



AUTOREFERAT HABILITACYJNY

DR JOANNA GORWA



Spis treści

1. Imię i nazwisko.	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.	3
4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). .	4
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	33
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.	37
7. Inne informacje, ważne z punktu widzenia wnioskodawcy, dotyczące jego kariery zawodowej.....	41

Autoreferat

1. Imię i nazwisko.

Joanna Gorwa (nazwisko panięskie: Sarbinowska)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- Magister fizyki, specjalność fizyka medyczna, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, 1999 r.
- Doktor nauk o kulturze fizycznej, Rada Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, 2008 r.
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Przeciążenia dynamiczne oraz biomechaniczny profil u tancerzy zawodowych uprawiających taniec klasyczny i współczesny”
Promotor: prof. dr hab. Lechosław B. Dworak.
- Specjalista bezpieczeństwa i higieny pracy, studia podyplomowe w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, Wyższa Szkoła Humanistyczna im. Króla S. Leszczyńskiego w Lesznie, 2010 r.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- 1999 – 2008: asystent w Zakładzie Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
- 2008 – 2017: adiunkt w Zakładzie Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
- 2010 – 2021: starszy wykładowca w Instytucie Zdrowia i Kultury Fizycznej Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. A. Komeńskiego w Lesznie.
- 2017 – 2019: starszy wykładowca w Zakładzie Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
- 2019 – aktualnie: adiunkt w Zakładzie Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Moim osiągnięciem, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy, jest cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem: **Biomechaniczne obciążenia układu ruchu tancerzy zawodowych**, będący efektem realizacji pod moim kierownictwem grantu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt.: „Badania obciążeń układu mięśniowo – szkieletowego w wybranych ekspresyjnych elementach tańca współczesnego i klasycznego z zastosowaniem metod identyfikacji sił generowanych przez mięśnie” (nr NN404515938):

1. **Gorwa J**, Dworak LB, Michnik R, Jurkojć J (2014). Kinematic analysis of modern dance movement "stag jump" within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention. *Medical Science Monitor*, 20, 1643–1750. DOI: 10.12659/MSM.890.126.
Wskaźnik Impact Factor: 1.433; Punktacja MEiN: 15;
2. **Gorwa J**, Zieliński J, Wolański W, Michnik R, Larysz D, Dworak LB, Kusy K (2019). Decreased bone mineral density in forearm vs loaded skeletal sites in professional ballet dancers. *Medical Problems of Performing Artists*, 34(1), 25–32. DOI: 10.21091/mppa.2019.1006.
Wskaźnik Impact Factor: 0.418; Punktacja MEiN: 40;
3. **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Jurkojć J, Jochymczyk-Woźniak K (2019). Is it possible to reduce loads of the locomotor system during the landing phase of dance figures? Biomechanical analysis of the landing phase in Grand Jeté, Entrelacé and Ballonné. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4), 111–121. DOI: 10.5277/ABB-01429-2019-02.
Wskaźnik Impact Factor: 0.968; Punktacja MEiN: 100;
4. **Gorwa J**, Kabaciński J, Murawa M, Fryzowicz A (2020). On the track of the ideal turnout: Electromyographic and kinematic analysis of the five classical ballet positions. *PLoS One*, 15(3):e0230654. DOI: 10.1371/journal.pone.0230654.
Wskaźnik Impact Factor: 3.240; Punktacja MEiN: 100;
5. **Gorwa J**, Kabaciński J, Murawa M, Fryzowicz A (2020). Which of the five classical ballet positions is the most demanding for the dancer's body? An electromyography-based study to determine muscular activity. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 22(4), 3–14. DOI: 10.37190/ABB-01650-2020-02.

Wskaźnik Impact Factor: 1.073; Punktacja MEiN: 100;

6. **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K (2021). In pursuit of the perfect dancer's ballet foot. The Footprint, stabilometric, pedobarography parameters of professional ballet dancers. *Biology*, 10(5), 435. DOI: 10.3390/biology10050435.

Wskaźnik Impact Factor: 5.079; Punktacja MEiN: 100.

We wszystkich publikacjach jestem pierwszym autorem oraz, za wyjątkiem jednej pracy, korespondencyjnym autorem. Byłam pomysłodawczynią badań, opracowałam metodologię i koncepcję badań, organizowałam dostęp do materiału badawczego, pozyskałam finansowanie na badania i kierowałam grantem. Prowadziłam badania, analizowałam dane i wykonałam większość obliczeń statystycznych. Zinterpretowałam i opracowałam uzyskane wyniki. Przygotowywałam manuskrypty artykułów oraz redagowałam i korygowałam ostateczne wersje artykułów. Sumaryczny współczynnik wpływu Impact Factor dla cyklu sześciu opublikowanych, powiązanych tematycznie artykułów naukowych wynosi **12.211 punktów** oraz **15 punktów** według skali MEiN obowiązującej do końca 2018 r. i **440 punktów** MEiN według skali punktacji obowiązującej od roku 2019.

WSTĘP

1. Tancerze zawodowi jako specyficzna grupa z pogranicza sportu i sztuki

Taniec poza stroną artystyczną ma jednocześnie wymiar zawodowy. Podstawą tańca jest trwałe wykonywanie czynności związanych z jego przedstawianiem i nauczaniem, a także tworzeniem. Zajmowanie się tańcem, wymaga odpowiednich uzdolnień, umiejętności i wiedzy (Konaszkiewicz, 1994). Leanderson w 1996 stwierdził, że tancerz jest połączeniem artysty oraz sportowca wyczynowego. W odróżnieniu od sportowca, tancerz wykorzystuje ruch do komunikacji i ekspresji (Leanderson, 1996) i nie posiada sezonowości treningu (Liederbach, 1984). Podstawą sportu jest przede wszystkim konkurencja, a w tańcu, oprócz tego zjawiska, występuje harmonia estetyki, emocji i doznań duchowych.

Aby zostać mistrzami techniki, tancerze muszą rozpocząć naukę przed okresem dojrzewania, kiedy ich ciała są jeszcze podatne na ukształtowanie. Nauka zawodu, podczas której przyszły artysta opanowuje arkana techniki, pogłębia swoje umiejętności i przystosowuje swój aparat ruchowy do potrzeb baletu, trwa zazwyczaj od 10 do 19 roku życia (Konaszkiewicz, 1994). Po tym okresie tancerz zazwyczaj dostaje angaż w profesjonalnej

grupie teatralnej. Dla artysty największą nagrodą i życiowym celem jest zakwalifikowanie się do elitarnej grupy baletowej. Tancerze zazwyczaj dążą do tego celu za wszelką cenę – często za cenę własnego zdrowia. Przygotowanie przedzawodowe jest bardzo długie w stosunku do krótkotrwałego okresu wykonywania zawodu. Dla tańca klasycznego optymalna górna granica wieku tancerza to 30 rok życia (Hamilton i wsp. 1989). W odróżnieniu od sportowców, tancerze nie mają obiektywnych mierników sukcesu takich jak medale, które to wskazywałyby na sukces osobisty (Konaszkiewicz, 1994).

Pod względem wydatkowanej energii, a także wymaganej odporności psychicznej, taniec zawodowy jest bardzo bliski wyczynowej aktywności człowieka (Rodrigues-Krause i wsp. 2015). Tancerzy baletowych należy traktować jak specyficzną grupę sportowców „uczestniczących wyłącznie w programie treningowym typu interwałowego przez kilka godzin dziennie” (Haight, 1998), czerpiących energię zarówno z tlenowych, jak i beztlenowych źródeł metabolizmu. Treningowe zajęcia taneczne rozwijają głównie umiejętności techniczne i są mniej intensywne, natomiast występ taneczny, czyli spektakl, obejmuje liczne okresy ćwiczeń o dużej intensywności, w krótkotrwałych, nieregularnych odstępach czasu (Haight, 1998; Wyon, 2005; Rodrigues–Krause i wsp. 2015). Najbardziej wymagające techniki taneczne powodują wzrost zużycia tlenu i tętna odpowiednio do 55% i 92% ich wartości maksymalnych (Cohen i wsp. 1982). Podczas zajęć tanecznych średni wydatek energetyczny u tancerek wynosi 200 kcal/h, a u tancerzy 300 kcal/h (Cohen i wsp. 1982). Dane o wydatku energetycznym podczas występu tanecznego nie są dostępne, ale można przypuszczać, że jest on wielokrotnie większy (Gorwa i wsp. 2019). Należy zaznaczyć, że dziennie tancerze pracują przeciętnie około 8 godzin. Jeżeli trwają przygotowania do przedstawienia, czas ten wydłuża się do 10 – 12 godzin. Tancerze mają 6-dniowy tydzień pracy, najczęściej bez odnowy biologicznej. Ponadto presja zachowania smukłej sylwetki jest powodem uciekania się do drastycznych diet, a te z kolei osłabiają silnie eksploatowany aparat ruchowy (Gorwa i wsp. 2019). Przy ogromnej ekspozycji narządu ruchu na przeciążenia dynamiczne może dochodzić do trwałych deformacji i uszkodzeń struktur tkankowych.

Biorąc pod uwagę powyższe, taniec zawodowy trzeba uznać za jedną z bardzo trudnych dziedzin aktywności fizycznej człowieka pod względem koordynacji ruchów, długotrwałości wysiłku i przeciążeń fizycznych organizmu (Konaszkiewicz, 1994). W latach 70. ubiegłego wieku Nicholas i współautorzy (1977) zaliczyli taniec zawodowy do aktywności najbardziej obciążających ciało człowieka, stawiając go na drugim miejscu po footballu amerykańskim.

Wynika to z dużych obciążeń: wielu godzin intensywnego treningu tygodniowo (Haight, 1998; Doyle-Lucas i wsp. 2010; Amorim i wsp. 2017; Gorwa i wsp. 2019) i sił reakcji podłoża (GRF), które artyści pokonują na co dzień (Gorwa i wsp. 2014; 2019; Kulig i wsp. 2011). Obciążenie treningowe, wyjazdowe trasy spektaklowe i napięty harmonogram rocznych występów czyni tę grupę zawodową bardzo podatną na kontuzje i przetrenowanie (Evans, 2003; Bronner i Wood, 2016).

2. Przesłanki do podjęcia badań tancerzy zawodowych

Środowisko tancerzy zawodowych jest bardzo zaniedbane jeżeli chodzi o aspekt aplikacyjny badań naukowych dotyczących optymalizacji treningów tańca czy wprowadzenia programów zdrowotnych. Znalaziono tylko kilka dużych programów prewencyjnych i były to działania zagraniczne (Ambegaonkar i Caswell, 2009; Ojofeitimi i Bronner, 2011; Bronner i Bauer, 2018; Bronner i wsp. 2003). W Polsce badania naukowe w środowisku tancerzy zawodowych były prowadzone sporadycznie i dotyczyły zazwyczaj jedynie ich zdolności motorycznych (Michalska i wsp. 2018; Bacik i wsp. 2019), pomiarów antropometrycznych (Malitowska, 1982) lub jednorazowych działań interwencyjnych w ich treningu (Fredyk i wsp. 2018; Smol i Fredyk, 2012). W dostępnym światowym piśmiennictwie autorzy rozpatrywali badane problemy szczegółowo, jednakże swoje analizy sprowadzali do jednej lub dwu sfer. Nie notuje się badań wielowymiarowych, które pozwoliłyby na przeprowadzenie głębszych analiz i porównań w tym specyficznym środowisku pracy. Dlatego postanowiłam poddać tancerzy zawodowych w Polsce kompleksowym badaniom biomechanicznym. Zaproponowałam rozległy projekt badawczy (nr NN404515938), który uwzględnił badania obciążeń (bio)mechanicznych układu ruchu tancerza: siły reakcji podłoża, analizy kinematycznej poprawności technicznej wykonywanych elementów, gęstości kości, równowagi, wysklepienia stóp oraz aktywności bioelektrycznej wybranych mięśni.

Profesjonalny taniec obejmuje całą gamę różnych skoków. Ich kombinacje wahają się od małych, bardzo szybkich skoków w miejscu ze złożoną pracą nóg („*petit allegro*”) do wolniejszych, większych skoków i przeskoków przez całą scenę („*grand allegro*”) (Haight, 1998). Analizy kinematyki i kinetyki wyżej wymienionych skoków są przedmiotem badań od kilkadziesiąt lat (Fietzer i wsp. 2012; Jarvis i Kulig, 2016; Kulig i wsp. 2014). W dostępnej literaturze istniała jednak luka. Brakowało prac jasno określających, które

z parametrów biomechanicznych wpływają na obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego i amortyzację podczas fazy lądowania w poszczególnych elementach tańca.

