacja poszczególnych struktur muzycznych. Ostatecznym celem podjętych strategii jest zaś wykonanie utworu. Jak pokazuje doświadczenie, sposób przygotowania się do tego wykonania może być bardzo różny. I choć dla każdego muzyka jest charakterystyczny i oryginalny, to jednak nie zawsze najlepszy.

Z uwagi na to, iż konkretne metody rozwiązywania problemów muzycznych zostają zapisane w postaci trwałych zmian w mózgu, odzwierciedlających zarówno to, czego się

nauczyliśmy, ale także jak się tego nauczyliśmy [Hallam 2009], warto się zastanowić nad tym, jak szeroka może być gama konsekwencji często spotykanych wśród grających na instrumencie błędów, takich choćby jak:

- niepodpisanie aplikatury (palcowania) w trudnych miejscach, co przyczynia się do częstych pomyłek i utrudnia, a czasem uniemożliwia bezbłędne zagranie utworu,
- ciągle granie od początku do końca, bez zwielokrotnionego ćwiczenia jedynie tych miejsc, które sprawiają trudność,
- zbyt wczesne granie za szybko, co uniemożliwia zinterpretowanie jeszcze niewyuczonego tekstu i zwiększa prawdopodobieństwo pomyłki,
- zwalnianie w miejscach technicznie trudnych i przyspieszanie w miejscach łatwych, co rozbija jednolitość struktury i utrudnia prawidłowe jej zinterpretowanie,
- niepoprawianie pomyłek, tylko ciągle zaczynanie od początku,
- skupianie się jedynie na wysokości dźwięków bez uwzględniania ich precyzji rytmicznej [Leon-Guerrero 2008; St George i inni 2012].

Dodatkowo należy zwrócić uwagę na fakt, iż czynność ćwiczenia utworu, jakiej poddaje się początkujący muzyk odbiega od tej, jaka ma miejsce w przypadku profesjonalisty. Podczas gdy początkujący muzyk wygrywa pojedyncze nuty, takt po takcie, od początku do końca, profesjonalista często jeszcze zanim zacznie grać zaznajamia się z całą formą, rozpoznaje miejsca wymagające szczególnej pracy, ćwiczy wybrane części, wydziela drobne fragmenty celem skupienia się na zagadnieniach technicznych, które powtarza, zwiększając lub zwalniając tempo, zmieniając sposób gry, czy – w miarę potrzeby – „rozdrabniając” zbyt trudne fragmenty na jeszcze mniejsze. Debiutant stosuje jedynie technikę intuicyjną, polegającą zwykle na graniu od początku do końca, nie zna natomiast sposobów ułatwiających i czyniących ćwiczenie skutecznym [Hallam 2009; St George i inni 2012]. Tym samym wielogodzinne ćwiczenia początkujących muzyków, wykształcające wspomniane nawyki wynikające z technik intuicyjnych, zagrażających z punktu widzenia możliwych konsekwencji o podłożu neuropsychologicznym, z biegiem lat wywołują także frustrację z powodu małej skuteczności i zmuszają do całkowitej dezorganizacji sposobu pracy (a nie zawsze do wykształcania nowych, bardziej adaptacyjnych sposobów). Zautomatyzowane uprzednio nawyki powracają w trakcie wykonywania czynności podobnych także do tej, która kiedyś została opracowana. Wykształcenie niewłaściwego sposobu ćwiczenia utrudnia więc uczenie się w przyszłości. Znając przebieg procesów związanych z neuroplastycznością mózgu łatwo można przewidzieć, że nadrobienie strat i deficytów, które powstaną w pierwszych latach nauki będzie bardzo trudne, a czasami wręcz niemożliwe [Zagrodzki 2009]. I choć dziś wiemy już, że mózg przez całe życie może tworzyć nowe połączenia neuronalne, to jednak preferuje te, który już istnieją, tworząc fundament, który będzie służył przez kolejne lata.

