

lek. Maciej Bochenek

Rozprawa na stopień naukowy doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne

**Ocena obciążeń w układzie mięśniowo-szkieletowym kończyn górnych
i ich obręczy wśród profesjonalnych skrzypków**



Promotor: prof. dr hab. Leszek Romanowski

Promotor pomocniczy: dr n. med. Marta Jokiel

Kolegium Nauk Medycznych

Katedra i Klinika Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki

Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Poznań, 2022r

Spis treści

1.	Wstęp.....	4
1.1.	Muzycy	4
1.2.	Ocena biomechaniczna	6
1.3.	Biodex.....	11
1.4.	Badanie elektromiografii powierzchniowej (SEMG).....	12
2.	Uzasadnienie podjęcia tematu	13
3.	Założenia i cele pracy.....	14
3.1	Założenia	14
3.2	Cele.....	14
4.	Materiał i metodyka	15
4.1.	Materiał.....	15
4.2.	Kryteria doboru grupy badanej.....	16
4.3.	Metodyka	16
4.4.	Kwestionariusze.....	16
4.5.	Badanie siły mięśniowej.....	17
4.6.	Badanie elektromiografii powierzchniowej (SEMG).....	21
4.7.	Badanie ortopedyczne.....	25
4.8.	Analiza statystyczna	25
5.	Wyniki.....	27
5.1.	Wyniki badania klinicznego i ankietowego.....	27
5.2.	Ocena obciążeń w badaniu elektromiografii powierzchniowej.....	29
5.3.	Częściowa ocena biomechaniczna całej grupy skrzypków	33
5.4.	Porównanie wybranych elementów profilu elektromiograficznego pomiędzy Mistrzami i Uczniami	39
5.5.	Porównanie wybranych elementów profilu biomechanicznego i elektromiograficznego pomiędzy skrzypkami objawowymi i nieobjawowymi.....	45

6.	Dyskusja	55
7.	Ograniczenia i mocne strony badania	69
8.	Wnioski	71
9.	Streszczenie	73
10.	Abstract	75
11.	Bibliografia.....	77
12.	Spis tabel:	86
13.	Spis rycin:.....	88

Wykaz skrótów i oznaczeń:

1Q-3Q – rozstęp kwartyłowy pomiędzy pierwszym, a czwartym kwartyłem.

95%CI – 95% przedział ufności

Biceps – mięsień dwugłowy ramienia

ECRB – mięsień prostownik nadgarstka promieniowej krótki (łac. extensor carpi radialis brevis)

FCR – zginacz nadgarstka promieniowy (łac. flexor carpi radialis)

FCU – zginacz nadgarstka promieniowy (łac. flexor carpi ulnaris)

MA – średnia wartość amplitudy w badaniu EMG (ang. mean amplitude)

Max. – maksymalna wartość pomiaru

Min. – minimalna wartość pomiaru

MVC – maksymalny dowolny skurcz mięśnia, który dalej będzie opisywany, jako maksymalny izometryczny skurcz mięśnia (ang. maximal voluntary contracture)

%MVC – procentowy udział aktywowanych jednostek motorycznych w stosunku do maksymalnej ich aktywizacji badanej w maksymalnym skurczu izometrycznym

OS - odchylenie standardowe

PRMDs - dolegliwości w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego związane z graniem na instrumencie (ang. playing related musculo-skeletal disorders)

RW – rotacja wewnętrzna

RZ – rotacja zewnętrzna

SEMG – elektromiografia powierzchniowa (ang. surface electromyography)

SENIAM – protokół zbierający wytyczne dotyczące metodologii SEMG (ang. surface EMG for non-invasive assessment of muscles)

Trapezius – mięsień czworoboczny

Triceps – mięsień trójgłowy ramienia

vs. – termin określający porównanie dwóch pozycji (ang. versus - przeciw)