Fundamentalna dla tańca klasycznego pozycja to „*turnout*” (TO) (Gilbert i wsp. 1998; DeMann, 1997; Negus i wsp. 2005). Perfekcyjny „*turnout*” pozwala stopom i kolanom na ustawienie się dokładnie w przeciwnych kierunkach, tworząc kąt 180, a prawidłowe przyjęcie tej pozycji jest zainicjowane w stawach biodrowych (Gilbert i wsp. 1998; Vaganova, 2015; Coplan, 2002). Oprócz roli estetycznej ma ona znaczenie funkcjonalne i stanowi „bazę stabilności technicznej” tancerza (Negus i wsp. 2005). Jest podstawą pięciu pozycji klasycznych, które w świecie tańca zawodowego są wykorzystywane we wszystkich stylach. Tancerze, którzy nie mają odpowiednich predyspozycji, często stosują technikę wymuszonego (wg Hendry i wsp. 2015) „*turnout*” od poziomu poniżej kolan (Brown i Micheli, 1998; DeMann, 1997; Kulig i wsp. 2014; Coplan, 2002; Negus i wsp. 2005; Hendry i wsp. 2015). Wówczas tancerz ustawia obie stopy pod kątem 180° względem siebie, zanim osiągnie rotację w stawie biodrowym, a następnie „wykręca” stawy kolanowe i w końcu biodrowe.

Wielu autorów jest zgodnych, że takie postępowanie może prowadzić do problemów zdrowotnych, takich jak napięcie skrętne w stawie kolanowym, ból stawu kolanowego, boczne przyśrodkowe wadliwe ustawienie stawu rzepekowo - udowego oraz nieodpowiedni rozkład i duża wartość wektorów sił działających skierowanych wzdłuż przyśrodkowej części kolana i pierwszego stawu śródstopno - paliczkowego (Gilbert i wsp. 1998; Brown i Micheli, 1998; Negus i wsp. 2005; Liederbach i wsp. 2006; Hendry i wsp. 2015). Wymuszany „*turnout*” może prowadzić do dużych obciążeń w stawach, co zwiększa ryzyko kontuzji kończyny dolnej (Coplan, 2002; Negus i wsp. 2005; Hendry i wsp. 2015). Mimo że fakt wykręcania pozycji baletowych to zjawisko ogólnie znane, nie spotkano w literaturze badań, które opisywałyby ten proces i wyjaśniałyby mechanizm jego osiągnięcia. Nie znaleziono także odpowiedzi na pytanie, która z pięciu klasycznych pozycji baletowych jest najbardziej obciążająca dla aparatu ruchowego człowieka, oraz ani jednej pracy naukowej analizującej wszystkie pięć pozycji baletowych przy użyciu elektromiografii powierzchniowej.

Profesjonalna kariera taneczna pokrywa się z wrażliwym etapem życia, potencjalnie korzystnym dla szczytowej budowy masy kostnej. Nie jest jasne, czy taniec baletowy faktycznie promuje wysoką gęstość kości i czy równomiernie mineralizuje kości. Większość badań dotyczących gęstości kości u zawodowych tancerzy obejmuje kobiety i analizowane są głównie obszary silnie obciążone, tj. szyjka kości udowej (FN) i kręgosłup

lędźwiowy (LS) (Keay i wsp. 1997; Warren i wsp. 2002; Kuennen, 2007; Amorim i wsp. 2015). Tylko kilka badań obejmuje tańczących mężczyzn, ale koncentrują się na miejscach obciążanych uderzeniowo (Oral i wsp. 2006; Cuesta i wsp. 1996; Duchter i wsp. 2011). Brakuje badań, które dałyby odpowiedź na pytania, czy siły uderzeniowe działają lokalnie na aparat ruchu tancerza, czy tancerze w związku ze specyfiką treningu i presją szczupłej sylwetki mają zmiany w obszarach kośćca nieobciążanego uderzeniowo wskazujące na osteopenię, i w końcu – czy standardowo oceniany obszar układu ruchu (szyjka kości udowej) jest w tym środowisku zawodowym prawidłowo dobranym diagnostycznie rejonem ciała.

W świecie tańca zawodowego istnieje pojęcie „stopy doskonałej”. Jest to marzenie każdego artysty i przepustka, podobnie jak wcześniej omawiany „*turnout*”, do elitarnych szkół baletowych. Ponieważ taniec zawodowy wymaga dużej sprawności stawu skokowego, stopa tancerza musi wykonywać maksymalne zgięcie grzbietowe i maksymalne zgięcie podszwowe, powyżej maksymalnych zakresów w stawie skokowym dla średniej populacji, które wynosi do 20° dla zgięcia grzbietowego i do 50° dla zgięcia podszwowego (Nechaev i Vasilev, 2020; Russell i wsp. 2008). Stopy profesjonalnych tancerzy baletowych osiągają, dla zgięcia podszwowego wartość nawet 113° (Nechaev i Vasilev, 2020). Oprócz gibkości ważne jest wysklepienie stóp. Mocno wysklepiona stopa, z wysokim łukiem podłużnym, to gwarancja estetyki w balecie. Zdaniem Simmel (2013) przy idealnie wysklepionej stopie występuje pionowe ułożenie kości piszczelowej, skokowej, śródstopia i przedniej części stopy w optymalnej linii ciężkości, umożliwiające osiowe obciążenie kości stopy, co z biomechanicznego punktu widzenia zapewnia maksymalną stabilność podczas stania w „*en pointé*” (czyli stania na czubkach palców, na szczycie baletki). Dotychczas nie zbadano tego zagadnienia naukowo. Nauczyciele tańca oraz tancerze tak bardzo skupiają się na estetyce stopy, że w rezultacie do szkół baletowych przyjmowane są dzieci z jej nadmiernym wysklepieniem („*pes cavus*”), z kolei dorośli tancerze ćwiczą stopy, chcąc osiągnąć wymarzony kształt. Nie znaleziono do tej pory publikacji, która sprawdzałaby, czy wartość kąta Clarke’a ma związek z karierą zawodową, czy parametry równowagi mają jakikolwiek związek z „wysklepieniem” stopy i czy oprócz walorów czysto estetycznych bardzo wysklepiona stopa ma jakiegokolwiek biomechaniczne znaczenie w tańcu.

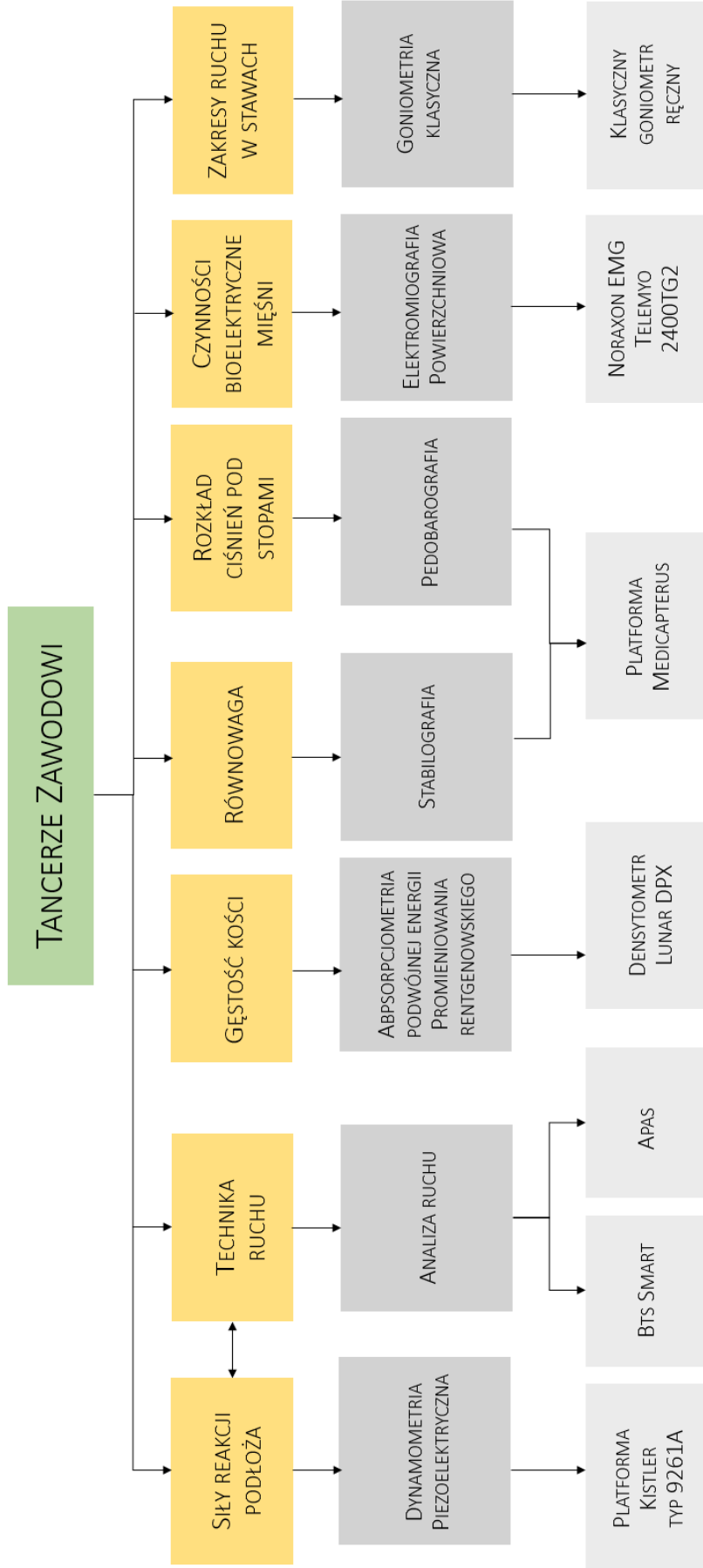
Na podstawie powyższych przesłanek sformułowano następujące hipotezy:

HIPOTEZY BADAWCZE

- H1. Skoki, jako elementy tańca zawodowego, są powodem szczególnie dużych obciążeń dynamicznych identyfikowanych jako poziom reakcji podłoża (GRF);
- H2. U zawodowych tancerzy baletowych występuje znacząca różnica gęstości kości (BMD) pomiędzy miejscami obciążanymi uderzeniowo (szyjka kości udowej i kręgosłup) i nieobciążanymi (przedramię). Przedramię jest najmniej zmineralizowanym obszarem ze wszystkich trzech zbadanych punktów kostnych;
- H3. Wartość GRF jest uwarunkowana ułożeniem segmentów w czasie pierwotnego kontaktu stopy z podłożem, a prędkość kątowna (ω) w poszczególnych stawach jest istotnym czynnikiem tego, jak mięśnie przebiegające nad tymi stawami są używane w procesie amortyzacji;
- H4. W grupie tancerzy z większym „otwarcie” definiowanym jako duża wartość zewnętrznej rotacji w stawie biodrowym (HER), „*turnout*” (TO) jest inicjowane głównie ze stawów biodrowych, a tym samym z mięśni rotatorów zewnętrznych bioder (mięśnie te będą wykazywały większą aktywność bioelektryczną);
- H5. Tancerze z mniejszą rotacją zewnętrzną w stawie biodrowym (HER) wymuszają „*turnout*”, angażując mięśnie poniżej bioder, a zatem mięśnie stawów kolanowych i stawów skokowych są bardziej aktywne w utrzymywaniu klasycznych pozycji baletowych;
- H6. Czwarta pozycja klasyczna jest pod względem biomechaniki najbardziej wymagająca technicznie dla aparatu ruchowego;
- H7. Kąt Clarke'a u tancerzy baletowych nie jest związany z czasem trwania kariery zawodowej oraz tygodniową ilością zajęć treningowych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowili tancerze zawodowi na różnych etapach kariery zawodowej. Łącznie zbadano 101 tancerzy, w tym 44 kompleksowo (gęstość kości, równowaga, wysklepienie stóp, rozkład ciśnień pod stopami). Wykorzystano 7 niżej opisanych metod badawczych, które przedstawiono także schematycznie na Ryc.1.



Ryc. 1. Schemat blokowy wykorzystanych metod badawczych w 6 artykułach stanowiących cykl publikacyjny dr Joanny Gorwy.

Do pomiaru przebiegów czasowych składowych sił reakcji podłoża oraz ich wielkości podczas lądowania w wybranych ewolucjach tańca klasycznego i współczesnego wykorzystano trójosiową platformę piezoelektryczną firmy KISTLER (typ 9261A) sprzężoną z komputerem PC poprzez 12-bitową i 16-kanalową kartę analogową AMBEX. Zgodnie z przyjętymi założeniami, przed kolejnymi seriami badań wzorcowano stosowany tor pomiarowy. Siły reakcji podłoża mierzono z błędem względnym dochodzącym do 0,5%. Natomiast czasy, przy siłach szybkozmiennych, mierzono z błędem bezwzględnym wynoszącym 1 ms lub, w przypadku przebiegów wolniejszych, 5 ms. Otrzymane dane prezentowano jako trzy składowe siły reakcji podłoża: składową pionową (GRFz), składową przednio-tylną (GRFy) oraz składową boczną (GRFx). Pomiar GRF rozpoczynano w chwili kontaktu stopy z podłożem, a kończono w momencie jej oderwania od podłoża. Techniczną poprawność wykonanych elementów oceniali obecni w laboratorium pedagodzy baletowi. Wartości GRF odniesiono do ciężaru ciała (BW) tancerzy wykonujących elementy choreograficzne.

