

Tańczące mózgi, tańczące ciała.

Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej i Laboratorium Neurokognitywne
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Taniec u podstaw ewolucji człowieka.

Muzyka i taniec leżą u podstaw rozwoju ludzkich społeczeństw. Teorie antropologów już od ponad stu lat wskazują na konieczność traktowania rozwoju człowieka w sposób całościowy (np. Boas 1911/2010), nie można wyjaśnić poszczególnych zdolności, takich jak język, bez odwoływania się do wszystkich pozostałych. Według Knighta i Lewisa (2017), brytyjskich antropologów badających Pigmejów i inne plemiona zamieszkujące Afrykę, naśladowanie dźwięków zwierząt odstraszało drapieżniki, a w czasie polowania przyciągało ofiary. W czasie nowiu kobiety i dzieci śpiewają i tańczą razem całą noc przez kilkanaście godzin. W czasie wędrówki po dżungli kobiety chodzą w dużych grupach ciągle śpiewając. Przed polowaniem na większe zwierzęta myśliwi potrafią przez wiele nocy śpiewać i tańczyć, synchronizując swoje ruchy. Badania genetyczne pokazują, że wyspecjalizowane społeczeństwa zbieracko-łowieckie zamieszkiwały Afrykę od około 80.000 lat, a mieszkańcy lasów równinowych, gdzie warunki klimatyczne były dość stabilne, zachowali wiele obyczajów i kulturowych praktyk od ponad 25 tysięcy lat (Fagan i Durrani, 2014).

Ponad 400 istniejących obecnie plemion afrykańskich rozwinęło bardzo wiele form tanecznych przy akompaniamencie śpiewów i bębnow. Ich tańce mają zwykle metaforyczne znaczenie, ilustrują mity, sceny z polowania i relacje kobiet i mężczyzn, wzmacniając spójność grupy i zmniejszając poziom stresu. Marginalizacja przemocy dzięki grupowemu działaniu kobiet i osobno mężczyzn pozwoliła na rozwój kreatywnej zabawy, stając się fundamentem egalitarnej kultury zbieracko-łowieckich społeczeństw. U podstaw rozwoju języka i komunikacji symbolicznej pomiędzy ludźmi mogły stać rytuały wykorzystujące rytmiczne wzorce oparte na ruchach, gestach, pantomimie i wokalizacjach, prowadzące do używania dźwięków i gestów do złożonych form komunikacji (Żywiczyński i Wacewicz, 2015).

Rusza się ciało, ale tańczą mózgi.

Nauka bada to, co niewidzialne, sztuka pozwala nam tego bezpośrednio doświadczać. Sztuka, muzyka czy taniec były jeszcze niedawno poza kręgiem zainteresowań naukowców, uznawane były za zbyt złożone by można je było badać metodami eksperymentalnymi. Sposób poruszania się, nasza kinetyczność, to wiedza ucieleśniona, emanacja kultury. Te aspekty z punktu widzenia socjologii i historii kultury opisał Wojciech Klimczyk (2015). Rozwój nauk

kognitywnych, a szczególnie badań nad mózgiem, pozwolił na stworzenie podstaw neuroestetyki, głębsze zrozumienie mechanizmów wrażliwości estetycznej i wpływu sztuki, muzyki i tańca na rozwój poznawczy i emocjonalny. Antropologii tańca, od czasów antycznych po taniec współczesny, poświęcona jest praca doktorska Tomasza Drożdża (2012).

W 1990 roku w USA powstało stowarzyszenie IADMS (International Association for Dance Medicine and Science), które wyodrębniło się z medycyny sportu. Obecnie oddziały tego stowarzyszenia istnieją w ponad 35 krajach. Stowarzyszenie propaguje wiedzę o tańcu i jego wpływie na zdrowie, a jego członkowie zajmują się zarówno fizjologicznymi jak i psychologicznymi aspektami tańca i różnych terapii związanych z ruchem.

Neuronauki kognitywne to nowa interdyscyplinarna dziedzina nauki, która bada związki pomiędzy pracą mózgu a procesami poznawczymi i emocjonalnymi. Jeden z jej kierunków analizuje różne formy działań artystycznych aby lepiej zrozumieć działanie centralnego układu nerwowego, jego możliwości i ograniczenia (Bläsing i inn. 2010). Są to badania w początkowej fazie rozwoju i trzeba przyznać, że język używany początkowo w tego typu badaniach nie był dla artystów szczególnie przydatny. Informacje o procesach zachodzących w mózgu to zewnętrzny, zobiekttywizowany opis zdarzeń fizycznych, jest którego nie można łatwo powiązać z perspektywą wewnętrzną, z językiem opisującym wrażenia, uczucia, emocje. Smaku lodów nie opisujemy odwołując się do sposobu pobudzenia kubków smakowych na poziomie biochemii, ani kory smakowej w mózgu na poziomie neurofizjologii. Taka wiedza może jednak przydać się twórcom nowych rodzajów lodów.