1. Wstęp

1.1. Muzycy

Dolegliwości związane z graniem (ang. playing related musculo-skeletal disorders - PRMDs) zgłaszane przez profesjonalnych muzyków są problemem coraz częściej podnoszonym na zjazdach naukowych. Stanowią one szeroką gamę niespecyficznych objawów, do których zaliczają się ból, parestezje, dystonie czy drżenie mięśniowe. Charakter tych objawów często jest przemijający, okresowy, co sprzyja prokrastynacji i prowadzi do przewlekłego procesu o niepewnej etiologii. Niemożność odtworzenia objawów w gabinecie lekarskim oraz podostry charakter dolegliwości w pierwotnym ich stadium znacznie komplikuje zarówno postawienie diagnozy, jak i leczenie. Użycie wspólnego terminu dla tej dużej grupy objawów jest oparte na hipotezie, iż dzielić one mogą wspólną etiologię, przynajmniej pośrednio, lecz niekoniecznie znaczyć ma, iż korelacja między nimi została potwierdzona.

Ze względu na liczbę godzin poświęconych na ćwiczenia potrzebne do utrzymania odpowiedniego stopnia wirtuozerii, jak i obciążenia w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego, którym profesjonalni muzycy są poddawani, można tę grupę porównać do sportowców, nad zdrowiem których, w przeciwieństwie do muzyków, czuwa sztab ekspertów medycznych. Ze względu na niskie zarobki i zleceniowy charakter pracy muzycy często pracują na kilku etatach, przynajmniej przez kilka okresów w roku. Podobnie jak dla sportowców, przerwa w grze u muzyków, może ciągnąć za sobą poważne konsekwencje, nie tylko dla ich profesjonalnej kariery, lecz i z powodów finansowych, a ze względu na powolne rozwijanie się symptomów, nieurazowy charakter dolegliwości oraz przewidywany dłuższy przebieg kariery, wizyta u specjalisty często jest odwlekana. Powodowane jest to również przez stygmatyzację środowiska oraz trudność w określeniu źródła problemu, w tym m. in. specjalności lekarskiej, z którym jest on powiązany. Zaniedbywanie pierwszych objawów, prowadzi w końcu do procesu przewlekłego, który zaciera obraz w procesie diagnostycznym, a postawienie diagnozy, choć trudne, to dopiero początek drogi, bo czas powrotu do sprawności przeważnie koreluje z okresem narastania objawów. Pacjent taki zatem wymaga nie tylko kompleksowej oceny i postawienia diagnozy, lecz również prowadzonej terapii fizjoterapeutycznej i okresowych kontroli, co wzmacnia trudność terapeutyczną, dlatego PRMDs są zagadnieniem coraz częściej podnoszonym w eksperckich gronach [1].

Spośród wszystkich instrumentalistów skrzypkowie to szczególnie wyróżniająca się grupa pacjentów. Ze względu na charakterystyczną pozycję podczas grania, utrzymującą stałe napięcie w obrębie obręczy kończyn górnych są szczególnie narażeni na przeciążenia mięśniowo-szkieletowe. Wg niektórych badań średnio nawet 66% skrzypków skarży się na PRMDs [2], a 89% muzyków angażujących kończyny górne podczas gry, prawdopodobnie rozwinie takowego dolegliwości na przestrzeni kariery [3]. Ze wszystkich instrumentalistów to właśnie skrzypkowie i altowiolisci predysponowani są do występowania takowych dolegliwości [4]. Na dolegliwości wpływać może również fakt, iż wszyscy skrzypkowie do trzymania instrumentu używają lewej kończyny górnej, a do prowadzenia smyczka prawej, niezależnie od lateralizacji funkcji ruchowej [1]. Potęgować problem związany z pozycją podczas gry może fakt, że od ok. jedenastego roku życia, prawie wszyscy skrzypkowie posiadają jeden rozmiar instrumentu, który mierzy 59cm, co może nie być obojętne przy doborze prawidłowej techniki gry oraz postawy i bezpośrednio się przekładać na przeciążenia w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego [3]. Altówka jest instrumentem nieco większym i dobieranym bardziej proporcjonalnie do długości kończyny górnej i postury instrumentalisty lecz zasady te nie są ścisłe, a muzycy z powodów finansowych rzadko mają instrument wyrabiany indywidualnie dla siebie, korzystając z instrumentów używanych, co wymusza serie kompromisów i przyczynia się do dysproporcji w doborze instrumentu [5].