Do pomiaru gęstości kości użyto aparatu LUNAR DPX. Dane były zbierane rano, przed treningiem tanecznym, w Pracowni Densytometrycznej Szpitala Ginekologiczno-Położniczego w Poznaniu. Zastosowano metodę absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego o podwójnej energii (DXA) (urządzenie Lunar DPX, General Electric, Madison, USA). Wszystkie pomiary wykonano zgodnie ze standardowym protokołem producenta. Oceniono gęstość kości w 33% długości dystalnego odcinka kości promieniowej (FA), w odcinku lędźwiowym L1 – L4 (LS) w projekcji przednio-tylnej oraz w okolicy szyjki kości udowej (FN). Podczas pomiarów kręgosłupa i szyjki kości udowej uczestnicy leżeli na plecach, a podczas skanowania przedramienia pozostawali w pozycji siedzącej. Zeskanowano kończyny niedominujące. Ten sam technik wykonał wszystkie skany. Wykazano, że krótkoterminowa powtarzalność metody DXA w laboratorium wynosi 1% dla kręgosłupa lędźwiowego, 1,5% dla szyjki kości udowej i 1,36% dla przedramienia. Dawki promieniowania wynosiły odpowiednio 37 μ Gy, 37 μ Gy i 2 μ Gy.

Otrzymane dane wyrażono jako wartości bezwzględne (g/cm^2) i wskaźniki Z-score. Ponieważ badano tylko uczestników w wieku poniżej 50 lat, Z-score został użyty jako względna miara gęstości kości do porównania tancerzy z grupami odniesienia tej samej płci, wieku i pochodzenia etnicznego oraz do porównania mierzonych obszarów ciała. Źródłem danych referencyjnych była baza danych USA Combine NHANES III/Lunar. Dodatkowo, na podstawie uzyskanych obrazów regionu kręgosłupa lędźwiowego, zdiagnozowano

obecność lub brak widocznych zmian zwyrodnieniowych w tym obszarze. Wszystkie skany DXA odcinka lędźwiowego kręgosłupa były oceniane wizualnie bezpośrednio na ekranie komputera przez tego samego odpowiednio przeszkolonego lekarza.

Do wizualnej rejestracji i analizy ruchu wykorzystano system APAS oraz BTS. W systemie APAS ruch badanych tancerzy rejestrowano za pomocą czterech kamer cyfrowych firmy Basler o częstotliwości próbkowania wynoszącej 200 Hz. Zarejestrowany przez kamery obraz przesyłany był do komputera, gdzie przy użyciu programu APAS dokonano obróbki filmów i wyznaczono położenia markerów rozmieszczonych na ciele badanych tancerzy. Ze względu na obszerność wykonywanych ewolucji tanecznych kamery zostały rozstawione w taki sposób, aby możliwe było dokładne wyznaczenie kinematyki miednicy oraz kończyny dolnej „lądującej” w trakcie ostatniej fazy skoku. Przyjęta liczba 10 markerów oraz ich rozmieszczenie (R MT – głowa kości śródstopia drugiego palca prawej kończyny, R HEEL – guz piętowy kończyny prawej, R LMAL – środek kostki bocznej prawej kończyny, R TIB – prawe podudzie, R LCON – nadkłykiec boczny lewej kości udowej, R THI – prawe udo, R GTRO – krętarz większy prawej kości udowej, L ASIS – lewy kolec biodrowy przedni, R ASIS – prawy kolec biodrowy przedni, SACR – L5S1) pozwoliły na wyznaczenie położenia środków stawów kończyny dolnej (KD), a następnie względnych przemieszczeń kątowych poszczególnych segmentów kończyny dolnej oraz miednicy, wg modelu Vaughana (Vaughan i wsp. 1992). Obliczenia te zostały wykonane przy wykorzystaniu autorskiego programu opracowanego w środowisku Matlab przez prof. PŚ dra Jacka Jurkojcia.

System BTS Smart D (BTS Bioengineering, Mediolan, Włochy), optoelektroniczny system rejestrowania ruchu współpracujący z oprogramowaniem BTS Smart Capture, był wykorzystany do zebrania danych trójwymiarowych dla kątów w poszczególnych stawach kończyn dolnych. Oceniano zewnętrzną rotację biodra (HER), zewnętrzną rotację kolana (KER) i kąt progresji stopy (FPA) między kierunkiem progresji a długą osią stopy. Próby zostały zarejestrowane przez 8 cyfrowych kamer na podczerwień o częstotliwości zapisu 200 Hz. Przyklejono dwustronnie 19 markerów odblaskowych (średnica: 20 mm), do anatomicznych punktów orientacyjnych, zgodnie z modelem Vaughan - Davis (Vaughan i wsp. 1992; Davis i wsp. 1991). Do punktów tych należały: kość krzyżowa między tylnymi górnymi kolcami biodrowymi, przednie górne kolce biodrowe, większy krętarz kości udowej, głowa kości strzałkowej, kostka boczna, pięta, głowa kości piątej śródstopia i znaczniki

na pasku na bocznej stronie uda i podudzia. Ten sam badacz był odpowiedzialny za rozmieszczanie markerów na każdej badanej osobie.

Do rejestracji czynności bioelektrycznej mięśni wykorzystano przewodowe urządzenie Telemyo 2400T G2 (Noraxon, USA) zgodne z MyoResearch XP. Użyto elektrod powierzchniowych i zastosowano oprogramowanie Master Edition. Sygnał EMG próbkowano z częstotliwością 1000 Hz, a następnie filtrowano (szerokość pasma 10 – 500 Hz) (Merletti, 1999). Badanych przygotowano i elektrody umieszczono zgodnie z zaleceniami SENIAM (Hermens i wsp. 2000). Przed umieszczeniem elektrod obszar skóry został oczyszczony alkoholem i ogolony w razie potrzeby. Parę powierzchniowych okrągłych elektrod Ag/AgCl (SORIMEX, Polska, średnica 1 cm) umieszczano w układzie bipolarnym wzdłuż osi podłużnej wybranych mięśni: prostownika grzbietu (ES), prostego brzucha (RA), pośladkowego wielkiego (GM), krawieckiego (SAR), piszczelowego przedniego (TA), strzałkowego (PER) i głowy przyśrodkowej brzuchatego łydki (GASM). Odległość między elektrodami (od środka do środka) wynosiła 3 cm. Prawidłowe umieszczenie potwierdzono ręcznym testem mięśni i wzrokową kontrolą surowego sygnału EMG. Elektrode uziemiającą umieszczono nad kolcem biodrowym tylnym górnym.

Do oceny równowagi, oceny rozkładu ciśnień pod stopami oraz parametrów odcisku stóp wykorzystano platformę Medicapteurs. Badania przeprowadzono za pomocą pedobarograficznego systemu pomiarowego. System składał się z wielopunktowej platformy przetwornika siły podeszwy PEL 38 z 1024 czujnikami i oprogramowania Twin 99 (Medicapteurs, Tuluz, Francja). Wymiary platformy wynosiły 515 mm × 445 mm, a wymiary obszaru aktywnego 320 mm × 320 mm (1024 czujniki, wymiary czujnika 10 mm × 10 mm). Przed przystąpieniem do testów oceniano niezawodność platformy poprzez pomiar nacisku od ciężaru, spowodowanego wypadkową siły przyciągania ziemskiego na blok modelowy, na całej powierzchni platformy. Następnie obliczono współczynniki korelacji wewnątrzklasowej. Zgodność pomiarów wyniosła 99,79, a zgodność 96,12. Częstotliwość próbkowania do pomiaru wynosiła 1000 Hz.

Do pomiarów biernej rotacji zewnętrznej stawu biodrowego (PHER), biernej rotacji wewnętrznej stawu biodrowego (PHIR), torsji piszczeli (TT), biernego całkowitego „turnout” (PTTO), oraz całkowitego aktywnego „turnout” (ATTO) wykorzystano klasyczny goniometr ręczny. Zgodnie z protokołem Coplana (2002) każdy badany był zrelaksowany, w pozycji leżącej na brzuchu, z kolanem zgiętym do 90°. Goniometr został umieszczony w guzowatości piszczeli. Jedno ramię goniometru zostało wyrównane z osią pionową, a drugie z kością

piszczelową. Wszystkie pomiary zbierał jeden badacz – fizjoterapeuta z 11 - letnim doświadczeniem. Każdy pomiar wykonano 3 razy, a średnią poddano dalszej analizie.

NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ

W pracy *Kinematic analysis of modern dance movement "stag jump" within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention* przedstawiono studium przypadku analizy kinematycznej skoku tańca współczesnego „stag jump”. Taniec współczesny generuje wiele potencjalnie niebezpiecznych sytuacji dla układu ruchu. Jednym z najistotniejszych czynników prowadzących do kontuzji są duże obciążenia dynamiczne (siły) o charakterze uderzeniowym, które występują głównie podczas lądowań. Szczegółowa analiza struktury kinematycznej tego ruchu wykonana przez tancerzy, połączona z pomiarami sił uderzenia podczas lądowania, pozwoliła zaplanować kolejne etapy badań wśród tancerzy zawodowych.

Okazało się, że: 1) w fazach lądowania (w fazie pracy ekscentrycznej mięśni związanej z amortyzacją) generowane są duże wartości składowej pionowej siły reakcji podłoża: 2,65-3,75 BW; 2) siły szczytowe (pik uderzenia) pojawiają się w bardzo krótkim czasie, co sprawia, że koordynacja i sterowanie takimi strukturami ruchu jest bardzo trudne; 3) siły te są przenoszone przez stosunkowo niewielką powierzchnię stóp tancerza; 4) występują różnice w wykonaniu skoku pomiędzy kobietą a mężczyzną. Dotyczą one wartości kątów stawowych kończyny dolnej i miednicy oraz kąta natarcia stopy w stosunku do podłoża i poziomu pionowych składowych reakcji podłoża. Biorąc pod uwagę wartość składowej pionowej siły reakcji podłoża GRF_z , określono, że aparat ruchu podlega bardzo dużym obciążeniom uderzeniowym, a właściwe opanowanie techniki ruchu jest niezwykle ważne dla minimalizacji kontuzji.

W pracy *Decreased bone mineral density in forearm vs loaded skeletal sites in professional ballet dancers* sprawdzono różnice w gęstości mineralnej kości (BMD) w obciążanych i nieobciążanych miejscach szkieletu u profesjonalnych tancerzy baletowych. Co ciekawe, wysoka wartość sił pionowych uderzeniowych, zdefiniowanych w pracy omawianej powyżej, jest identyfikowalna w aparacie ruchowym tancerzy jako wysoka wartość zmineralizowania szyjek kości udowych (FN) i kręgosłupa (LS), przy jednoczesnej diagnostyce zmian zwyrodnieniowych w odcinku lędźwiowym.

Tancerze płci męskiej mieli istotnie wyższe niż tancerki bezwzględne wyniki gęstości kości w obszarach szyjki kości udowej, kręgosłupa lędźwiowego oraz przedramienia. Względne (Z-score) wartości dla przedramienia nie różniły się istotnie między tancerzami płci męskiej i żeńskiej ($\eta^2 < 0,01$). Wyniki Z-score dla kręgosłupa i szyjki kości udowej były istotnie wyższe u mężczyzn niż u kobiet. Odsetek tancerzy z obniżoną gęstością kości w regionie przedramienia (Z-score $< -2,0$) i ze zmianami zwyrodnieniowymi w odcinku lędźwiowym kręgosłupa był bardzo wysoki (86 – 100%) i podobny u mężczyzn i kobiet. Bezwzględna i względna wartość gęstości kości różniły się istotnie między obszarami. Bezwzględna wartość gęstości kości w przedramieniu była niższa niż w kręgosłupie lędźwiowym i szyjce kości udowej zarówno u tancerzy płci męskiej, jak i żeńskiej, podczas gdy bezwzględna wartość gęstości kości nie różniła się między kręgosłupem i szyjką kości udowej.

Zarówno w przypadku mężczyzn, jak i kobiet, wyniki Z-score dla przedramienia były znacznie niższe niż Z-score dla kręgosłupa i szyjki kości udowej. Zaobserwowano niezwykle wysoki odsetek tancerzy z obniżoną gęstością kości (Z-score $< -2,0$) przedramienia (85% u mężczyzn i 91% u tancerek), podczas gdy u żadnego tancerza nie stwierdzono obniżenia gęstości kości szyjki kości udowej i kręgosłupa lędźwiowego. Podsumowując: 1) mineralizacja kości jest znacznie gorsza w przedramieniu niż w miejscach obciążanych; 2) zarówno mężczyźni, jak i kobiety przez cały okres trwania kariery mają niską gęstość mineralną kości przedramienia w porównaniu z ogólną populacją; 3) mężczyźni nie są chronieni przed obniżoną gęstością kości w obszarach nieobciążanych pomimo braku negatywnych czynników typowych dla tancerek, wynikających z zaburzeń cykli menstruacyjnych.