Centralnym, nierozwiązanym w pełni problemem jest relacja ciała (w tym mózgu) do umysłu, subiektywnego świata wrażeń i obiektywnie zachodzących procesów neurologicznych. Pomimo trudności z połączeniem tych dwóch perspektyw korzyści są widoczne po obu stronach: naukowcy lepiej poznają działanie mózgu, dając teoretyczne podstawy działalności artystycznej i rozwijając nowe metody treningu wpływające na kreatywność artystów. Postrzeganie i działanie aktywuje specyficzne sieci łączące kilka obszarów mózgu, postrzeganie służy działaniu. Widząc ruchy ciała, mózg uzgadnia informacje ze zmysłu wzroku i równowagi z korą ruchową i innymi jej obszarami określającymi intencję działania. W efekcie, kiedy patrzymy na ruch innych osób, informacje wzrokowe docierają do naszej kory ruchowej a jej aktywacja, podobne do tych, które sami byśmy zrobili wykonując taki ruch, pomagają nam zrozumieć jej intencje. Neurony pobudzające się w czasie takich obserwacji nazwano neuronami *lustrzanymi* (Rizzolatti i Sinigaglia, 2008). Znalezione je zarówno w korze ruchowej w płacie czołowym, w korze ciemieniowej gdzie tworzą się wyobrażenia relacji przestrzennych, jak i w tylnej korze skroniowej, analizującej informacje o ruchu żywych organizmów. Struktury mózgu odpowiedzialne za postrzeganie, odczuwanie, rozumienie intencji i własnego działania są ze sobą silnie powiązane.

Inteligencja kinestetyczna i neuroestetyka

Howard Gardner w teorii wielorakich inteligencji (1983) wyróżnił 7 głównych rodzajów inteligencji, w tym inteligencję kinestetyczną. Skoro zidentyfikowano taką formę inteligencji, pedagodzy i psycholodzy zaczęli się zastanawiać nad jej rozwijaniem i wykorzystaniem w nauczaniu i rehabilitacji. Opracowano metodologię kinematycznego nauczania, polegającą na identyfikacji różnych postaw i przejść między nimi, połączeniu sekwencji tanecznych z sekwencjami, które należy zapamiętać, np. pisowni jakiegoś wyrazu. Nauczanie przebiega na początku indywidualnie a potem w grupie. Sekwencje taneczne dla różnych pojęć łączone są ze sobą wzmacniając zapamiętywanie relacji między nimi. Po nauczeniu fizycznych ruchów uruchamiana jest też wyobraźnia. Metodę kinematycznego nauczania stosowano do nauki matematyki, szczególnie geometrii, z bardzo dobrym skutkiem, również nauka ortografii dzieci dyslektycznych przynosi dobre rezultaty. Nie ma jeszcze badań pokazujących jak tego typu ćwiczenie wpływa na strukturę połączeń w mózgu. Należy się jednak spodziewać, że integracja ruchu i wszystkich zmysłów wymuszana poprzez taki trening spowoduje lepszą współpracę wszystkich obszarów mózgu ze sobą, wyraźnie zwiększając sprawność jego działania.

Pierwsze prace dotyczące neuroestetyki polegały na badaniu aktywności mózgu w czasie obserwacji dzieł sztuki, muzyki lub krótkich sekwencji filmowych tańca (np. Zeki 2012). Można je podsumować stwierdzeniem, że reakcje estetyczne są niezwykle złożone i biorą w nich udział prawie wszystkie obszary mózgu. Silna aktywność kilku struktur mózgu nie powie nam wiele o wewnętrznych przeżyciach, ale pokaże w obiektywny sposób czy sztuka w jakiś sposób porusza danego człowieka, czy wykazuje on jakieś reakcje emocjonalne, w których momentach i jaki jest ich charakter. Pozwala to lepiej zrozumieć ludzką naturę, zróżnicowanie indywidualnych zachowań, wrażliwości estetycznej, praw rządzących percepcją. W przyszłości może być to podstawą do obiektywnej oceny predyspozycji ludzi zainteresowanych różnymi formami sztuki, wyszukiwania talentów. Zrozumienie jak różne formy sztuki związane są z naszymi zdolnościami postrzegania i przetwarzania informacji, ogólnymi zdolnościami poznawczymi i kreatywnością jest z pewnością ważnym celem badań.

Po co nam takie badania?

Czego może się więc spodziewać artysta po badaniach neurokognitywnych aspektów jego działalności? Słyszac muzykę lub patrząc na tancerzy dostrzegamy struktury, frazy, rytm, motywy, tematy które stworzył kompozytor lub choreograf, doceniamy poziom wykonania. Twórca może wymyślić tylko takie struktury, które potrafi usłyszeć, zobaczyć, sobie wyobrazić, lub samemu do pewnego stopnia wykonać, choćby w niedoskonały sposób. Jakie specyficzne mentalne zdolności są do tego potrzebne, jak je nabywamy i jak wiążą się z innymi umiejętnościami – percepcją, językiem, wyobraźnią, myśleniem? Jaka budowa i funkcje mózgu, sposób przetwarzania informacji przez mózgi, to umożliwia? Są to zagadnienia badane w ramach nauk kognitywnych, szczególnie psychologii i neuronaukach, związanych z teoriami sztuki, muzykologią, teatrologią, choreologią i antropologią tańca.

Ogólny cel badań w zakresie szeroko rozumianej neuroestetyki to powiązanie tych aspektów naszych przeżyć, które możemy rozpoznać w naszym wewnętrznym doświadczeniu, a więc fenomenologii procesów mentalnych, z procesami zachodzącymi w mózgu. Dlaczego pewne wrażenia są dla nas interesujące a inne nas poruszają? Dlaczego słuchanie niektórych utworów lub oglądanie baletu wywołuje dreszcze wzdłuż kręgosłupa?

Dotychczas najwięcej uwagi poświęcono muzyce, ale popularność badań nad tańcem rośnie w miarę doskonalenia metod badawczych i zrozumienia roli ruchu w rozwoju mózgu.