Skrzypce i altówka należą do chordofonów czyli instrumentów, w których dźwięk wydobywany jest za pomocą drgań wibrującej struny. W wibracje strunę wprowadza pociągnięcie smyczka wykonanego z drewna i naciągniętego włosia końskiego. Muzyk trzyma instrument zawsze w lewej kończynie górnej opierając podstawę pudła rezonansowego w ipsilateralnej okolicy barkowej, stabilizując go poprzez dociśnięcie pudła przez żuchwę. Staw łokciowy lewy jest zgięty między 45-90 stopni, przedramię ustawione w supinacji, a zgięte palce obejmują gryf od dołu, dociskając opuszkami palców struny. Oba instrumenty posiadają cztery struny, nastrojone względem siebie w systemie kwintowym. Skrzypce, najmniejsze ze strunowych, posiadają najwyższy strój, pozwalający wydobyć klasyczną techniką gry dźwięki między g - g^4 . Altówka strojona jest o kwintę niżej. Dłuższa menzura, tj. czynna długość drgającej struny, powoduje nieco szerszy rozstaw palców niż w przypadku skrzypiec. Pudło rezonansowe altówki, jak również smyczek altowiolisty są nieco większe i cięższe niż

w skrzypcach, lecz pozycja, technika gry, droga zdobywania doświadczenia i formy realizacji zawodowej są na tyle podobne, że pozwala to na rozpatrywanie ich we wspólnej grupie [5]. Z powodów stylistycznych oraz w związku z tym, iż grupa altowiolistów liczyła tylko kilka osób, w dalszej części pracy całą grupę badanych muzyków nazywać będę „skrzypkami”, celem utrzymania spójności przekazu.

Muzycy, z wyłączeniem pewnym podgrup, stanowią również specyficzną grupę pod kątem budowy ciała. Czas poświęcony na grę, jak i potencjalne konsekwencje urazu mogą niesprzyjająco wpływać na chęć aktywnego uprawiania sportu czy rozwijania muskulatury ciała, a obciążenia, którymi są poddawani przekraczają średnie wartości w populacji [6]. Zwiększa to ryzyko zespołów przeciążeniowych i uciskowych czy dyskopatii. Co więcej, osoby osiągające poziom wirtuozerski mają często naturalne predyspozycje budowy ciała, które z medycznego punktu widzenia mogą stanowić jeden z czynników korelujący z ich objawami, takie jak np. uogólniona wiotkość stawowa. W niektórych badaniach są to czynniki ryzyka wystąpienia PRMDs [3].

Analizując literaturę trafiłem na niewiele pozycji dotyczących tego zagadnienia. Przeprowadzone dotychczas badania mają głównie charakter poglądowy i dotyczą problemu powierzchownie, skupiając się ogólnie na grupie muzyków, bez wyodrębnienia konkretnych podgrup, takich jak trębacze czy kontrabasiści [7,8]. Część z nich była również publikowana w XX wieku i/lub brakuje w nich obiektywnych metod badawczych [9,10].

1.2. Ocena biomechaniczna

Biomechaniczna ocenę funkcjonalną mięśnia ocenia jego aktywność podczas podstawowych typów skurczu mięśniowego. Dokonuje się jej za pomocą trzech protokołów, dopasowanych do typu skurczu.

- **Skurcz izometryczny** – skurcz mięśnia przy zachowaniu jego stałej długości, którego wynikiem jest utrzymanie danego segmentu ciała w odpowiedniej pozycji [11].

- **Skurcz izokinetyczny** – skurcz mięśnia przy zachowaniu stałej prędkości kątowej danego ruchu, zmienne obciążenie i siła działająca na dany mięsień [11].
- **Skurcz izotoniczny** – skurcz mięśnia przy zachowaniu stałego napięcia mięśniowego, przy stałym obciążeniu, a zmiennej prędkości ruchu [11].