W pracy *Is it possible to reduce loads of the locomotor system during the landing phase of dance figures? Biomechanical analysis of the landing phase in Grand Jeté, Entrelocé and Ballonné* określono parametry biomechaniczne wpływające na obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego podczas amortyzacyjnej fazy lądowania w “grand jeté”, “entrelocé” i “ballonné”. Średnia maksymalna wartość reakcji sił podłoża (GRF) w stosunku do masy tancerza klasycznego wyniosła 8.16 ± 1.37 BW. Zidentyfikowano, że podczas lądowania na stawy kończyny dolnej działają zewnętrzne momenty sił o dużych wartościach (staw skokowy $3,04 \pm 0,54$ Nm/BW, staw kolanowy 7.56 ± 5.53 Nm/BW, staw biodrowy 10.97 ± 6.80 Nm/BW). Maksymalne wartości momentów sił zewnętrznych w stawach były silnie ujemnie skorelowane z wartością kąta w stawie biodrowym w momencie pierwszego

kontakty z podłożem. Zauważono, że uzyskanie maksymalnej wartości siły reakcji podłoża poprzedzał spadek energii kinetycznej o około 50%. Można było zatem wyznaczyć czynniki wpływające na występujące obciążenia w układzie mięśniowo-szkieletowym podczas amortyzacji skoku. Są to wartości GRF, wartości siły zewnętrznej generowanej wewnątrz stawów i zmiany wartości energii kinetycznej. Na bezpieczną amortyzację po wylądowaniu wpływa prawidłowe ustawienie kończyny w momencie pierwszego kontaktu z podłożem, większy zakres ruchów w stawach i dłuższy czas od momentu pierwszego kontaktu z podłożem do uzyskania maksymalnej wartości siły.

Najważniejsze ustalenia z tej pracy są następujące: 1) podczas lądowania w stawach kończyny dolnej lądującej powstają momenty siły zewnętrznych o dużej wartości – są one większe od wartości wyznaczanych w pomiarach momentów siły mięśniowej w warunkach izometrycznych; 2) maksymalne wartości momentów w stawie skokowym są silnie dodatnio skorelowane z wartością kąta w stawie skokowym w chwili pierwszego kontaktu z podłożem; 3) maksymalne wartości momentów od siły zewnętrznej w stawie kolanowym i biodrowym są silnie ujemnie skorelowane z wartością kąta w stawie biodrowym w chwili pierwszego kontaktu z podłożem; 4) maksymalna wartość momentu w stawie skokowym jest silnie ujemnie skorelowana z kątem w stawie skokowym w chwili osiągnięcia maksymalnej wartości pionowej składowej siły reakcji podłoża; 5) brak jest znaczącej korelacji pomiędzy wartościami reakcji podłoża a wartościami momentów siły generowanych w stawach kończyny dolnej lądującej.

W artykule *On the track of the ideal turnout: Electromyographic and kinematic analysis of the five classical ballet positions* określono różnice zmiennych elektromiograficznych i kinematycznych w pięciu podstawowych pozycjach baletowych (CPs) u uczennic ogólnokształcącej szkoły baletowej, odznaczających się większą i mniejszą wartością biernej rotacji zewnętrznej stawu biodrowego (HER, w żargonie tancerzy tzw. „otwarcie”).

Różnice w parametrach kinematycznych między grupami ujawniły się w pozycjach asymetrycznych: pozycji czwartej oraz pozycji piątej klasycznej. W grupie z mniejszą wartością zewnętrznej rotacji w stawach biodrowych, mięśnie rotujące stawy skokowe i mięśnie pleców były bardziej zaangażowane we wszystkich pięciu pozycjach baletowych, podczas gdy mięśnie brzucha i bioder mniej w porównaniu z grupą z większą wartością zewnętrznej rotacji w stawach biodrowych. To odkrycie sugeruje, że w grupie z mniejszą wartością „otwarcia” tancerki stosują mechanizm wymuszonego „turnout”, tzn. „wykręcają”

ją z poziomu kończyn dolnych poniżej stawów kolanowych. Potwierdził to fakt występowania w obu grupach badanych różnych wzorców elektromiograficznych przy podobnych wartościach parametrów kinematycznych. Wszyscy badani byli w stanie wykonać zadania ruchowe w postaci stania w pięciu pozycjach klasycznych, jednak przy różnym poziomie zaangażowania „bioelektrycznego” aktonów mięśniowych. Podsumowując: 1) istnieją statystycznie istotne różnice w aktywności mięśni pomiędzy porównywanymi grupami badanych tancerek w każdej z pięciu klasycznych pozycji baletowych; 2) mniejsza bierna rotacja zewnętrzna stawu biodrowego jest związana ze specyficznym mechanizmem wymuszania pozycji baletowych, który można zaobserwować w badaniu elektromiograficznym i zmiennych kinematycznych.

W badaniu opisanym w artykule *Which of the five classical ballet positions is the most demanding for the dancer's body? An electromyography-based study to determine muscular activity* zidentyfikowano najbardziej wymagającą dla ciała tancerza pod względem biomechaniki pozycję baletową. Trudność pozycji oceniano na podstawie aktywności mięśni, wartości rotacji zewnętrznej w stawach biodrowych, wartości kątowych progresji stopy oraz nachylenia (pochylenia) miednicy w płaszczyźnie strzałkowej.

Najważniejsze ustalenia tej pracy to: 1) pozycje symetryczne (pierwsza i druga) nie były tak wymagające dla układu ruchu, jak asymetryczne (szczególnie dwie z nich: czwarta i piąta); 2) w pozycji drugiej zauważono wyższe niż w pozycji pierwszej wartości rotacji zewnętrznej bioder i stóp bez zwiększonej wartości czynności elektrycznej mięśni; 3) pozycja trzecia nie wywoływała większej aktywności grup mięśni bioder lub stóp niż pozycje czwarta i piąta; 4) pozycja czwarta klasyczna charakteryzowała się największym pochyleniem do przodu miednicy i najmniejszą aktywnością mięśni pośladkowych wielkich w przedniej kończynie dolnej; 5) w pozycji piątej przednia kończyna dolna wykazywała się większą aktywnością mięśni podtrzymujących stopę niż w pozostałych pozycjach; 6) pod względem biomechaniki, dla aparatu ruchowego, najbardziej wymagającą pozycją baletu klasycznego jest pozycja czwarta.

Kolejny problem badawczy przedstawiono w pracy *In pursuit of the perfect dancer's ballet foot. The footprint, stabilometric, pedobarography parameters of professional ballet dancers*. Oceniano w niej parametry odcisku stopy, takie jak kąt Clarke'a i indeks Wejsfloga, w grupie baletowej tancerzy oraz korelację tych parametrów z lateralizacją, parametrami stabilometrycznymi i pedobarograficznymi oraz czynnikami środowiska pracy. Te ostatnie

zostały zdefiniowane jako: całkowity trening tańca podany w latach, profesjonalny trening tańca również w latach i liczba godzin treningu.

Główne ustalenia z tego badania są następujące: 1) tancerze zawodowi charakteryzują się większym, istotnym statystycznie, wysklepieniem podłużnym stóp, identyfikowanym jako wartość kąta Clarke'a oraz wyraźnie lepszymi parametrami stabilometrycznymi (długość ścieżki centrum nacisku stóp (CoP), pole powierzchni elipsy, prędkość w kierunku X i Y) niż grupa kontrolna; 2) istnieje statystycznie istotny związek pomiędzy parametrami odcisku stóp a parametrami stabilometrycznymi jedynie u grupy kontrolnej, takiej relacji nie ma w grupie tancerzy zawodowych; 3) parametry odcisku stóp u artystów nie mają związku z uwarunkowaniami środowiska pracy; 4) płaskostopie poprzeczne definiowane jako wartość wskaźnika Wejsfloga poniżej 2,5 występuje u 21% tancerzy zawodowych.

DYSKUSJA

Cykl powiązanych ze sobą tematycznie publikacji wskazuje na związki przyczynowo-skutkowe w postaci zidentyfikowanych czynników fizycznych (wielkość sił reakcji podłoża, liczba lat całkowitego życiowego treningu tańca, liczba godzin tygodniowego treningu tańca, konieczność osiągnięcia pozycji statycznych) oraz odpowiedzi adaptacyjnej układu ruchu na nie (gęstość kości, zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa, zakresy ruchu w stawach, budowa stóp, parametry równowagi, czynności elektryczne mięśni). Aspekt ten stanowił do tej pory niezbadaną od strony biomechanicznej sferę. Nie spotkano dotychczas opracowania, które zweryfikowałoby w kompleksowy sposób wpływ obciążeń zewnętrznych, w ujęciu biomechanicznym, na aparat ruchu tancerzy zawodowych.

Zaprezentowane badania pozwoliły na oszacowanie GRF podczas lądowań w tańcu zawodowym. Wymóg wykonywania każdego ruchu tanecznego ściśle według ustalonych technik znacznie ogranicza zdolność do prawidłowego wchłaniania uderzenia podczas lądowania. Dlatego tak ważne jest zdefiniowanie najlepszego sposobu amortyzacji, uwzględniając zarówno aspekt biomechaniczny, jak i estetyczny. Skuteczna amortyzacja sił reakcji podłoża w fazie lądowania jest, w świetle wyników moich badań, możliwa poprzez wydłużenie czasu trwania kontaktu stopy z podłożem, czyli opóźnienie położenia pięty. Wiąże się to z pozostawianiem całego ciała w ruchu np. poprzez obniżenie ogólnego środka ciężkości, a także poprzez wykorzystanie amortyzacji w stawie kolanowym.

Do prawidłowej amortyzacji potrzebna jest chwilowa dezaktywacja (rozluźnienie) mięśni. Jak pisze Laws (1986), gdy tylko następuje pierwszy kontakt palców stopy z podłożem, stopa zaczyna zginać się grzbietowo z użyciem mięśni opóźniających to zgięcie, aby zamortyzować lądowanie. Jeżeli amortyzacja jest efektywna, prędkość pięty i kostki zostanie zmniejszona do zera, gdy pięta osiągnie podłogę. Jeśli napięcie mięśni podczas lądowania nie jest dokładnie kontrolowane, pięta nie dotknie podłogi, co powoduje większą wartość sił uderzeniowych i nieefektywną amortyzację.

Prawidłowo technicznie wykonany skok klasyczny zawiera tzw. „balon”. Jest to zdolność artysty do zachowania w powietrzu pozy i położenia właściwego danej figurze (Vaganowa, 2015). Zazwyczaj na tzw. „elewacji”, czyli wzlocie oraz właśnie „balonie” skupiają się wysiłki pedagogów i tancerzy. W moich pracach analizuję fazę lądowania po skoku. Jakkolwiek w wyrazie artystycznym ten etap nie jest najważniejszy, to dla zdrowia tancerza jest kluczowy (Jarvis i Kulig 2016). Większość wypadków w pracy tancerza zawodowego ma właśnie miejsce w tej fazie (Allen i wsp. 2012; Moita i wsp. 2017). Z moich badań oceniających kinematykę i dynamikę skoków wynika, że przy takim samym wyrazie artystycznym oraz pozytywnej ocenie pedagoga baletowego pionowa składowa wartości siły reakcji podłoża może mieć różną wartość dla tego samego artysty.

Badania wykazały duże wartości momentów sił zewnętrznych działających na poszczególne stawy kończyny dolnej lądującej. Właściwie są one wyższe od wartości wyznaczanych w pomiarach momentów w warunkach izometrycznych (Gorwa i wsp. 2017). Te momenty od sił zewnętrznych, działające na stawy pochodzące od sił reakcji podłoża oraz sił bezwładności nie są równoważone tylko przez aparat mięśniowy, ale w bardzo dużym stopniu przez struktury okołostawowe oraz kostne. Może to wskazywać na znaczne przeciążenia tych struktur. Tym samym potwierdzono hipotezę H1. mówiącą, że skoki, jako elementy tańca zawodowego, są powodem szczególnie dużych obciążeń dynamicznych. Ta analiza wyjaśnia fakt istnienia zmian zwyrodnieniowych w odcinku lędźwiowym kręgosłupa u większości tancerzy klasycznych oraz wysoki poziom zmineralizowania szyjki kości udowych.

Różnica wartości energii kinetycznej pomiędzy tym samym elementem choreograficznym wykonanym w dwu różnych stylach (w stylu klasycznym i stylu modern) to jedna z przyczyn zwiększonego obciążenia układu ruchowego tancerzy klasycznych. Kiedy składowa pionowa siły reakcji podłoża osiąga swój szczyt, uda i łydki przyjmują prawie pionowe pozycje. Wartość siły reakcji podłoża jest uwarunkowana ułożeniem segmentów

w czasie pierwotnego kontaktu stopy z podłożem, a prędkość kątowna (ω) w poszczególnych stawach istotnie wpływa na to, jak w procesie amortyzacji używane są mięśnie przebiegające nad tymi stawami. Potwierdzono w ten sposób hipotezę H3. Prowadzi to także do tezy, że gdy na kończynę dolną działają największe obciążenia, to są to głównie siły ściskające, w stosunku do których kości długie kończyn dolnych mają najlepszą wytrzymałość w kierunku wzdłużnym. Okazuje się, że tak wysoki poziom sił uderzeniowych mobilizuje układ kostny do dużej mineralizacji w rejonach szyjek kości udowych.