Muzyka i mózgi.

Wrażenia związane z muzyką nauczyliśmy się analizować wyróżniając w niej rytm, melodię i harmonię. Bardziej szczegółowe analizy struktur muzycznych związane są z naszymi zdolnościami do:

- percepcji czasu: rytmem, taktami składającymi się na schemat metryczny, rozkładem akcentów, tempem (agogiką), artykulacją, frazowaniem;
- percepcji wysokości dźwięków, melodii i rodzaju melodyki;
- harmonii dźwięków, skal muzycznych, współbrzmienia, faktury utworów;
- percepcji elementów akustycznych, sceny akustycznej, rozróżnianiem poszczególnych instrumentów, ich kolorystyką, głośnością i dynamiką, wzajemnym maskowaniem dźwięków;
- wyobrażania sobie dźwięków i melodii, wyobraźni muzycznej;
- skupiania uwagi, antycypacji, rozumienia struktur muzycznych, czyli audiacji;
- reakcji emocjonalnych wywołanych muzyką.

Wszystkie te aspekty są ze sobą ściśle powiązane, często nie zauważamy związku swoich reakcji z poszczególnymi elementami muzycznego dzieła, oddziałuje ono w sposób całościowy. Jednak postrzeganie każdego z tych elementów wymaga sprawnych mechanizmów analizy informacji akustycznej przez mózgi, stąd mamy różne rodzaje amuzji, czyli problemów z percepcją muzyki (Duch 2013). Percepcja muzyki zależy od indywidualnych predyspozycji ale również od przygotowania muzycznego, opanowania gry na różnych instrumentach, które zwiększa wrażliwość na postrzeganie różnych aspektów muzyki. Teoria i koncepcja nauczania muzyki Gordona ma na celu w systematyczny sposób wzmacniać rozumienie struktur muzycznych, ucząc aspektów melodycznych, rytmicznych, rozwijając pamięć muzyczną i zdolności do improwizacji, od najprostszych do złożonych, zależnie od wieku dziecka (Edwin Elias Gordon był pedagogiem i psychologiem muzyki a także muzykiem jazzowym). W jego ujęciu efektem końcowym jest **audiacja**, czyli rodzaj myślenia muzycznego, które zależy od właściwej percepcji elementów muzyki, podobnie jak myślenie racjonalne zależy od języka. Jest to chyba najbardziej ambitny projekt zmierzający do stworzenia psychologicznych podstaw teorii, na których powinna się opierać praktyka nauczania muzyki. Analiza ruchu zapoczątkowana przez Rudolfa Labana w latach 1950 n (Laban Movement Analysis, LMA) zmierza w podobnym kierunku. Głównym ośrodkiem prowadzącym badania naukowe i kształcącym anali-

tyków ruchu tą metodą jest Laban/Bartenieff Institute of Movement Studies (LIMS) w Nowym Jorku. Instytut zajmuje się wszystkimi formami ruchu, interakcji ze środowiskiem i komunikacji, uznając „język ruchu” za pierwotny, stwarzający podstawy do rozwoju. Jest to do pewnego stopnia idea analogiczna do audiacji, zmierzająca do zrozumienia, wyobrażenia i pełnego doświadczania ruchu.

Teoria Gordona to dobry punkt wyjścia do stworzenia kompletnej teorii muzyki, uwzględniającej zarówno rozwój percepcji, pamięci i uwagi, jak i aspektów emocjonalnych, zarówno na poziomie psychologicznym jak i neuronalnym. Mózg uważnego słuchacza muzyki integruje wszystkie elementy związane z percepcją, pobudzeniem emocjonalnym, rozumieniem struktur muzycznych, kontekstem kulturowym jak i osobistymi wspomnieniami indywidualnych przeżyć związanych z danym utworem. Rolę kultury widać szczególnie wyraźnie na przykładzie muzyki i tańca kultur azjatyckich, które posługują się całkiem innymi kodami znaczeniowymi, skalami, harmonią, gestami które ludziom spoza danego kręgu kulturowego niczego nie mówią. W mózgu muzyka słuchającego lub grającego dany utwór aktywna jest również kora ruchowa. Zdolność do wykonania jakiegoś utworu, choćby tylko podśpiewywania, nie jest już tylko biernym słuchaniem, ale pozwala na lepsze zrozumienie jego struktury dzięki zaangażowaniu dodatkowych obszarów kory mózgowej (płat czołowy, jądra podstawne).

Mechanizmy percepcji muzyki i tańca.

Każda funkcja zaangażowana w odkrywanie muzycznych struktur jak i figur i ruchów tanecznych angażuje również te obszary mózgu, które wykorzystywane są przez ogólne funkcje poznawcze, zmysły i rozumienie postrzeżeń. Konieczne jest rozdzielenie różnych aspektów informacji słuchowej i wzrokowej, zgodnie z zasadami psychofizyki grupowania różnych elementów opracowanych w psychologii postaci (gestalt). Psychoakustyka (badanie reakcji pomiędzy fizycznymi bodźcami słuchowymi a wrażeniami, które one wywołują) dopracowała się teorii analizy sceny akustycznej, opisującej grupowanie dźwięków w niezależne strumienie wytwarzane przez ludzi, zwierzęta czy różne obiekty, dzięki czemu możemy rozpoznać i śledzić dźwięki wydawane przez różne instrumenty lub różnych ludzi. Jednocześnie przetwarzanie informacji muzycznych wymaga dodatkowych, bardziej specyficznych funkcji, takich jak postrzeganie metrum, fraz, skal, konturów melodycznych i harmonii, subtelnymi interakcjami pozwalających odczytać emocje z tonu głosu człowieka lub dźwięku instrumentu. Możliwości przetwarzania informacji przez mózgi stwarzają naturalne ograniczenia dla odbioru muzyki. Mamy do czynienia z maskowaniem pewnych dźwięków, polifonia nie może być zbyt skomplikowana, kontrapunkt nie może być złożony ze zbyt wielu głosów. Muzycy odkryli te zasady eksperymentalnie, ale mówią nam one wiele o mechanizmach uwagi i możliwościach przetwarzania informacji przez mózgi. Podobnie rozwój sztuk wizualnych wyprzedził rozwój nauki.