Jak już wcześniej zauważono, gra na instrumencie w trakcie długotrwałych ćwiczeń automatyzuje się i jest kontrolowana poprzez analizę odbieranych zwrotnie dźwięków. Trening i plastyczność neuronalna przyczyniają się do powstania trwałych zmian w regionach czuciowych i ruchowych kory mózgowej [Czuma i inni 2005]. Jednym z ciekawych przykładów ukazujących, że proces neuroplastyczności może pociągać za sobą negatywne konsekwencje jest obserwowana u 1% profesjonalnych muzyków dystonia

(*focal dystonia*) [Lim i inni 2001]. Są to zaburzenia ruchowe, w przebiegu których dochodzi do mimowolnych skurczów pojedynczych mięśni lub całych ich grup. Przyczyny dystonii upatruje się w zmniejszonej odległości między korowymi reprezentacjami palców dłoni muzyków, natomiast jej konsekwencją jest zwiotczenie mięśni, które uniemożliwia wykonywanie zawodu [Elbert i inni 1998; Furuya, Altenmüller 2013].

Doświadczenie wyniesione w trakcie edukacji muzycznej, a co za tym idzie stosowane techniki lub strategie wykonawcze, a niekiedy popełniane błędy stające się nawykiem to jedno. Drugim bardzo ważnym czynnikiem determinującym liczne następstwa w kształceniu muzycznym jest oddziaływanie środowiska szkolnego. Nauczyciel powinien być świadomy optymalnej proporcji między czasem przeznaczonym na prezentację nowego materiału, a czasem, który jest poświęcany na jego ćwiczenie. Bez możliwości głębokiego przetworzenia nowych informacji, tak aby zostały one włączone w system reprezentacji neuronalnej, wiedza ma charakter „martwy”. W tym miejscu przechodzimy do aktywności własnej jednostki, która nie może być jedynie odbiorcą wiedzy przekazywanej w ramach kontaktu z nauczycielem. Bierność jest wstępem do spadku motywacji, a sam przedmiot nauki czyni nudnym. Praca z uczniem nie powinna zatem polegać jedynie na wydawaniu poleceń. Rolą nauczyciela jest organizowanie zadań dydaktycznych korespondujących z kompetencjami ucznia, ale także wybiegających poza ich aktualny charakter tak, aby tym samym sprowokować stan napięcia motywacyjnego, oczekiwania osiągniętego poprzez sporadyczności bodźca, który to pobudza ciekawość i zaintrygowanie tematem. Należy jednak pamiętać, że istnieje punkt krytyczny, po przekroczeniu którego należy uczniowi zacząć ponownie pomagać („a gdybyśmy zrobili inaczej, to co by było?”) tak, aby nie zamknął się w jednoznacznej przestrzeni wyuczonego nawyku (mimo, że, paradoksalnie, edukacja muzyczna polega niejednokrotnie na zautomatyzowaniu czynności) oraz formułowanych jedynie przez siebie pytań i wiążących się z nimi odpowiedzi. Ponadto nauka zgodna z naturą człowieka nie polega na sadzaniu ucznia w ławce, w szkole rozbudowującej jedynie neuropsychologiczne korelaty pamięci deklaratywnej. Optymalne jest łączenie jej z wiedzą proceduralną (nie tylko „co?”, ale także „jak?”). Nie jest to postulat odejścia od nauki faktów i definicji, ale postulat zastosowania innych metod dydaktycznych. Żylińska [2013] proponuje, aby proces uczenia opierał się przede wszystkim na zrozumieniu materiału ćwiczeń, który potem da się przenieść do innych sytuacji, a także pozwoli na wyjście poza schemat. Aktywne dochodzenie do wiedzy przez ucznia, podejście zadaniowe, a nie podawcze ze strony nauczyciela, to podstawa efektywności uczenia się. Jej fundamentem jest wyjście naprzeciw możliwościom ucznia, jego zainteresowaniom, ale także predyspozycjom biologicznym.

ZAKOŃCZENIE

W ciągu pierwszych lat życia następuje najwięcej zmian w sieci neuronalnej. Oddziaływanie różnorodnego środowiska dźwiękowego stymuluje miejscowy wzrost dendrytów i modyfikuje reaktywność centralnych połączeń słuchowych [Lecanuet 1996]. Bodźce muzyczne poprzez zmysł słuchu, a także wibracje ciała, docierają do mózgu, aktywizując jego pracę. Efektem tego procesu jest fakt, że mniej komórek nerwowych zanika z powodu braku bodźców, a im większą ich liczbą uczeń posiada, tym większe są jego możliwości percepcji

i wykonywania muzyki. Wczesne doświadczenia muzyczne takie jak: słuchanie kołysanek śpiewanych przez opiekunów, zabawa przedmiotami wydającymi dźwięki, różnorodna muzyczna interakcja między dzieckiem a dorosłym, mogą pomóc w rozwoju sieci neuronalnych, koniecznych dla późniejszego przetwarzania muzyki [Olsho 1984; Trehub, Bull, Thorpe 1984].