Jedną z moich kolejnych obserwacji naukowych jest fakt lokalnego działania wcześniej zidentyfikowanych sił uderzeniowych u tancerzy baletowych. Poziom sił reakcji podłoża przekraczający realnie nawet dziesięciokrotnie ciężar ciała tancerza, niejako zmusza aparat kostny do „odkładania” minerałów w obszary aparatu ruchu bezpośrednio zaangażowane w amortyzację, czyli szyjki kości udowych oraz odcinek lędźwiowy kręgosłupa. I odwrotnie – obszary aparatu ruchowego nie poddane bezpośrednio siłom uderzeniowym, takie jak kość promieniowa przedramienia, wykazują niski, poniżej przeciętnego, poziom zmineralizowania. Potwierdzono tym samym hipotezę H2: u zawodowych tancerzy baletowych występuje znacząca różnica gęstości kości (BMD) pomiędzy miejscami obciążanymi uderzeniowo (szyjka kości udowej i kręgosłup) i nieobciążanymi (przedramię). Przedramię jest najmniej zmineralizowanym obszarem ze wszystkich trzech zbadanych punktów kostnych.

Trening taneczny obejmujący techniki o dużym oddziaływaniu odbywany w dzieciństwie, okresie dojrzewania i młodości powinien zasadniczo poprawić masę i gęstość kości (Bellew i Gehrig, 2006; Nowak i wsp. 2010; Zanker i wsp. 2004) oraz wspierać utrzymanie jej po zakończeniu intensywnej kariery (Zanker i wsp. 2004). Jednak brak zewnętrznych obciążeń kończyn górnych w treningu tanecznym powoduje słabą mineralizację kości przedramienia u młodych tancerzy i będzie się utrzymywać. Reżim ciężkiego treningu wydaje się czynnikiem powodującym zmniejszenie gęstości kości przedramienia. Nawet najbardziej obciążone regiony kości są zagrożone stopniowym obniżaniem mineralizacji wraz z czasem trwania kariery zawodowej i kolejnymi godzinami cotygodniowego treningu, jak wykazano u tancerzy płci męskiej.

W tej grupie zawodowej występuje także przewlekła nierównowaga metaboliczna między podażą a zapotrzebowaniem na energię w diecie. Upraszczając, tancerze są przetrenowani i niedożywieni. U dobrze wytrenowanych biegaczy długodystansowych ujemny bilans energetyczny związany z wysiłkiem, trwający tylko przez trzy dni, skutkowało znacznym spadkiem syntezy markerów kościotworzenia bez zmiany markerów resorpcji kości (Zanker

i Swaine, 2000). Prawdopodobnie ten mechanizm powoduje zaburzenia w obrocie kostnym u tancerzy baletowych, prowadząc do utraty masy kostnej w miejscach nieobciążanych, zwłaszcza, że u tej grupy czas podejmowanego wysiłku jest znacznie dłuższy. Wykonane przeze mnie badania sugerują, że organizm rozwija metaboliczny mechanizm obronny polegający na lokowaniu minerałów pochodzących z pożywienia w obciążanych miejscach szkieletu kosztem niedoboru minerałów w miejscach nieobciążanych. Zatem mamy do czynienia z ewidentną odpowiedzią biernego aparatu ruchu na lokalne działanie sił uderzeniowych

Jak jest jednak z układem ruchu czynnym? Czy podobne mechanizmy można zaobserwować na poziomie mięśniowym? Okazuje się, że tancerki z większą bierną wartością zewnętrznego rotacji w stawach biodrowych częściej niż grupa z mniejszą wartością rotacji inicjowały osiągnięcie właściwych pozycji tanecznych w stawach biodrowych oraz angażowały mięśnie brzucha we wszystkich pozycjach klasycznych. Mięśnie brzucha stabilizują tułów i ograniczają przednie pochylenie miednicy, które jeśli jest przesadne, jest niekorzystne w „*turnout*” (Woodhull-McNeal i wsp. 1990). Świadczy to o poprawności technicznej osiągniętych pozycji baletowych w tej grupie. Potwierdzono tym samym hipotezę H4, która mówiła, że: w grupie tancerzy z większym „otwarcie” definiowanym jako duża wartość zewnętrznego rotacji w stawie biodrowym (HER), „*turnout*” (TO) jest inicjowane głównie ze stawów biodrowych, a tym samym z mięśni rotatorów zewnętrznych bioder (mięśnie te będą wykazywały większą aktywność bioelektryczną)

Najbardziej zaskakującym odkryciem w badaniu dotyczącym aktywności bioelektrycznej mięśni u tancerzy było to, że różne wzorce EMG są obserwowane między obiema grupami (grupą z mniejszą HER i większą HER) we wszystkich klasycznych pozycjach, przy czym różnice kinematyczne są widoczne tylko w pozycjach asymetrycznych (trzeciej, czwartej i piątej). W grupie o mniejszej rotacji w stawach biodrowych mięśnie takie jak prostowniki kręgosłupa, piszczelowy przedni i strzałkowy były bardziej zaangażowane w pozycjach klasycznych, natomiast mięsień prosty brzucha i mięsień pośladkowy wielki – mniej, w porównaniu z grupą o większej rotacji.

To odkrycie sugeruje, że w grupie z mniejszą wartością biernej rotacji zewnętrznej w stawach biodrowych stosowany jest mechanizm wymuszonego, wykręcanego od podłoża „*turnout*” (Sherman i wsp. 2014). Potwierdzono tym samym hipotezę H5: tancerze z mniejszą rotacją zewnętrzną w stawie biodrowym (HER) wymuszają „*turnout*”, angażując

mięśnie poniżej bioder, a zatem mięśnie stawów kolanowych i stawów skokowych są bardziej aktywne w utrzymywaniu klasycznych pozycji baletowych.

Różnice kinematyczne między grupami wykazano w pozycjach asymetrycznych (trzeciej, czwartej i piątej).

Kolejnym ważnym spostrzeżeniem jest fakt, iż ocena „*turnout*” na podstawie tylko parametrów kinematycznych, bez EMG jest niepełna i nie przesądza o technicznej poprawności klasycznych pozycji. Moje badania sugerują, że należy oceniać nie tylko pierwszą pozycję klasyczną – najczęściej poddawaną analizie w pracach naukowych – ponieważ, jak udowodniono, różnice kinematyczne mogą być widoczne dopiero w pozycjach asymetrycznych, np. w pozycji klasycznej czwartej, która jest najbardziej obciążająca dla układu ruchu tancerza. W tejże pozycji, pomimo występowania większej aktywności elektrycznej badanych mięśni, jest mniejsza rotacja zewnętrzna bioder i kąta progresji stóp, a ustawienie pochylenia miednicy w przód – większe. Ten stopień trudności wykonania pięciu klasycznych pozycji baletowych zidentyfikowano po raz pierwszy w literaturze naukowej dzięki zastosowaniu dwóch systemów pomiarowych – elektromiografii powierzchniowej oraz analizie ruchu, potwierdzając tym samym hipotezę H6: czwarta pozycja klasyczna jest pod względem biomechaniki najbardziej wymagająca technicznie dla aparatu ruchowego.

Podobnie jak „*turnout*”, który jest bazą poprawnie wykonanych pozycji baletowych, tak stopa o odpowiednio wysokim łuku jest fundamentem estetyki w tańcu, szczególnie w „*en pointé*” (staniu na palcach). Uzyskane wyniki badań sugerują, że wysoki łuk stopy jest najprawdopodobniej wrodzony i można go tylko nieznacznie zwiększyć poprzez ćwiczenia. Nie ma sensu zatem nadmierne ćwiczenie stóp (takie tendencje są w środowisku często obserwowane), aby uzyskać optymalne, wymagane w tańcu wysklepienie. Przypuszczać należy, że wysokie wartości kąta Clarke’a, które odnotowano w grupie tancerzy, są najprawdopodobniej efektem selekcji do szkół baletowych oraz dziedziczenia, a nie praktyk i ćwiczeń. Występowanie bardzo mocno wysklepionej stopy (kąta Clarke’a powyżej 55°) i płaskostopia (kąta Clarke’a poniżej 30°) u tancerzy baletowych nie jest związane z całkowitym i zawodowym czasem trwania kariery oraz tygodniowym obciążeniem treningowym, co potwierdziło hipotezę H7.

Chęć odnalezienia podczas selekcji do szkół posiadaczy bardzo wysokiego łuku stopy, prowadzi do wyboru tancerzy mających rodzaj stopy, który nie będzie w stanie sprostać ogromnym wymaganiom technicznym tańca klasycznego (Simmel, 2013). Typ „*pes cavus*” to nadmiernie wysklepiona stopa. Przy bardzo wysokim podbiciu może dochodzić

do skrócenia rozciągnięta podeszwy. Dysfunkcja tej struktury będzie mieć wpływ na ścięgno Achillesa, mięśnie łydki, mięśnie tylnej części uda, a nawet na dolne partie kręgosłupa, podobnie jak na występowanie palucha koślawego, które jest powiązane z występowaniem deformacji kręgosłupa, ułożeniem kończyn dolnych i zakresem ruchu w stawie skokowym (Steinberg i wsp. 2015).

Mocne strony wykonanych przez mnie badań, to przede wszystkim: 1) szeroki zakres wykorzystanych metod; 2) unikatowość i kompleksowość analiz; 3) duża grupa badanych tancerzy; 4) zastosowanie grupy porównawczej do pomiaru równowagi oraz parametrów odcisków stóp; 5) duży potencjał aplikacyjny i 6) cztery zupełnie nowe obserwacje: zdiagnozowanie osteopenii w kościach promieniowych tancerzy zawodowych przy jednoczesnym wysokim stanie zmineralizowania szyjek kości udowych, lokalne działanie sił uderzeniowych na ciało tancerza, wyjaśnienie mechanizmu nieprawidłowego osiągnięcia pięciu pozycji baletowych przez tancerzy z mniejszą wartością zakresów ruchu w stawach biodrowych oraz zidentyfikowanie najbardziej obciążającej aparat ruchu tancerza pozycji baletowej.

WNIOSKI

W prezentowanych badaniach zidentyfikowano parametry definiujące obciążenia biomechaniczne układu ruchu tancerzy zawodowych. Jest to pierwsze tego typu opracowanie, zawierające kompleksowość analiz praktyczno - zawodowych oraz naukowych, z którego sformułowano następujące wnioski:

1. Skoki, jako elementy tańca zawodowego, są powodem szczególnie dużych obciążeń dynamicznych. Wielkość sił reakcji podłoża może dochodzić nawet do 11 BW (jedenastokrotna wartość ciężaru ciała badanej osoby).
2. U zawodowych tancerzy baletowych obserwowana jest znacząca różnica w gęstości kości pomiędzy miejscami obciążanymi uderzeniowo w układzie kostnym (szyjka kości udowej i kręgosłup) i nieobciążanymi (przedramię). Przedramię wykazuje skrajnie niskie zmineralizowanie (osteopenię) przy jednoczesnym ponadnormatywnym zmineralizowaniu szyjki kości udowej i kręgosłupa lędźwiowego.
3. Wartość siły reakcji podłoża jest uwarunkowana ułożeniem segmentów w czasie pierwotnego kontaktu stopy z podłożem, a prędkość kątowa (ω) w poszczególnych

stawach istotnie wpływa na to, w jakim stopniu mięśnie przebiegające nad tymi stawami są używane w procesie amortyzacji. Im wyższa wartość średniej prędkości kątowej w stawie, tym większe zaangażowanie określonych aktonów przebiegających w nim nad osią obrotu.

4. W grupie tancerzy z większym tzw. „otwarcie” definiowanym jako duża wartość zewnętrznej rotacji w stawie biodrowym, „*turnout*” jest osiągnięte głównie z bioder, a tym samym z mięśni rotatorów zewnętrznych bioder (pod względem zaangażowania wykazują one większą aktywność bioelektryczną).
5. Grupa tancerzy z mniejszą wartością zewnętrznej rotacji w stawie biodrowym (HER) wymusza „*turnout*”, angażując mięśnie poniżej bioder, mięśnie kolan i kostek. W obrazie sygnału EMG ww. mięśnie są bardziej aktywne w utrzymywaniu klasycznych pozycji baletowych.
6. Czwarta pozycja klasyczna jest pod względem biomechanicznym najbardziej wymagającą technicznie dla aparatu ruchowego tancerzy.
7. Kąt Clarke'a u tancerzy baletowych nie jest związany z całkowitym zawodowym czasem trwania kariery zawodowej oraz tygodniową ilością ćwiczeń.