W przypadku tańca taka analiza jest mniej szczegółowa. W teorii Labana uwzględnia się 4 aspekty analizy ruchu – Ciało, Wysiętek, Kształt i Przestrzeń. Mamy tu dodatkowe ograniczenia

wynikające z możliwości fizycznych ruchów ciała. Jackendoff i Lerdahl (2006) dokonali analizy zdolności muzycznych odnosząc się do pięciu pytań:

- (1) Jakie struktury kognitywne pobudza w naszych umysłach muzyka?
- (2) Jakie są podstawy opisu i kreowania tych struktur?
- (3) W jaki sposób uczymy się je rozpoznawać, na nie reagować?
- (4) Jakie możliwości poznawcze i struktury neuronalne to umożliwiają?
- (5) Które z tych aspektów są specyficzne dla muzyki, a które służą przede wszystkim innym celom?

Analogiczne pytania można zadać w przypadku tańca. Warto do tego dodać pytanie dotyczące ewolucji form muzycznych i tanecznych w różnych okresach historycznych i powiązania tej ewolucji ze stylem życia i ogólnymi zmianami kultury. Dotychczas odpowiedzi na tego typu pytania można było poszukiwać jedynie badając wytwory artystów, dziełach literackich, sztuce wizualnej, muzyce, tańcu, powstała też psychologia sztuki. Działania artystyczne są pewnego rodzaju eksploracją możliwości człowieka na poziomie mentalnym jak i fizycznym. Skąd się biorą te możliwości i jakie są rzeczywiste ograniczenia odbioru dzieł artystycznych? Wiemy coraz więcej o tym, jak aktywność mózgu wiąże się ze stanami afektywno-poznawczymi, potrafimy też szczegółowo analizować różne aspekty percepcji. Układ wzrokowy jest znacznie lepiej poznany niż słuchowy. Do interpretacji złożonych form sztuki konieczna jest współpraca większości struktur mózgu, a ta zależy od przepływu informacji pomiędzy nimi poprzez sieć połączeń neuronalnych, którą nazywamy *konektomem*.

Silne połączenia pomiędzy korą mózgu analizującą wrażenia słuchowe, wzrokowe, dotykowe czy smakowe mogą wywołać wrażenia synestezji. Kora słuchowa leży dość blisko wzrokowej, stąd możliwy jest wzajemny wpływ wrażeń słuchowych i wzrokowych, np. litery, liczby lub nuty widziane lub słyszane wzbudzają wrażenia kolorów. Są to rzadkie przypadki ale praktycznie wszystkie wrażenia mogą się ze sobą połączyć. Dotyczy to również emocji i przyjemności jaką nam sprawia muzyka - zależy to od siły połączeń pomiędzy korą słuchową i strukturami w głębi mózgu tworzącymi układ nagrody. Jeśli te połączenia będą zbyt słabe układ nagrody nie pobudzi się na skutek wrażeń słuchowych, pomimo dobrych predyspozycji muzycznych. Nie pomoże nawet słuch absolutny, zainteresowanie muzyką wymaga odczuwania przyjemności z jej słuchania.

Radość muzyki i tańca.

Brak odczuwania przyjemności ze słuchania muzyki nazywa się *anhedonią muzyczną* (Martínez-Molina i inn. 2016). U nielicznych osób muzyka może nawet wywołać przykre, drażniące uczucia, w wyniku zbyt silnego pobudzania struktur mózgu specjalizującego się w wykrywaniu nieprzyjemnych wrażeń, np. wstrętu lub strachu. Wzrok, słuch, smak, zapach i dotyk mogą w nas wywołać poczucie wstrętu, pobudzając ten sam obszar mózgu (jest to przednia część kory wyspy). Nawet samo wyobrażenie smaku może wywołać wymiotne odruchy.

Trudno jest jednak wywołać takie wrażenia za pomocą tańca. Z neurologicznej perspektywy wynika to zapewne z braku silnych połączeń pomiędzy obszarami mózgu odpowiedzialnymi za rozpoznawanie ruchu ludzi i zwierząt z obszarami odpowiedzialnymi za wywoływanie wrażeń wstrętu. Postrzeganie ruchu może wywołać strach, wzmożoną uwagę, przyjemność, nie zostawiając miejsca na wstręt.

Doskonałe współdziałanie różnych mechanizmów analizujących elementy dzieł artystycznych ze sobą, w połączeniu z wysoką inteligencją i kreatywnością jest rzadkie, dlatego niewielu było artystów, których uznaje się za geniuszy, chociaż stosunkowo wielu osiągnęło bardzo wysoki poziom.