Biorąc pod uwagę powyższy kontekst, zrozumiałe jest, że efekty kształcenia muzycznego, a w tym np. sposób doskonalenia sprawności muzycznych, w dużej mierze zależą od edukacyjnych doświadczeń ucznia. Rezultaty te ujawniają się na wielu poziomach funkcjonowania psychologicznego, jak choćby strukturalnym, funkcjonalnym i behawioralnym. Można się zatem spodziewać, że im bardziej bogate i angażujące poznawczo w stymulację muzyczną będzie środowisko ucznia, tym jego układ nerwowy, zarówno pod względem strukturalnym, jak i funkcjonalnym dostosuje się do odbioru, transmisji i przetwarzania bodźców typowych dla nauczania muzyki. Efekty behawioralne zmanifestują się zaś tym, że charakterystyczny rodzaj ćwiczeń będzie wiązać się z tendencją do powtarzania go w przyszłości. Ponadto ekspozycja na określone dźwięki może przyczynić się do rozwoju wrażliwości na konkretny rodzaj stymulacji, przyczyniając się jednocześnie do preferowania jej. Dzieje się tak, ponieważ u podstaw wszelkiego rodzaju ćwiczeń muzycznych; słuchania, ale także grania na instrumentach, komponowania, czy też śpiewu, leży wyposażenie neuronalne człowieka. Mózg zmienia się tak, by reagować na dźwięki o dużym znaczeniu dla jednostki. Tym samym plastyczność układu nerwowego sprawia, że nasze doświadczenia zostawiają w nim trwałe ślady.

Nauczyciele, świadomi tej wiedzy, powinni stwarzać odpowiednie otoczenie muzyczne, które będzie wpływało na rozwój zdolności słuchowych, a także, pośrednio, na ogólny rozwój intelektualny. Zrozumienie mechanizmów sterujących pracą mózgu, nieuchronnie wiąże się jednak z koniecznością pożegnania się z wieloma edukacyjnymi mitami i odejściem od wygodnych przyzwyczajzeń i nawyków. Nadrobienie strat i deficytów, które powstaną w pierwszych latach nauki gry na instrumencie, jest bardzo trudne, a czasami wręcz niemożliwe. Na proces neuroplastyczności mózgu wpływa nie tylko to, czemu poświęcamy czas, ale także to, czego nie robimy lub też robimy, lecz niewłaściwie.

BIBLIOGRAFIA:

- Altenmüller Eckart (1989), *Cortical DC-potentials as electrophysiological correlates of hemispheric dominance of higher cognitive function*. „International Journal of Neuroscience”, 47, s. 1–14.
- Altenmüller Eckart, Bangert Marc, Liebert Gundhild, Gruhn Wilfried (2000a), *Mozart in us: How the brain processes music*. „Medical Problems of Performing Artists”, 15, s. 99–106.
- Altenmüller Eckart, Gruhn Wilfried, Liebert Gundhild, Parlitz Dietrich (2000b), *The impact of music education on brain networks: Evidence from EEG-studies*. „International Journal of Music Education”, 35, s. 47–53.
- Bangert Marc, Altenmüller Eckart (2003), *Mapping perception to action in piano practice: A longitudinal DC-EEG study*. „BMC Neuroscience”, 4, s. 24–36.
- Czuma Krzysztof, Klasik Magdalena, Kotrys Krzysztof, John-Ziaja Hanna (2005), *Kurcz muzyków – ogniskowa dystonia czy konwersja?* „Postępy Psychiatrii i Neurologii”, 14, s. 99–102.
- Elbert Thomas, Pantev Christo, Wienbruch Christian, Rockstroh Brigitte, Taub Edward (1995), *Increased use of the left hand in string players associated with increased cortical representation of the fingers*. „Science”, 220, s. 21–23.
- Elbert Thomas, Candia Victor, Altenmüller Eckart, Rau Harald, Sterr Annette, Rockstroh Brigitte, Pantev Christo, Taub Edward (1998), *Alteration of digital representations in somatosensory cortex in focal hand dystonia*. „Neuroreport”, 9 (16), s. 3571–3575.
- Evers Stefan, Dannert Jörn, Rödding Daniel, Rotter Günther, Ringelstein Bernd (1999), *The cerebral haemodynamics of music perception: A transcranial Doppler sonography study*. „Brain”, 122(1), s. 75–85.
- Fields Douglas (2011), *Drugi mózg. Rewolucja w nauce i medycynie*. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Furuya Shinichi, Altenmüller Eckart (2013), *Finger-specific loss of independent control of movements in musicians with focal dystonia*. „Neuroscience”, 5 (247), s. 152–63.
- Hallam Susan (2001), *The development of metacognition in musicians: Implications for education*. „The British Journal of Music Education”, 18(1), s. 27–39.
- Hallam Susan (2009), *Jak nauczać, by uczenie się muzyki było skuteczne*. [W:] Barbara Kamińska, Michał Zagrodzki (red.), *Ćwiczenie w rozwoju i działalności muzyka wykonawcy. Teoria-badania-praktyka* (s. 11–50). Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina.
- Jacobi Bonnie (2012), *Kodaly, literacy and the brain: Preparing young music students to read pitch on the staff*. „General Music Today”, 25(2), s. 11–18.
- Jaušovec Norbert, Habe Katarina (2004), *The influence of auditory background stimulation (Mozart's sonata K 448) on visual brain activity*. „International Journal of Psychophysiology”, 51, s. 261–71.
- Jørgensen Harald (1995), *Teaching and learning strategies in instrumental practice: A report on research in Progress* [W:] Jack Taylor (red.), *Transatlantic road to music education: World views* (s. 47–51). Tallahassee, FL: Center for Music Research.
- Jørgensen Harald (1997), *Time for practising? Higher level music student's use of time for instrumental practicing*. [W:] Harald Jørgensen, Andreas Lehmann (red.) *Does practice make perfect? Current theory and research on instrumental music practice* (s.123–139). Oslo: Norges Musikkhøgskole.
- Kalat James (2006), *Biologiczne podstawy psychologii*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Koelsch Stefan (2012), *Brain and music*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

- Koelsch Stefan, Friederici Angela (2003), *Toward the neural basis of processing structure in music*. „New York Academy of Science”, 999, s. 15–28.
- Konorski Jerzy (1948), *Conditioned reflexes and neuron organization*. New York: Cambridge University Press.
- Lecanuet Jeann-Pierre (1996), *Prenatal auditory experience*. [W:] Irene Deliége, John Sloboda (red.), *Musical Beginnings. „Origins and Development of Musical Competence”*. New York: Oxford University Press.
- Lehmann Andreas, Ericsson Anders (1998), *Preparation of a public piano performance: The relation between practice and performance*. „Musicae Scientiae”, 2, s. 67–94.
- Leon-Guerrero Amanda (2008), *Self-regulation strategies used by student musicians during music practice*. „Music Education Research”, 10(1), s. 91–106.
- Lim Vanessa, Altenmüller Eckart, Bradshaw John (2001), *Focal dystonia: Current theories*. „Human Movement Science”, 20, s. 875–914.
- Miklaszewski Kacper (2009), *Polskie badania nad ćwiczeniem na instrumencie*. [W:] Barbara Kamińska, Michał Zagrodzki (red.) *Ćwiczenie w rozwoju i działalności muzyka wykonawcy. Teoria-badania-praktyka* (s. 75–94). Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina.
- Musacchia Gabriella, Sams Mikko, Skoe Erika, Kraus Nina (2007), *Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music*. „Proceedings of the National Academy of Science”, 104(40), s. 15894–15898.
- Münte Thomas, Altenmüller Eckart, Jäncke Lutz (2002), *The musician's brain as a model of neuroplasticity*. „Nature Reviews Neuroscience”, 3, s. 473–478.
- Olsho Werner (1984), *Infant frequency discrimination*. „Infant Behavior and Development”, 7, s. 27–35.
- Pantev Christo, Oostenveld Robert, Engelen Almut, Ross Bernhard, Roberts Larry (1998), *Increased auditory cortical representation in musicians*. „Nature”, 392, 811–814.
- Pantev Christo, Engelen Almut, Candia Victor, Elbert Thomas (2001), *Representational cortex in musicians: plastic alterations in response to musical practice*. „Annals of the New York Academy of Sciences”, 930, s. 300–314.
- Patel Aniruddh (2013), *Sharing and nonsharing of brain resources for language and music*. [W:] Michael Arbib (red.), *Language, music, and the brain* (s. 329–355). Cambridge, MA: MIT Press.
- Peretz Isabelle (1990), *Processing of local and global musical information by unilateral brain-damaged patients*. „Brain”, 113, s. 1185–1205.
- Peretz Isabelle, Coltheart Max (2003), *Modularity of music processing*. „Nature Neuroscience”, 6(7), s. 668–691.
- Popescu Mihai, Otsuka Asuka, Ioannides Andreas (2004), *Dynamics of brain activity in motor and frontal cortical areas during music listening: a magnetoencephalographic study*. „NeuroImage”, 21, s. 1622–1638.
- Schlaug Gottfried, Jäncke Lutz, Huang Yanxiong, Staiger Jochen, Steinmetz Helmuth (1995), *Increased corpus callosum size in musicians*. „Neuropsychologia”, 33(8), s. 1047–1055.
- Schneider Peter, Scherg Michael, Dosch Günter, Specht Hans, Gutschalk Alexander, Rupp André (2002), *Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians*. „Nature Neuroscience”, 5, s. 688–694.
- Shahin Antoine, Roberts Larry, Trainor Laurel (2004), *Enhancement of auditory cortical development by musical experience in children*. „Neuroreport”, 15, s. 1917–1921.