IMPLIKACJE PRAKTYCZNE

Uzyskane wyniki mogą przyczynić się do odpowiedniego motorycznego i merytorycznego przygotowania tancerzy do wykonywania zawodu oraz uświadomieniu środowisku baletowemu skalę obciążeń biomechanicznych, z którymi wiąże się zawodowy taniec.

W oparciu o wszystkie uzyskane przeze mnie wyniki prowadzone są dalsze prace i treningi praktyczne we współpracy z zespołami baletowymi, choreografami i nauczycielami tańca. Opracowałam nowe metody szkoleniowe wykorzystujące metodykę i potencjał laboratorium biomechanicznego.

Przyjęta niedawno do *Acta of Bioengineering and Biomechanics* praca ***How to teach safe landing after the jump? The use of biofeedback to minimize the shock forces generated in elements of modern dance*** zawiera przygotowaną wraz z naukowcami z Politechniki Śląskiej autorską metodę treningową (Gorwa i wsp 2021). Ma ona na celu zapobieganie urazom i przeciążeniom fizycznym oraz podniesienie wiedzy tancerzy z zakresu biomechaniki i kinezylogii narządu ruchu w tańcu.

Reakcje w stawach są wypadkową sił zewnętrznych, sił mięśniowych działających wokół stawów oraz pozostałych struktur tkankowych. Wykazana w badaniach korelacja pomiędzy wartościami maksymalnymi wartości składowych pionowych siły reakcji podłoża a kątem stopy względem podłoża świadczy o tym, iż skuteczna amortyzacja zależy od siły mięśni tylnych łydki. Stąd też wynika praktyczna wskazówka dla tancerzy, aby wzmacniali tę grupę mięśni, gdyż odgrywa ona kluczową rolę w czasie lądowania.

Na podstawie wyników badań gęstości kości zalecono, aby 33% kości promieniowej był standardowym miejscem diagnostyki mineralizacji kości u profesjonalnych tancerzy na równi z dobrze zmineralizowaną szyjką kości udowej. Jakkolwiek ocena oparta wyłącznie na silnie obciążanych siłami uderzeniowymi miejscach kostnych, zwłaszcza wątpliwej diagnostycznie kręgosłupa lędźwiowego (zmiany zwyrodnieniowe), nie odzwierciedla w pełni stanu kostnego tancerzy baletowych. Dodatkowo wśród tancerzy zalecać należy diagnostykę i leczenie zaburzeń odżywiania się, edukację żywieniową, suplementację wapniem i witaminą D, ekspozycję na promieniowanie odpowiadające częstotliwości fal słonecznych (UVB) w okresie zimowym oraz wprowadzenie ćwiczeń oporowych kończyn górnych.

Identyfikując najtrudniejszą z pozycji baletowych, powinno się zmienić standardowo dotychczas przyjęty schemat nauczania tychże w kolejności od pierwszej do piątej i wprowadzać je zgodnie z poziomem trudności: najpierw pozycję drugą, potem pierwszą, a następnie trzecią, piątą i czwartą. Warto zaznaczyć, że procedurę tę można zastosować nie tylko w metodyce edukacyjnej tancerzy, ale także sportowców: łyżwiarzy figurowych, pływaków synchronicznych, gimnastyków akrobatycznych, gimnastyków rytmicznych.

Praktyczne wnioski wyciągnięte z badań parametrów odcisku stóp u tancerzy zawodowych sugerują, że podczas rekrutacji do szkół baletowych należy zwrócić uwagę na to, czy stopy kandydata są optymalnie wysklepione. Nie jest wskazane przyjmowanie dzieci z nadmiernie wysklepioną stopą, ponieważ zadania techniczne tańca klasycznego sprawią, że stopa taka będzie niestabilna biomechanicznie i narażona na częste kontuzje.

Niewątpliwie osobistym sukcesem jest wprowadzenie autorskich przedmiotów w nauczaniu tancerzy zawodowych na poziomie akademickim: kinezylogia tańca, podstawy biomechaniki tańca, laboratorium biomechaniki tańca i higiena układu ruchu tancerza w ujęciu biomechanicznym. Przedmioty te są wykładane na Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu na kierunku Taniec w Kulturze Fizycznej. Podstawy biomechaniki tańca znalazły się również na liście zajęć na kierunku Pedagogika Baletowa na Uniwersytecie Muzycznym F. Chopina w Warszawie.

Od 2014 roku, oprócz badań nad tancerzami klasycznymi i modern, na zaproszenie Zespołu Pieśni i Tańca „Śląsk” im. Hadyny, zaczęłam wdrażać podstawy biomechaniki oraz badania laboratoryjne dla tancerzy folklorystycznych. Od roku 2019 nawiązałam współpracę z trzema ośrodkami naukowymi w Hiszpanii, gdzie biomechanicznej analizie poddawane jest dziedzictwo kulturowe tego kraju – taniec flamenco.

PIŚMIENNICTWO

Allen N, Nevill A, Brooks J, Koutedakis Y, Wyon M (2012). Ballet injuries: Injury incidence and severity over 1 year. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(9), 781–790.

Ambegaonkar J, Caswell S (2009). Dance Program Administrators' Perceptions of Athletic Training Services. *Athletic Therapy Today*, 14(3), 17–19.

Amorim T, Koutedakis Y, Nevill A, Wuon M, Maia J, Machado JC, Marques F, Metsios GS, Flouris AD, Adubeiro N, Nogueira L, Dimitriou L (2017). Bone mineral density in vocational and professional ballet dancers. *Osteoporosis International*, 28, 2903–2912.

Amorim T, Wyon M, Maia J, Machado JC., Marques F, Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y (2015). Prevalence of low bone mineral density in female dancers. *Sports Medicine*, 45, 257–268.

Bacik B, Sobota G, Fredyk A, Juras G, Słomka K (2019). Postural sway during single-legged standing is dependent on the preceding and subsequent action and supports the stability and mobility trade-off hypothesis in classical dancers. *Sports Biomechanics*, 24 Jun, 1–14.

Bellew JW, Gehrig L (2006). A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters. *Pediatric Physical Therapy*, 18, 19–22.

Bronner S, Bauer N (2018). Risk factors for musculoskeletal injury in elite pre-professional modern dancers: A prospective cohort prognostic study. *Physical Therapy in Sport*, 31, 42–51.

Bronner S, Ojofeitimi S, Rose D (2003). Injuries in a modern dance company. Effects of comprehensive management on injury incidence and time loss. *American Journal of Sports Medicine*, 31, 365–373.

Bronner S, Wood L (2016). Impact of touring, performance schedule, and definitions on 1-year injury rates in a modern dance company. *Journal of Sports Sciences*, 35(21), 2093–2104.

Brown T, Micheli LJ (1998). Where artistry meets injury. *BioMechanics*, 9, 1–12.

Cohen JL, Segal KR, Witriol I, McArdle WD (1982). Cardiorespiratory responses to ballet exercise and the VO₂max of elite ballet dancers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14, 212–217.

Coplan JA (2002). Ballet dancer's turnout and its relationship to self-reported injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32, 579–584.

Cuesta A, Revilla M, Villa LF, Hernandez ER, Rico H (1996). Total and regional bone mineral content in Spanish professional ballet dancers. *Calcified Tissue International*, 58, 150–154.

Davis RB, Ounpuu S, Tyburski D, Gage JR (1991). A gait analysis data collection and reduction technique. *Human Movement Science*, 10(5), 575–87.

DeMann L (1997). Sacroiliac dysfunction in dancers with low back pain. *Manual Therapy*, 2(1), 2–10.

Doyle-Lucas AF, Akers JD, Davy BM (2010). Energetic efficiency, menstrual irregularity, and bone mineral density in elite professional female ballet dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 14(4), 146–54.

Duchter GT, Kukuljan S, Hill B, Garnham AP, Nowson CA, Kimlin MG, Cook J (2011). Vitamin D status and musculoskeletal health in adolescent male ballet dancers. A pilot study. *Journal of Dance Medicine & Science*, 15(3), 99–107.

Fietzer A, Chang L, Jen Y, Kulig K (2012). Dancers with patellar tendinopathy exhibit higher vertical and braking ground reaction forces during landing. *Journal of Sport Sciences*, 30(11), 1157–1163.

Fredyk A, Sobota G, Bacik B (2018). The influence of short term proprioception training onto stability of classical dancers. Conference: World Congress of Performance Analysis of Sport XII.

Gilbert CB, Gross MT, Klug KB (1998). Relationship between hip external rotation and turnout angle for the five classical ballet positions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(5), 339–348.

Gorwa J, Dworak LB, Michnik R, Jurkojć J (2014). Kinematic analysis of modern dance movement "stag jump" within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention. *Medical Science Monitor*, 20, 1643–1750.

Gorwa J, Kabaciński J, Murawa M, Mączyński J, Dworak LB (2017). Parametry wyskoku pionowego a wartości momentów siły mięśniowej kończyn dolnych tancerzy zawodowych. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 13, 21–28.

Gorwa J, Michnik R, Nowakowska K, Jurkojć J, Jochymczyk-Woźniak K (2019). Is it possible to reduce loads of the locomotor system during the landing phase of dance figures? Biomechanical analysis of the landing phase in Grand Jeté, Entrelacé and Ballonné. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4), 111–121.

Gorwa J, Michnik R, Nowakowska- Lipiec K (2021). How to teach safe landing after the jump? The use of biofeedback to minimize the shock forces generated in elements of modern dance. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 23(3), 1–27.

Gorwa J, Zieliński J, Wolanski W, Michnik R, Larysz D, Dworak LB, Kusy K (2019). Decreased bone mineral density in forearm vs loaded skeletal sites in professional ballet dancers. *Medical Problems of Performing Artists*, 34(1), 25–32.

Haight H.J (1998). Morphologic, physiologic, and functional interactions in elite female ballet dancers. *Medical Problems of Performing Artists*, 3, 4–13.

Hamilton L, Hamilton W, Meltzer J (1989). Personality, stress and injuries in professional ballet dancers. *American Journal of Sports Medicine*, 17, 263–267.

Hendry D, Campbell A, Ng L, Grisbrook TL, Hopper DM (2015). Effect of Mulligan's and Kinesio knee taping on adolescent ballet dancers knee and hip biomechanics during landing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 888–896.

Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 10(5), 361–74.

Jarvis DN, Kulig K (2016). Kinematic and Kinetic Analyses of the Toes in Dance Movements, *Journal of Sports Sciences*, 34(17), 1612–1618.

Keay N, Fogelman I, Blake G (1997). Bone mineral density in professional female dancers. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 143–147.

Konaszkiwicz Z (1994). *Tancerze polscy – praca zawodowa w ich życiu*. Wydawnictwo Akademii Muzycznej im. Fryderyka Chopina. Warszawa.

Kuennen MR (2007). Risk factors for bone mineral degradation in young female dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 11(4), 124–128.

Kulig K, Fietzer AL, Popovich JrJM (2011). Ground reaction forces and knee mechanics in the weight acceptance phase of a dance leap take-off and landing. *Journal of Sports Sciences*, 29(2), 125–131.

Kulig K, Oki K, Chang Y-J, Bashford GR (2014). Achilles and patellar tendon morphology in dancers with and without tendinopathy. *Medical Problems of Performing Artist*, 29(4), 221–228.

Laws K (1986). Physics and the potential for dance injury. *Medical Problems of Performing Artists*, 1(3), 73–79.

Leanderson J, Eriksson E, Nilsson C (1996). Proprioception in classical ballet dancers: a prospective study of the influence of an ankle sprain on proprioception in the ankle joint. *American Journal of Sports Medicine*, 24(5), 370–374.

Liederbach M (1984). Movement and function in dance. In: Brownstein B, Bronner S. *Evaluation, treatment and outcomes in orthopedic and sports physical*, 8, 253–310.

Malitowska A (1982). Wybrane parametry oraz ruchomość stóp uczennic Gdańskiej Szkoły Baletowej. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 4, 19–26.

Michalska J, Kamieniarz A, Fredyk A, Bacik B, Juras G, Słomka K.J (2018). Effect of Expertise in Ballet Dance on Static and Functional Balance. *Gait & Posture*, 64, 68–74.

Moita JP, Nunes A, Esteves J, Oliveira L, Xarez L (2017). The Relationship Between Muscular Strength and Dance Injuries. A Systematic Review, *Medical Problems of Performing Artists*, 32(1), 40–50.

Nechaev VA, Vasil'ev AI (2020). Diagnostic Imaging of Pathologic Changes in the Ankle Joint of Ballet Dancers (Literature Review). *GO*, 26, 137–140.

Negus V, Hopper D, Briffa NK (2005) Associations between turnout and lower extremity injuries in classical ballet dancers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35(5), 307–18.

Nicholas J, Grossman R, Hershman E (1977). The importance of a simplified classification of motion in sports in relation to performance. *Orthopedic Clinics of North America*, 8, 499–532.

Nowak A, Straburzyńska-Lupa A, Kusy K, Zieliński J, Felsenberg D, Rittweger J, Karolkiewicz J, Straburzyńska-Migaj E, Pilaczyńska-Szcześniak Ł (2010). Bone mineral density and bone turnover in male masters athletes aged 40-64. *Aging Male*, 13(2), 133–141.