Można się też zapytać, dlaczego muzyka i taniec w ogóle sprawiają nam przyjemność, a więc dlaczego rozwinęły się połączenia pomiędzy korą a ośrodkami układu nagrody. Odpowiedzi na takie pytanie udziela neuropsychologia ewolucyjna. Sprawność działania zależy od percepcji – odpowiedzialne są za nią głównie obszary kory w tylnej połowie mózgu, płacie potylicznym i skroniowym) oraz koordynacji ruchów – za co odpowiedzialna jest kora w przedniej części mózgu, w płacie czołowym i dość płytko leżących ośrodkach podkorowych. Wymaga to precyzyjnej synchronizacji stosunkowo odległych od siebie obszarów kory, co koreluje się dobrze z inteligencją ruchową. Zachęta do trenowania senso-motorycznych umiejętności i tworzenia się nowych połączeń jest pobudzanie układu nagrody w mózgu, wydzielanie się neurotransmiterów takich jak dopamina, oraz endorfin redukujących stres i sprzyjających powstawaniu przyjemnych odczuć. Niemowlaki znajdują wielką przyjemność zarówno w stymulacji zmysłów, jak i w zabawach ruchowych. W pierwszych latach życia tworzy się w ich mózgach ponad milion nowych połączeń w ciągu jednej sekundy. Nic więc dziwnego, że muzyka i ruch sprawiają nam przyjemność.

Ten sam mechanizm wykorzystwała ewolucja również dla doboru płciowego. Małpy popisują się swoimi umiejętnościami akrobatycznymi a ich wokalizacja służy przywoływaniu samic z obcego stada. Ptaki wykonują fantastyczne tańce i pięknie śpiewają by połączyć się w pary. Żaby wydają rytmiczne dźwięki, nawet owady posługują się dźwiękiem i wibracjami. Widać więc, że posługiwanie się rytmem i melodią jest bardzo starym wynalazkiem ewolucji. Muzyka i taniec towarzyszyły ludzkości od zarania dziejów. Najstarsze znane bębny tworzono prawdopodobnie ponad 150.000 lat temu, a najstarszy flet zrobiony z kości datowany jest na 67.000 lat i zrobili go Neandertalczycy. Muzyka i taniec zawsze łączyły obyczaje i można im przypisać wiele funkcji wzmacniających spójność grup społecznych, zwiększających poczucie bezpieczeństwa, powiązanie z miłością i seksem. To jest ewolucyjna podbudowa, która stworzyła mechanizmy neuronalne umożliwiające rozwój wyrafinowanych form sztuki. Studiowanie percepcji tańca może więc nam pomóc zrozumieć w jaki sposób mózgi wytwarzają doznania estetyczne (Cross i Ticini, 2012).

Choreologia

Ponieważ muzyka i taniec są ze sobą silnie związane wszystkie powyższe uwagi dotyczą również tańca. Kontrola ruchów całego ciała wymaga aktywacji kory czołowej, która działa w nieco inny sposób niż pozostałe obszary kory, jak i bardziej intensywnej pracy mózdku, który zawiera aż 80% wszystkich neuronów mózgu i specjalizuje się w precyzyjnej koordynacji ruchu ciała. Dołączenie do tego elementów teatralnych oznacza pełną integrację wszystkich obszarów w części skroniowej i tylnej części czołowej związanych z językiem. Teatr tańca nie pozwala więc na odpoczynek żadnej części mózgu. Naukowcy są zainteresowani badaniem tancerzy potrafiących w bardzo precyzyjny sposób koordynować swoje ruchy i uczyć się na podstawie obserwacji, by lepiej zrozumieć jakie procesy zachodzą w ich mózgach.

Choreologia nie doczekała się jeszcze głębszej analizy neurokognitywnej, chociaż sporo już wiemy. Głównym powodem są trudności badania mózgu w naturalnym środowisku w czasie ruchu. Wpływ muzyki na procesy zachodzące w mózgu można badać za pomocą urządzeń do neuroobrazowania (fMRI, PET) mając unieruchomioną głowę, można nawet grać na instrumentach klawiszowych lub smyczkowych. Elektroencefalografia (EEG) bezprzewodowa stała się możliwa dopiero w drugiej dekadzie XXI wieku. W połączeniu z czujnikami ruchu podjęto próby klasyfikacji ekspresyjnych form ruchu w oparciu o system analizy ruchu Labana, odróżniając 17 kombinacji rodzajów działania i wysiłku (Cruz-Garza i inn, 2014). System kinetografii i koncepcje teoretyczne Labana są dobrym punktem wyjścia dla prac tego typu, nie potrafimy jednak jeszcze w oparciu o opisane powyżej badania stworzyć modelu powstawania wrażeń estetycznych w mózgu.

Analiza procesów zachodzących w mózgu w naturalnych sytuacjach to nowy kierunek, który stał się możliwy dzięki postępom w konstrukcji samych systemów pomiarowych jak i analizie sygnałów przez nie mierzonych (Gramann i inn, 2014). Możemy się więc spodziewać w najbliższych latach coraz większej liczby badań i ciekawych odkryć. Jednakże dostęp do informacji kinestetycznych, mających istotny wpływ na doświadczenie ruchu, oraz integracja tych informacji z modelem wewnętrznych wrażeń będzie jeszcze przez długi czas wielkim wyzwaniem dla nauk kognitywnych (Hagendoorn, 2012).