Podczas typowych czynności życia codziennego wykorzystujemy wszystkie trzy typy skurczu, jednak skurcz izotoniczny pojawia się w nich najczęściej [11]. Wynikiem takiego skurczu, jak i skurczu izokinetycznego jest ruch danego segmentu ciała, odwrotnie do skurczu izometrycznego. Wg badań, skurcz izometryczny najszybciej odbudowuje siłę mięśniową, lecz również stanowi największe obciążenie dla układu kostno-stawowego oraz naczyniowego. Skurcze izotoniczny i izokinetyczny nie różnią się statystycznie odnośnie wpływu na rozwój siły mięśniowej. W zależności od tego, czy w skutek działającej siły włókna mięśniowe w trakcie skurczu się skracają czy wydłużają, mamy do czynienia odpowiednio ze skurczem koncentrycznym oraz ekscentrycznym. Skurcz ekscentryczny zachodzi wtedy, gdy mimo aktywności mięśnia dochodzi do oddalenia się względem siebie przyczepów mięśniowych w skutek działania siły zewnętrznej o większym momencie siły [11,12].

Przy odpowiednio dobranych warunkach oraz przy zastosowaniu adekwatnego sprzętu pomiarowego, takiego jak Cybex, Biodex itp., jesteśmy w stanie wykonać biomechaniczne badania każdego z wymienionych skurczów. Metody te są cały czas udoskonalane w kierunku maksymalnej izolacji badanego mięśnia, czułości pomiarów oraz bardziej dynamicznego dostosowywania się do zmiennych warunków podczas badania.

Skurcz izokinetyczny wymaga do pomiaru najbardziej skomplikowanego protokołu, który pozwala na regulację oporu stawianego przez urządzenie pomiarowe podczas aktywności danego mięśnia. Warunki izokinetyczne wymagają stałej prędkości kątowej, zatem mięsień, kurczący się z daną siłą, porusza korbę urządzenia, które dostosowuje opór w taki sposób, aby pokonywała ona stały kąt w danej jednostce czasowej. Urządzenie stawia większy opór na początku badania, a zmniejsza go wraz z czasem trwania pomiaru, adekwatnie do zmęczenia mięśnia. Opór generowany przez urządzenie osiąga jedynie submaksymalne wartości i nie jest nigdy tak duży, aby mięsień nie była w stanie go pokonać. Mechanizm ten jest profilaktyka wystąpienia kontuzji podczas

badania. Pomiar zaczyna się od kilku ruchów pilotażowych celem oszacowania adekwatnego przedziału wartości oporu stawianego przez urządzenie. Protokół ten dobrze sprawdza się dla mięśni wydolnych, problematyczny może jednak być pomiar mięśni osłabionych wskutek niedorozwoju, zaniku, zapalenia czy odnerwienia. W takim przypadku zbyt niska wartość prędkości kątowej, będzie przyczyną szybkich zmian oporu, zaburzając tym samym pomiar [2,3][15–17].

Protokół izotoniczny przewiduje stały skurcz mięśnia podczas badania, a co za tym idzie stały opór stawiany przez urządzenie pomiarowe na całym przebiegu zakresu ruchu. W sytuacji pracy przy oporze zbliżonym do maksymalnego może to skutkować zmniejszeniem zakresu ruchu badanego. Izotoniczny skurcz mięśnia i stawiany mu stały opór stwarzają korzystne warunki do badania mięśni niewydolnych lub osłabionych, gdyż mięsień nie musi pracować w parametrach skrajnych dla jego wydolności. Ustawienie mniejszego oporu daje również możliwość wykonania badania w całym zakresie ruchu, co optymalizuje badanie [15,18–20].

W zależności od badanego zagadnienia oraz charakterystyki okolicy anatomicznej i badanej grupy mięśniowej, dobieramy protokół najbardziej odpowiedni do problemu badawczego. Do oceny siły w skurczu izometrycznym służy klasyczny dynamometr, mierzący siłę w niutonach lub kilogramach. Protokoły izokinetyczne i izotoniczne elektronicznych dynamometrów niosą znacznie więcej informacji, z których kluczowe przedstawia Tabela 1.

Opis parametrów możliwych do uzyskania w zależności od wybranego protokołu.

Najwyższa prędkość kątowa (ang. peak velocity) – największy kąt pokonany przez ramię urządzenia poruszanego daną grupę mięśniową w jednostce czasu. Jej maksymalny wynik w danej próbie jest uznawany za szczytowe osiągnięcie mięśnia, wyraża się ją w stopniach na sekundę [13,17].