Ojofeitimi S, Bronner S (2011). Effect of Comprehensive Management on Injury Incidence and Cost. *Journal of Dance Medicine & Science*, 15(3), 116–122.

Oral A, Tarakci D, Disci R (2006). Calcaneal quantitative ultrasound measurements in young male and female professional dancers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 572–578.

Rodrigues-Krause J, Krause M, Reischak-Oliveira A (2015). Cardiorespiratory considerations in dance: from classes to performances. *Journal of Dance Medicine & Science*, 19(3), 91–102.

Russell JA, McEwan IM, Koutedakis Y, Wyon MA (2008). Clinical Anatomy and Biomechanics of the Ankle in Dance. *Journal of Dance Medicine & Science*, 12, 75–82.

Sherman AJ, Mayall E, Tasker SL (2014). Can a prescribed turnout conditioning program reduce the differentia between passive and active turnout in pre-professional dancers? *Journal of Dance Medicine & Science*, 18(4), 159–68.

Simmel L (2013). Chapter 6: The Foot as a Base. In: *Dance Medicine in Practice: Anatomy, Injury Prevention, Training*, 1st ed.; Routledge: London.

Smol E, Fredyk A (2012). Supplementary Low-Intensity Aerobic Training Improves Aerobic Capacity and Does Not Affect Psychomotor Performance in Professional Female Ballet Dancers. *Journal of Human Kinetics*, 31, 79–87.

Steinberg N, Siev-Ner I, Zeev A, Dar G (2015). The Association between Hallux Valgus and Proximal Joint Alignment in Young Female Dancers. *International Journal of Sports Medicine*, 36, 67–74.

Vaganova A (2015). *Basic principles of classical ballet. Russian ballet technique*. 4th ed. New York: Dover Publications, Inc.

Vaughan C, Davis B, O'Connor J (1992) *Dynamics of human gait*. 2nd ed. Cape Town: Kiboho Publishers.

Warren MP, Brooks-Gunn J, Fox RP i wsp. (2002). Osteopenia in exercise associated amenorrhea using ballet dancers as a model: A longitudinal study. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87(7), 3162–3168.

Woodhull-McNeal AP, Clarkson PM, James R, Watkins A, Barrett S (1990). How linear is dancers' posture? *Medical Problems of Performing Artist*, 5(4), 151–4.

Wyon M (2005). Cardiorespiratory training for dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 9(1), 7–12.

Zanker CL, Osborne C, Cooke CB i wsp. (2004). Bone density, body composition and menstrual history of sedentary female former gymnasts, aged 20-32 years. *Osteoporosis International*, 15, 145–54.

Zanker CL, Swaine IL (2000). Responses of bone turnover markers to repeated endurance running in humans under conditions of energy balance or energy restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 83(4-5), 434–40.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

a) Staże naukowe

- Staż naukowy w Szwecji: **Jönköping University**, School of Health Science, **Linköping University** oraz **The Lundberg Motion Analysis Laboratory**, **Göteborg**, 30.09–11.10.2007.
- Krajowy tygodniowy staż naukowy w Katedrze Mechaniki Stosowanej w Zakładzie Mechaniki Ogólnej i Biomechaniki, **Politechnika Śląska, Gliwice**, 22–28.11.2007.
- Krajowy dwutygodniowy staż naukowy w Katedrze Biomechatroniki na Wydziale Bioinżynierii Medycznej, **Politechnika Śląska, Zabrze**, 23.01–03.02.2017.

b) Współpraca z hiszpańskim zespołem badawczym w składzie: Dr Vargas-Macias Alfonso, reprezentujący **Telethusa Centre for Flamenco Research, Cádiz, Spain**; **mgr Baena-Chicón Irene**, z ośrodków **Performing Arts Research Group, Murcia, Spain** i **Pepa Flores Professional Dance Conservatory, Málaga, Spain**; **dr Gómez-Lozano Stefano**, przedstawiciel **Performing Arts Research Group, Murcia, Spain** i **San Antonio Catholic University of Murcia, Spain**. Do tej pory opublikowano dwie prace, a w przygotowaniu są kolejne dwie. Warto zaznaczyć, że hiszpański zespół reprezentuje trzy różne ośrodki naukowe. Opublikowane prace powstały w wyniku realizacji grantu **Centro de Investigación Flamenco Telethusa, grant number PI/A1/2015**.

Wspólne publikacje:

1b) Forczek-Karkosz W, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Vargas-Macias A, Baena-Chicón I, Gómez-Lozano S, **Gorwa J** (2021). Biomechanical Description of Zapadeo Technique in Flamenco. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–14. DOI: 10.3390/ijerph18062905.

2b) Vargas-Macias A, Baena-Chicón I, **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Gómez-Lozano S, Forczek W (2021). Biomechanical Effects of Flamenco Footwork. *Journal of Human Kinetics*, 80, 7–20. DOI: 10.2478/hukin-2021-0086.

c) Współpraca z **prof. Manuela Galli** oraz **dr Matteo Zago** z **Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano, Milano, Italy**.

Wspólna publikacja:

1c) Murawa M, Fryzowicz A, Kabaciński J, Jurga J, **Gorwa J**, Galli M, Zago M (2020). Muscle activation varies between high-bar and low-bar back squat. *PeerJ* [June 8, 2020]: 8 ([e9256]). DOI: 10.7717/peerj.9256.

d) Współpraca z **prof. dr hab. med. Dawidem Laryszem** reprezentującym **Klinicę Chirurgii Głowy i Szyi Dzieci i Młodzieży, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski** oraz **Zakład Radioterapii Narodowego Centrum Onkologii, Gliwice**.

Wspólne publikacje:

1d) **Gorwa J**, Zieliński J, Wolański W, Michnik R, Larysz D, Dworak LB, Kusy K (2019). Decreased bone mineral density in forearm vs loaded skeletal sites in professional ballet dancers. *Medical Problems of Performing Artists*, 34(1), 25–32. DOI: 10.21091/mppa.2019.1006.

2d) Wolański W, Kawlewska E, Larysz D, Gzik M, **Gorwa J**, Michnik R (2019). Prediction of the Child's Head Growth in the First Year of Life. In: *VipIMAGE 2019*, 267-275. DOI: 10.1007/978-3-030-32040-9_28.

e) Współpraca z zespołem **Katedry Biomechatroniki, Politechniki Śląskiej** w składzie: **prof. dr hab. inż. Marek Gzik, dr hab. inż. Robert Michnik, dr hab. inż. Wojciech**

Wolański, dr inż. Katarzyna Jochymczyk-Woźniak, dr inż. Katarzyna Nowakowska-Lipiec, dr hab. inż. Jacek Jurkojć, dr inż. Sławomir Suchoń, dr inż. Michał Burkacki, dr inż. Edyta Kawlewska.

Wspólne prace:

- 1e) Michnik R, Jurkojć J, Dworak LB, **Gorwa J** (2009). Analiza kinematyki wybranych ruchów w tańcu klasycznym i współczesnym. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, Gliwice Politechnika Śląska-Katedra Mechaniki Stosowanej, 3, 155–160.
- 2e) **Gorwa J**, Michnik R, Jurkojć J, Dworak LB (2014). Kinematic analysis of modern dance movement "stag jump" within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention. *Medical Science Monitor*, 20, 1082–1089.
- 3e) Wolański W, Kawlewska E, Larysz D, Gzik M, **Gorwa J**, Michnik R (2019). Prediction of the Childs Head Growth in the First Year of Life. In: *VipIMAGE*, Cham: Springer, 267–275. DOI: 10.1007/978-3-030-32040-9_28.
- 4e) **Gorwa J**, Fryzowicz A, Michnik R, Jurkojć J, Kabaciński J, Jochymczyk-Woźniak K, Dworak LB (2019). Can We Learn from Professional Dancers Safe Landing? Kinematic and Dynamic Analysis of the grand pas de chat Performed by Female and Male Dancer. *Innovations in Biomedical Engineering*. Cham: Springer, 233–240. DOI: 10.1007/978-3-030-15472-1_25.
- 5e) Jochymczyk-Woźniak K, Nowakowska K, Michnik R, Gzik M, Wodarski P, **Gorwa J** (2019). Three-dimensional children gait pattern Reference data for healthy children aged between 7 and 17. *Information Technology in Biomedicine*. Cham: Springer, 589–601. DOI: 10.1007/978-3-319-91211-0_52.
- 6e) Wolański W, Burkacki M, Suchoń S, Gruszka J, Gzik M, Gieremek K, **Gorwa J** (2019). Does vibration affect upper limb during nordic walking? *Biomechanics in Medicine and Biology*. Cham: Springer, 276–284. DOI: 10.1007/978-3-319-97286-2_25.
- 7e) **Gorwa J**, Zieliński J, Wolański W, Michnik R, Larysz D, Dworak LB, Kusy K (2019). Decreased bone mineral density in forearm vs loaded skeletal sites in professional ballet dancers. *Medical Problems of Performing Artists*. 34(1), 25–32. DOI: 10.21091/mppa.2019.1006.
- 8e) **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska K, Jurkojć J, Jochymczyk-Woźniak K (2019). Is it possible to reduce loads of the locomotor system during the landing phase of dance figures? Biomechanical analysis of the landing phase in Grand Jeté, Entrelacé and

- Ballonné. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4), 111–121. DOI: 10.5277/ABB-01429-2019-02.
- 9e) Jochymczyk-Woźniak K, Nowakowska-Lipiec K, Zadoń H, Wolny S, Gzik M, **Gorwa J**, Michnik R (2020). Gait Kinematics Index, Global Symmetry Index and Gait Deviations Profile: Concept of a new comprehensive method of gait pathology evaluation. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 22(4), 61–73. DOI: ABB-01608-2020-03.
- 10e) Forczek-Karkosz W, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Vargas-Macias A, Baena-Chicón I, Gómez-Lozano S, **Gorwa J** (2021). Biomechanical Description of Zapadeo Technique in Flamenco. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–14. DOI: 10.3390/ijerph18062905.
- 11e) **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K (2021). In pursuit of the perfect dancer's ballet foot. The Footprint, stabilometric, pedobarography parameters of professional ballet dancers. *Biology*, 10(5), 435. DOI: 10.3390/biology10050435.
- 12e) Vargas-Macías A, Baena-Chicón I, **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Gómez-Lozano S, Forczek- Karkosz W (2021). Biomechanical Effects of Flamenco Footwork. *Journal of Human Kinetics*, 80, 7–20. DOI: 10.2478/hukin-2021-0086.
- 13e) **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska- Lipiec K (2021). How to teach safe landing after the jump? The use of biofeedback to minimize the shock forces generated in elements of modern dance. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 23(3), 1–27. DOI: 10.37190/ABB-01825-2021-02.
- f) Współpraca z **dr hab. Wandą Forczek-Karkosz z Akademii Wychowania Fizycznego, Kraków.**

Wspólne prace:

- 1f) Forczek-Karkosz W, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Vargas-Macias A, Baena-Chicón I, Gómez-Lozano S, **Gorwa J** (2021). Biomechanical Description of Zapadeo Technique in Flamenco. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–14. DOI: 10.3390/ijerph18062905.
- 2f) Vargas-Macías A, Baena-Chicón I, **Gorwa J**, Michnik R, Nowakowska-Lipiec K, Gómez-Lozano S, Forczek W (2021) Biomechanical Effects of Flamenco Footwork. *Journal of Human Kinetics*, 80, 7–20. DOI: 10.2478 / hukin-2021-0086.