Ciekawe wyniki dają badania oparte na obserwacji sekwencji lub specyficznych figur tanecznych przez osoby w skanerze. W jednym z badań (Cross i Ticini, 2012; Bläsing, Puttke i Schack, 2010) tancerze przez wiele tygodni uczyli się repertuaru ruchów tańca współczesnego i co tydzień obserwowali i wyobrażali sobie zarówno figury tego tańca jak i odpowiednio dobrane figury taneczne, których sami nie trenowali. Ich własna ocena możliwości wykonania figur trenowanych zwiększała się z upływem czasu, a nie trenowanych się nie zmieniała. Wraz ze wzrostem wyniku samooceny i czasu treningu zwiększała się również aktywność sieci postrzegania-działania obejmującej neurony lustrzane w korze ruchowej i korze ciemieniowej analizującej wzrokowe obserwacje relacji przestrzennych. Porównując tancerzy, którzy aktywnie uczyli się określonego repertuaru i tancerzy, którzy tylko obserwowali go na wideo widać było efekty uczenia się przez samą obserwację i wyobrażanie sobie ruchów, ale

nie tak silne jak efekty rzeczywistego treningu. Jednakże gdy porównano efekty nauki po 7 tygodniach i po 34 tygodniach (Bar i DeSouza, 2016) okazało się, że doskonałe opanowanie repertuaru zmniejsza aktywność neuronalną, ruchy stają się automatyczne i nie wymagają już takiego mentalnego wysiłku by je prawidłowo wykonać. Uwaga tancerze nie musi być już skoncentrowana na szczegółach wykonywanych figur, opanowanie repertuaru uwalnia kreatywność.

Wnioski z badań tancerzy są dość oczywiste: sprawność sieci percepcja-działanie jest największa u osób, które same aktywnie trenowały określone umiejętności, to one potrafią odnieść to co widzą do kinestetycznych reprezentacji postrzeganych ruchów. Każde zapamiętane zdarzenie zmienia fizycznie struktury połączeń w naszym mózgu, wpływając na nasze przyszłe przeżycia i decyzje. Edukacja jest rzeźbieniem konektomów mózgu, a ponieważ znaczna część mózgu zaangażowana jest w percepcję i kontrolę ruchów taniec ma szczególnie silny wpływ na strukturę konektomu. Porównanie studentek tańca z grupą kontrolną, która nie miała takich doświadczeń, pokazało liczne zmiany połączeń obszarów zaangażowanych w obserwację działania, ale nie wykazały różnic zdolności poznawczych (Burzyńska i inn. 2017).

Choreografia eksperymentalna.

Neuronalne mechanizmy podtrzymujące uwagę i wywołujące emocje w sposób mniej lub bardziej nieświadomy wykorzystują choreografowie i reżyserzy. Szczególnie istotne dla zrozumienia kognitywnych aspektów tańca i teatru jest postrzeganie przestrzeni, położenia, relacji i oddziaływań obserwowanych w przestrzeni. Jest to silnie związane z możliwościami działania, relacje w przestrzeni bliskiej (peripersonalnej) i dalszej (ekstrapersonalnej) analizowane są przez mózgi w inny sposób.

Psycholodzy eksperymentalni odkryli wiele przyczyn błędów poznawczych wpływających na nasz sposób postrzegania świata. Lepsze poznanie tych mechanizmów jest więc istotne dla zrozumienia oddziaływania filmu, teatru i tańca na widza. Podjęto próby zrozumienia jak fenomenologia, doświadczenie wewnętrzne widzów obserwujących taniec, wiąże się z procesami neurofizjologicznymi w ich mózgach. Wrażenia estetyczne zależą od skojarzeń, pamięci poprzednich doświadczeń, procesów uwagowych. Próbowano ocenić obserwowane figury taneczne za pomocą kwestionariuszy pytając o subiektywne wrażenia widzów w kategoriach: podobało mi się-nie podobało, proste-złożone, interesujące-ciekawe, relaks-napięcie, słabe-mocne. Stwierdzono korelację aktywacji regionów kory wzrokowej i ruchowej mózgu jedynie dla ocen podobało się lub nie. Najsilniejsze zaobserwowane aktywacje dotyczyły dużych ruchów całego ciała, biegu i skoków, a najsłabsze drobniejszych ruchów. Nie jest jednak jasne czy taki sensomotoryczny rezonans jest przyczyną estetycznych wrażeń czy raczej ich wynikiem. Oddzielenie czynnika emocjonalnego nie jest w tym wypadku takie proste (Calvo-Merino i in, 2008).

Corinne Jola zajmuje się wpływem nauki tańca na percepcję i zmiany mechanizmów poznawczych, oraz badaniem reakcji widzów na różne formy tańca i teatru. "Eksperymentalna choreografia", którą rozwija, oparta jest na trzech podstawach: oryginalnych badaniach naukowych, empirycznej analizie ich wyników, powiększaniem wiedzy o badanych mechanizmach (Jola i inn. 2012; Bläsing i inn. 2010, rozdz. 10). Frazy są ważne zarówno w rozumieniu języka, muzyki jak i choreografii, opierają się na ogólnych mechanizmach poznawczych i badanie tańca może więc nam coś o nich powiedzieć. Bardzo ważne są też aspekty medyczne związane z tańcem badane np. w Laban Trinity College w Londynie.