- Springer Sally, Deutsch Georg (2004), *Lewy mózg, prawy mózg: z perspektywy neurobiologii poznawczej*. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Stracke Henning, Okamoto Hidehiko, Pantev Christo (2010), *Customized notched music training reduces tinnitus loudness*. „Communicative & Integrative Biology”, 3, s. 274–277.
- St George Jennifer, Holbrook Allyson, Cantwell Robert (2012), *Learning patterns in music practice: links between disposition, practice strategies and outcomes*. „Music Education Research”, 14(2), s. 243–263.
- Trehub Sandra, Bull Dale, Thorpe Leigh (1984), *Infants' perceptions of melodies: The role of melodic contour*. „Child Development”, 55, s. 821–830.
- Wieser Heinz (2003), *Music and the brain. Lessons from brain diseases and some reflections on the „emotional” brain*. „Annals of New York Academy of Sciences”, 999, s. 76–94.
- Weinberger Norman, Bakin Jonathan (1998), *Research on auditory cortex plasticity*. „Science”, 280(5367), s. 1174.
- Wesołowski Franciszek (1998), *Zasady muzyki*. Kraków: PWM.
- Wong Patrick, Skoe Erika, Russo Nicole, Dees Tasha, Kraus Nina (2007), *Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns*. „Nature Neuroscience”, 10, s. 420–422.
- Zagrodzki Michał (2009), *O niektórych czynnikach sprzyjających i niesprzyjających uczeniu się ruchów*. [W:] Barbara Kamińska, Michał Zagrodzki (red.) *Ćwiczenie w rozwoju i działalności muzyka wykonawcy. Teoria-badania-praktyka* (s. 137–156). Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina.
- Zatorre Robert (2003), *Sound analysis in auditory cortex*. „Trends in Neurosciences”, 26, s. 229–230.
- Żylińska Marzena (2013), *Neurodydaktyka. Nauczanie i uczenie się przyjazne mózgowi*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

Education and musical activity of a human and the adaptability of the nervous system

SUMMARY:

Working on a musical piece consists in recognizing and practising a series of musical elements. Awareness of these elements and the need for practicing them develops with the process of learning how to play the instrument. Long hours of training contribute to the adoption of different strategies of working on a piece, which assume a form of habits after some time. Particular methods of solving musical problems that musicians cope with are reflected in the form of permanent changes in their brain. The changes reflect both what has been taught and how it has been taught. It is a teacher who has a significant influence on developing habits and, what follows, structural and functional changes in the brain; through various exercises recommended to their pupils they share the knowledge, monitor and guide. Student's brain can be, therefore, treated as a teacher's workplace. The article analyzes positive and negative consequences of the functional changes in higher layers of the nervous system as a result of music education, as well as draws readers' attention to the scale and possible consequences of neurological processes ongoing while working on the analysis and performance of a musical piece.

KEYWORDS: neuroadaptability, nervous system, music education, educational barriers.