5.3 Członkostwo w krajowych i międzynarodowych organizacjach i stowarzyszeniach naukowych.

Aktualnie jestem członkiem:

- Polskiego Towarzystwa Biomechanicznego,
- Polskiego Towarzystwa Leczenia Twarzy i Czaszki,
- The Telethusa Journal Scientific Committee w Hiszpanii.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

a) Osiągnięcia dydaktyczne:

- współpraca z Uniwersytetem Muzycznym im. F. Chopina w Warszawie obejmująca prowadzenie zajęć z podstaw biomechaniki tańca dla studentów kierunku Pedagogika Baletowa w latach 2013-2018 oraz wygłoszenie referatu na uroczystości obchodów 40-lecia kierunku, 26 maja 2013 r.;
- współpraca z Instytutem Muzyki i Tańca – wizyta przedstawiciela IMiTu w Zakładzie Biomechaniki AWF w Poznaniu, luty 2013 r.;
- współpraca z Zespołem Baletu Narodowego w Warszawie, grudzień 2013 r.;
- współpraca z Ministerstwem Pracy i Polityki Społecznej – wykład dla przedstawicieli związków zawodowych, kierowników zespołów baletowych oraz tancerzy zawodowych, 9 grudnia 2013 r.;
- współpraca z Polskim Teatrem Tańca Baletem Poznańskim: cztery 5-godzinne wykłady: luty i czerwiec 2013 r. oraz 12-13 czerwca 2014 r.;
- współpraca z Zespołem Pieśni i Tańca „Śląsk” im. Stanisława Hadyny, obejmująca szkolenie z zakresu BHP układu ruchu tancerzy zawodowych, przeprowadzenie badań biomechanicznych oraz ankietowych, 2014 r. – nadal;
- prowadzenie zajęć dydaktycznych w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Lesznie oraz Uniwersytecie Muzycznym im. F. Chopina w Warszawie, z przedmiotów: biofizyka, kinezylogia, biomechanika z ergonomią, biomechanika tańca, laboratorium biomechaniki tańca, ergonomia stanowiska pracy fizjoterapeuty, monitoring procesu rehabilitacji, higiena układu ruchu tancerza w ujęciu biomechanicznym, kinezylogia tańca oraz przygotowanie kart przedmiotów (sylabusów) z ww. przedmiotów;

- współpraca z Ogólnokształcącą Szkołą Baletową im. Olgi Sławskiej- Lipczyńskiej w Poznaniu, obejmująca prowadzenie wykładów dla pedagogów oraz uczniów klasy maturalnej z podstaw biomechaniki tańca oraz higieny układu ruchu tancerza w kontekście biomechanicznym, 2015 r. – nadal;
- referat na zaproszenie baletu Teatru Wielkiego w Poznaniu, 11 lutego 2015 r.;
- referat na zaproszenie dyrekcji, kierownika baletu oraz przedstawicieli zespołu baletowego Zespołu Pieśni i Tańca „Mazowsze”, 26 stycznia 2015 r.;
- wykłady dla zespołu baletowego Zespołu Pieśni i Tańca „Śląsk” im. Hadyny, 2 listopada 2014 r. oraz 19 stycznia 2015 r.;
- pobyt, w ramach programu Erasmus + Mobility for Teaching, w Palacky University Olomouc w Ołomuńcu (Czechy), prowadzenie wykładów dla studentów fizjoterapii oraz udział w eksperymentach laboratoryjnych, 27.09-1.10. 2015 r.;
- prowadzenie wykładów z podstaw biomechaniki tańca dla zespołu baletowego Teatru Wielkiego w Poznaniu; 11 lutego 2015 r.;
- referat ogłoszony na zaproszenie Wydziału Kompozycji, Dyrygentury i Teorii Muzyki, dla studentów i pedagogów specjalności rytmika, UMFC, 26 marca 2015 r.;
- przeprowadzenie badań funkcjonalnych oraz stabilometrycznych wśród tancerzy baletu Zespołu Pieśni i Tańca „Śląsk” im. Hadyny, 16 i 17 grudnia 2015 r. oraz 29 stycznia 2016 r.;
- prowadzenie zajęć w laboratorium biomechaniczno-kinezyjologicznym AWF w Poznaniu podczas wydarzenia Noc Naukowca, 30 września 2016 r.
- pobyt w ramach programu Erasmus + Mobility for Teaching, w Politecnico do Porto w Porto (Portugalia), prowadzenie wykładów dla studentów fizjoterapii, 25-29 września 2017 r.;
- sprawowanie opieki nad kołem naukowym „POINTA” w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Przygotowanie studentów – członków koła naukowego „Pointa”, Kacpra Dobersztyna oraz Violetty Osowskiej do udziału w studenckim festiwalu nauki FENiKS’2017;

b) osiągnięcia organizacyjne:

- prowadzenie sekretariatu oraz praca w Komitecie Organizacyjnym Międzynarodowej Konferencji Biomechanics 2003, Kiekrz;

- członkostwo w Komitecie organizacyjnym Konferencji Majówka Młodych Biomechaników 2011;
- zorganizowanie wykładu oraz pokazowej sesji laboratoryjnej podczas Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki, AWF w Poznaniu, 25.04.2017 r.;

c) osiągnięcia popularyzujące naukę:

- prowadzenie zajęć podczas Nocy Naukowców (grant Komisji Europejskiej – MSCA-NIGHT-2014: European Researcher's Night – akronim EPICNIGHT – grant agreement no.633236) i w latach 2015, 2016, 2018 – projekt współfinansowany ze środków Komisji Europejskiej w ramach programu HORYZONT 2020 – Marie Skłodowska-Curie;
- przygotowanie 3 artykułów do Biuletynu Informacyjnego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu;
- cykl wywiadów radiowych oraz telewizyjnych dotyczących badań tancerzy zawodowych oraz artykuły prasowe z moim udziałem:
- <https://dziendobry.tvn.pl/wideo,2064,n/naukowcy-zajeli-sie-tancem,176122.html>
- <http://teleexpress.tvp.pl/19044349/19032015-1700>
- <http://katowice.tvp.pl/19307309/holubce-w-sluzbie-nauki>
- <http://www.wpi.poznan.pl/artukul/1850.html>
- <https://dobrebadanie.pl/aktualnosci/article/9335-badania-tancerzy-pomoga-im-tanczyc-bezpieczniej.html>
- <http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,404241,badania-tancerzy-pomoga-im-tanczyc-bezpieczniej.html>
- <http://wiadomosci.onet.pl/kraj/badania-tancerzy-pomoga-im-tanczyc-bezpieczniej/zfvs5b>
- <http://www.dziennikteatralny.pl/artykuly/zbadaja-tancerzy.html>
- <http://www.e-teatr.pl/pl/artykuly/198798.html>
- <http://www.rmflclassic.pl/informacje/Obraz,12/Badania-tancerzy-pomoga-im-tanczyc-bezpieczniej,26221.html>
- <http://www.bhp.abc.com.pl/czytaj/-/artykul/badania-tancerzy-pomoga-im-tanczyc-bezpieczniej>
- <http://audycje.tokfm.pl/audycja/67>
- <http://audycje.tokfm.pl/podcast/Taniec-zawodowy-jak-futbol-amerykanski-Rozmowa-z-dr-Joanna-Gorwa/39302>

- media zagraniczne: <http://www.euronews.com/2015/05/13/research-identifies-the-stresses-and-strains-placed-on-a-dancers-body/>

Tab. 1 Zestawienie wykładów popularnonaukowych z biomechaniki.

Data	Temat	Miejsce	Uczestnicy
luty 2013	Przeciążenia aparatu ruchowego człowieka w tańcu zawodowym	Katedra Biomechaniki AWF w Poznaniu	Pracownicy Instytutu Muzyki i Tańca
luty 2013	Biomechanika aparatu ruchowego człowieka	Polski Teatr Tańca Balet Poznański	Zespół Baletowy
26 maja 2013	Badania biomechaniczne tancerzy zawodowych	UMFC	Studenci, Pedagodzy oraz absolwenci Pedagogiki Baletowej
czerwiec 2013	Fizyka tańca	Polski Teatr Tańca Balet Poznański	Zespół Baletowy, kierownik baletu oraz Dyrektor PTTBP
grudzień 2013	Obciążenia uderzeniowe w tańcu zawodowym	UMFC	Przedstawiciele Zespołu Baletu Narodowego w Warszawie
9 grudnia 2013	Badania biomechaniczne tancerzy zawodowych	Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej w Warszawie	Przedstawiciele Związków Zawodowych. Kierownicy Zespołów Baletowych. Tancerze zawodowi
12 i 13 czerwca 2014	Biomechanika układu ruchu człowieka. Równowaga	Polski Teatr Tańca Balet Poznański	Zespół Baletowy, kierownik baletu oraz Dyrektor PTTBP
listopad 2014	Biomechanika w tańcu	Zespół Pieśni i Tańca „Śląsk” – siedziba w Koszęcinie	Zespół Baletowy, kierownik baletu
19 stycznia 2015	Parametry masowe ciała człowieka. Biomechaniczne podstawy równowagi	Zespół Pieśni i Tańca „Śląsk” – siedziba w Koszęcinie	Zespół Baletowy, kierownik baletu
26 stycznia 2015	Obciążenia uderzeniowe w tańcu zawodowym	Siedziba Zespołu Pieśni i Tańca „Mazowsze”	Dyrekcja. Kierownik Baletu oraz przedstawiciele Zespołu Baletowego
11 lutego 2015	Fizyka a taniec	Sala baletowa Teatru Wielkiego w Poznaniu	Przedstawiciele Zespołu Baletowego
26 marca 2015	Obciążenia uderzeniowe w tańcu zawodowym	Wydział Kompozycji, Dyrygentury i Teorii Muzyki. Specjalność Rytmika, Akademia Muzyczna w Poznaniu	Studenci i pedagodzy
maj 2015	Fizyka a taniec.	Ogólnokształcąca Szkoła	Pedagodzy i maturzyści

	Podstawy biomechaniki układu ruchu człowieka. Higiena aparatu ruchowego człowieka.	Baletowa w Poznaniu	
lipiec 2015	Fizyka a taniec. Podstawy biomechaniki układu ruchu człowieka. Higiena aparatu ruchowego człowieka	Siedziba Zespołu Pieśni i Tańca Śląsk w Koszęcinie	Uczestnicy Letniej Szkoły Artystycznej
wrzesień 2015	Fizyka a taniec. Jak zmierzyć siłę reakcji podłoża?	Laboratorium Biomechaniczno-Kinezyjologiczne AWF w Poznaniu	Uczestnicy „Nocy naukowców”

7. Inne informacje, ważne z punktu widzenia wnioskodawcy, dotyczące jego kariery zawodowej.

- Indywidualne szkolenie z zakresu anatomii funkcjonalnej (semestr zimowy roku akademickiego 1999/2000, prowadzący dr J. Lewandowski).
- Udział w kursie wykładowym z Metodologii Pracy Naukowej (semestr zimowy 2000/2001, 30 godzin, prowadzący prof. Krzysztof Łastowski).
- Ukończenie czterostopniowego kursu języka angielskiego dla średniozaawansowanych w SJO Empik w Poznaniu w 2004 i 2005 r.
- Uzyskanie stopnia instruktora tańca sportowego, 2007 r.
- Uzyskanie stopnia instruktora sportu, 2007 r.
- Udział w szkoleniu „Nowoczesna koncepcja kompleksowego usprawniania w rehabilitacji ortopedycznej. Obiektywna ocena i trening izokinetyczny”. Wrocław, 18.10.2007 r.
- Udział w szkoleniu „Pomiar i analiza EMG w praktyce klinicznej”, Poznań, Technomex, 19.09.2007 r.
- Udział w szkoleniu BTS, laboratorium Zakładu Biomechaniki AWF, Poznań, 2009 r.
- Udział w szkoleniu „EMG w badaniach naukowych”, Gliwice, Technomex, 25-9.11.2010 r.
- Ukończenie kursu „Motion analysis Brussels ISB”, 2011 r.
- Udział w kursie językowym „ERAMSUS +”, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, 2017 r.
- Udział w kursie „Statystyczna analiza danych” zrealizowany w ramach projektu „Zintegrowana Strategia Rozwoju Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu”, 2019 r.

- Udział w kursie ESMAC, Amsterdam, 2019 r. (Program NAWA).
- **III miejsce** dla najciekawszego referatu wygłoszonego na Konferencji Majówka Młodych Biomechaników im. Prof. Dagmary Tejszerskiej w roku 2010, referat: „Biomechaniczne aspekty reakcji bólowych oraz kontuzji dolnych odcinków kręgosłupa u tancerzy zawodowych” (autorzy Gorwa J, Michnik R, Jurkojć J).
- **III Nagroda im. prof. A. Moreckiego i prof. K. Fidelusa** na Międzynarodowej Konferencji Biomechanics 2010, praca: „Kinematic analysis of the “Grand pas de chat” element” (autorzy Gorwa J, Michnik R, Jurkojć J, Dworak LB).
- **Nagroda Główna – I miejsce** dla najciekawszego referatu wygłoszonego na konferencji Majówka Młodych Biomechaników im. Prof. Dagmary Tejszerskiej w roku 2013, praca: „Biomechaniczne badania tancerzy zawodowych: synteza dziesięcioletnich doświadczeń i perspektywy kolejnych etapów” (autorzy Gorwa J, Michnik R, Jurkojć J, Dworak LB).
- W roku 2013 członek **Komisji Ekspertckiej przy Ministerstwie Pracy i Polityki Społecznej** w projekcie Druga Kariera Młodych Seniorów. Projekt dotyczył modelu postępowania w zakresie reorientacji zawodowej dla osób wcześniej kończących karierę – sportowców i tancerzy.
- **Członek Senatu** Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu na kadencję
- 2020 – 2024.
- **Przedstawiciel Rady Wydziału** Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji na kadencję 2016 – 2020 z grupy nauczycieli akademickich nieposiadających tytułu naukowego lub stopnia naukowego doktora habilitowanego.
- Promotor 40 prac dyplomowych, w tym 25 prac licencjackich i 15 prac magisterskich.
- Recenzent w czasopismach naukowych: *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, *Symmetry*, *Medical Problems of Performing Artists*, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics*, *Medical Science Monitor*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Biology*, *Sports Medicine*.



(podpis wnioskodawcy)