Eksperymentalna choreografia zajmuje się projektami tanecznymi tak, by ich badanie dostarczyło użytecznych danych empirycznych specjalistom w dziedzinie neuronauk. Tancerze mają szczególnie rozwinięte zdolności percepcji i kontroli czasu, postrzegania reprezentacji ciała i przestrzeni. Ważną rolę gra u nich dobrze rozwinięta wyobraźnia ruchów ciała. Badania nie wykazały za to u tancerzy większych zdolności do wyobrażenia sobie obrotów geometrycznych figur, co wskazuje na wyspecjalizowany mechanizm odpowiedzialny za wyobrażenia ruchu ciała związany z treningiem. Połączenie informacji wzrokowych i czuciowych (propriocepcji) poprawia wyobrażenia reprezentacji ciała dzięki wyobraźni kinestetycznej.

Reakcje widzów obserwujących taniec związane są z emocjami i wyobrażanym ruchem. Walka wywołuje często u jej obserwatorów skurcze mięśni, nawet w czasie snu możliwa jest obserwacja takich reakcji. Zrozumienie intencji działania obserwowanych osób opiera się na takich reakcjach, a odpowiedzialny za to proces nazywa się często „empatią kinestetyczną”. Czy do rozwinięcia takich zdolności konieczne jest cielesne doświadczenie tańca czy wystarczy sama obserwacja? Ruchy wywołujące u widza emocje są ekspresją stanu umysłu obserwowanej osoby. Czy ekspert w zakresie analizy ruchu potrafi lepiej odczytywać intencje i stany mentalne obserwowanych ludzi? Na takie pytania nie mamy jeszcze jednoznacznych odpowiedzi.

Trening tancerzy.

Jak neuronauki mogą pomóc w opanowaniu trudnych elementów tańca? Jola i inn. podali przykład jak znajomość mechanizmów neuronalnych pomogła tancerzom (Bläsing i inn. 2010, rozdz. 10). Ich zadaniem było podnieść się dokładnie w chwili, w którym nastąpiło całkowite rozluźnienie. Wybranie właściwego momentu okazało się trudne, jedni robili to nieco za późno a inni za wcześnie. Ruchy wolicjonalne związane są z planami powstającymi w korze przedruchowej, przestaniem sygnałów do mięśni przez korę ruchową i informacją zwrotną otrzymaną od mięśni. Świadoma percepcja różni się o ułamek sekundy z rzeczywistym czasem, a więc kiedy mózg dostaje sygnał o całkowitym rozluźnieniu mięśni jest już za późno by sygnał do mięśni dotarł dokładnie w momencie pełnego rozluźnienia. Konieczna jest antycypacja działania, intencja ruchu tuż przed całkowitym relaksem. To wyjaśnienie okazało się przydatne w osiągnięciu właściwej ekspresji trenowanego elementu.

Trening złożonych umiejętności muzycznych i tanecznych można ułatwić dzięki zastosowaniu różnych form biofeedback, czyli uświadomienia sobie procesów zachodzących w mózgu lub ciele przez zamianę wyników pomiarów na dźwięki lub obrazy. Mierząc rytmy mózgowo za pomocą aparatury EEG i zamieniając je na dźwięki można doprowadzić do ich spowolnienia, co sprzyja redukcji stresu i osiągnięcia stanu relaksu. Podobnie można zrobić badając regularność rytmu serca (HRV, Heart-Rate Variability). Takie procedury biofeedback zastosował John Gruzelier (Goldsmiths College, London University) na grupie studentów konserwatorium tańca (Trinity Laban Conservatoire of Music and Dance). Wcześniej podobny trening z bardzo dobrym skutkiem przeszli studenci akademii muzycznej. Zastosowano 10 sesji neurofeedback po 20 minut każda, a po zakończeniu treningu po 12 tygodniach przeprowadzono test oceniany przez ekspertów. Wyniki porównano z grupą kontrolną i z grupą uczęszczającą na zajęcia z choreologii. Trening HRV nie poprawił ocen ekspertów w zakresie artystycznych walorów wykonania tańca, ale zmniejszył stres studentów. Trening EEG w istotny sposób wpłynął na lepsze kreatywność testowych fraz tanecznych, natomiast w pozostałych grupach nie było żadnej zmiany. Badania były prowadzone na stosunkowo małej grupie, podobnie, liczba sesji biofeedback była stosunkowo nieduża.

Innym pomysłem na wspomaganie nauczania jest dostarczenie tancerzom więcej informacji o położeniu ich ciała. Można to osiągnąć za pomocą techniki nazwanej sonifikacją, czyli zamianie ruchu na dźwięki. Jest to możliwe dzięki odpowiednim czujnikom ruchu wbudowanym w ubranie, przesyłającym informacje przetwarzane na dźwięki zależnie od rodzaju ruchu. Chociaż dźwięki produkowane przez taki system początkowo nie są zrozumiałe po pewnym czasie mózgi uczą się wykorzystywać dodatkowe informacje wspomagające wzrok i propriocepcję. Tego typu projekty nie zostały jednak jeszcze przetestowane na studentach tańca.

Podsumowanie.

Już starożytni myśliciele zauważyli, że ruch to życie. Znane przysłowie głosi „w zdrowym ciele zdrowy duch”, a obecnie wiemy już dużo na temat rozlicznych wpływów ruchu na sprawne działanie mózgu. Ruch zwiększa ukrwienie mózgu, a to pomaga neuronom zmieniać swoje połączenia i uczyć się nowych umiejętności. Pomaga też uwolnić się od problemów mentalnych, dlatego taniec traktowany jest jako jedna z terapii, szczególnie zalecanych dla ludzi starszych. W USA działa stowarzyszenie American Dance Therapy Association a w Wielkiej Brytanii Association for Dance Movement Psychotherapy. Organizacje te kształcą terapeutów i psychoterapeutów oferując program studiów na poziomie licencjatu a nawet doktoratu.

Badania związane z tańcem nabierają coraz większego znaczenia. Techniczne możliwości pozwalające na obserwację i pomiary w naturalnych warunkach są coraz większe. Jesteśmy nadal na początku drogi pozwalającej w pełni zrozumieć jak należy uczyć tańca i jak to zrozumienie wpłynie na zdolności poznawcze i dobrostan człowieka.

LITERATURA

- Bar, R. J., & DeSouza, J. F. X. (2016). Tracking Plasticity: Effects of Long-Term Rehearsal in Expert Dancers Encoding Music to Movement. *PLOS ONE*, 11(1), e0147731.
- Bläsing, B., Puttke, M., & Schack, T. (Eds.). (2010). *The Neurocognition of Dance: Mind, Movement and Motor Skills* (1 edition). Hove, East Sussex England ; New York: Psychology Press.
- Boas, F. (1911) *Umysł człowieka pierwotnego*. Tł. Kraków: Nomos 2010 (orig. *The Mind of Primitive Man*. Macmillan Company, 1911).
- Burzynska, A. Z., Finc, K., Taylor, B. K., Knecht, A. M., & Kramer, A. F. (2017). The Dancing Brain: Structural and Functional Signatures of Expert Dance Training. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11.
- Calvo-Merino, B., Jola, C., Glaser, D. E., & Haggard, P. (2008). Towards a sensorimotor aesthetics of performing art. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 911–922.
- Cross, E. S., & Ticini, L. F. (2012). Neuroaesthetics and beyond: new horizons in applying the science of the brain to the art of dance. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 11(1), 5–16.
- Cruz-Garza, J. G., Hernandez, Z. R., Nepaul, S., Bradley, K. K., & Contreras-Vidal, J. L. (2014). Neural decoding of expressive human movement from scalp electroencephalography (EEG). *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- Drożdż, T. (2012) *Praca doktorska: Człowiek i taniec. Systemy choreograficzne jako profile badania kultury*. Instytut Nauk o Kulturze, Wydział Filologiczny, Uniwersytet Śląski.
- Duch, W. (2007) *Neuroestetyka i ewolucyjne podstawy przeżyć estetycznych*. *Współczesna Neuroestetyka*, Wyd. Poli-Graf-Jak, Poznań 2007, str. 47-52.
- Duch, W. (2013). *Amuzja wyobrażeniowa*. W: *Neuroestetyka muzyki*, red. P. Podlipniak i P. Przybysz. Wyd. Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, str. 243-266.
- Fagan, B., Durrani, N. (2014) *People of the earth: an introduction to world prehistory*. Routledge, wyd. 14.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Book.
- Gordon, E. (1999) *Sekwencje uczenia się w muzyce. Umiejętności, zawartość i motywy*. Wydawnictwo Uczelniane WSP, Bydgoszcz, 1999
- Gramann, K., Jung, T.-P., Ferris, D. P., Lin, C.-T., & Makeig, S. (2014). Toward a new cognitive neuroscience: Modeling natural brain dynamics. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- Gruzelier, J. H. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. II: Creativity, the performing arts and ecological validity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 142–158.
- Hagendoorn, I. (2012). Introduction to the special issue on Dance and Cognitive Science. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 11(1), 1–3.
- Hagendoorn, I. (2012a). Inscribing the body, exscribing space. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 11(1), 69–78.
- Jackendoff, R., Lerdahl, F. (2006). The capacity for music: what is it, and what's special about it? *Cognition*, 100, 33–72.
- Jola, C., Ehrenberg, S., & Reynolds, D. (2012). The experience of watching dance: phenomenological–neuroscience duets. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 11(1), 17–37.

- Karpati, F. J., Giacosa, C., Foster, N. E. V., Penhune, V. B., & Hyde, K. L. (2015). Dance and the brain: A review. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 140–146.
- Klimczyk, W., *Taniec a kształtowanie się nowoczesności (1455-1795). Tom 1-2. Universitas 2015.*
- Knight, C., & Lewis, J. (2017). Wild Voices: Mimicry, Reversal, Metaphor, and the Emergence of Language. *Current Anthropology*, 58(4), 435–453.
- Kshtriya, S., Barnstaple, R., Rabinovich, D. B., & DeSouza, J. F. X. (2015). Dance and Aging: A Critical Review of Findings in Neuroscience. *American Journal of Dance Therapy*, 37(2), 81–112.
- Martínez-Molina, N., Mas-Herrero, E., Rodríguez-Fornells, A., Zatorre, R. J., & Marco-Pallarés, J. (2016). Neural correlates of specific musical anhedonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(46), E7337–E7345.
- Rizzolatti, G. i Sinigaglia, C. (2008). *Mirrors in the Brain: How Our Minds Share Actions and Emotions.* Oxford University Press.
- Sacks, O. (2009) *Muzykofilia. Opowieści o muzyce i mózgu.* Poznań: Zysk i S-ka.
- Sachs, M. E., Ellis, R. J., Schlaug, G., & Loui, P. (2016). Brain connectivity reflects human aesthetic responses to music. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(6), 884–891.
- Zeki, S. (2012) *Blaski i cienie pracy mózgu.* WUW.
- Żywiczyński, P. i Wacewicz. S. (2015). *Ewolucja języka: w stronę hipotez gesturalnych.* Toruń: Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.