Średnia najwyższych prędkości kątowych (ang. average peak velocity) – wyrażona w stopniach/sekundę średnia arytmetyczna ze wszystkich najwyższych pomiarów prędkości kątowych danej grupy mięśniowej w danej próbie. Fizjologicznie spodziewana jest 0-10% różnica między kończynami [13,17].

Czas uzyskania najwyższej prędkości kątowej (ang. time to peak velocity) – czas potrzeby do osiągnięcia przez mięsień najwyższej prędkości kątowej w danej próbie, wyrażany w milisekundach [13,17]

Kąt uzyskania najwyższej prędkości kątowej (ang. angle of peak velocity) – kąt, w którym mięsień w danej próbie uzyskał najwyższą prędkość kątową, wyrażony w stopniach. Spodziewana wartość to kąt odpowiadający około połowie zakresu ruchu [13,17].

Najwyższy moment siły (ang. peak torque) – moment siły badanej grupy mięśniowej będący najwyższym pomiarem w danej próbie, wyrażony w niutonometrach. Mement ten jest miarą szczytowych możliwości mięśnia. Fizjologicznie spodziewana jest 0-10% różnica między kończynami [13,17].

Średni moment siły (ang. average peak torque) – uśredniony moment siły wygenerowanej w danej próbie przez badaną grupę mięśniową, wyrażona w niutonometrach. Fizjologicznie spodziewana jest 0-10% różnica między kończynami [13,17].

Całkowita praca (ang. total work) – suma pracy badanej grupy mięśniowej w trakcie trwania całego ruchu w danej próbie, wyrażona w dżulach [13,17].

Moc mięśnia (ang. average power) – wartość stanowiąca iloraz pracy danego mięśnia i czasu jej wykonania, wyrażony w watach. Informuje o intensywności pracy i jest kluczowym parametrem biorącym udział w opisie jego fizjologii [13,17].

Zmęczenie mięśnia (ang. work fatigue) – różnica pracy mocy mięśnia na początku i na końcu badanej próby wyrażona w procentach [13,17].

Współczynnik mięśni agonistów do antagonistów (ang. agonist/antagonist ratio) – bardzo istotny wskaźnik wyrażający procentowy stosunek sił grup mięśniowych przeciwnie do siebie działających, pozwalający na określenie potencjalnego zaburzenia balansu mięśniowego w danym segmencie ciała [13,17].

Współczynnik wariancji (ang. coefficient of variation) – współczynnik informujący o stopniu powtarzalności ruchu bazowany na procentowym stosunku odchylenia standardowego i jego średniej wartości dla populacji [13,17].

Funkcjonalny zakres ruchu (ang. functional range of motion) – całkowity zakres ruchu kończyny podczas badanej próby, wyrażony w stopniach, bazowany na kątach maksymalnych przeciwstawnych wychyleń [13,17].

Tabela 1 Spis parametrów możliwych do zbadania w zależności od wybranego protokołu

	Izotoniczny	Izokinetyczny
Najwyższa prędkość kątowna	+	-
Czas uzyskania najwyższej prędkości kątownej	+	-
Średnia najwyższych prędkości kątowych	+	-
Kąt uzyskania najwyższej prędkości kątownej	+	-
Średni moment siły	-	+
Najwyższy moment siły	-	+
Praca całkowita	+	+
Współczynnik wariancji	+	+
Zmęczenie mięśniowe	+	-
Zakres ruchu	+	+
Średnia moc	+	+
Współczynnik agonistów do antagonistów	+	+

Zayat i wsp. [21] badali powtarzalność badań mięśni wykonywanych na dynamometrze Biodex System 3 Pro i wykazali w nich brak statystycznej różnicy między próbami oraz parametrami względem siebie, stwierdzając również, iż każdy z dostępnych protokołów, izotoniczny, izokinetyczny jak i izometryczny, pozwala na rzetelną ocenę biomechaniczną mięśni.

1.3. Biodex

Biodex System 4 to nowoczesne urządzenie do badania wydolności, oceny biomechanicznej, jak i treningu nerwowo-mięśniowego, w warunkach: pracy izometrycznej, izotonicznej izokinetycznej. Urządzenie wyposażone jest w regulowany elektrycznie, wygodny, obrotowy, przesuwany na podstawie fotel oraz dynamometr elektryczny w ramieniu z uchwytem na kończynę, z możliwością jego regulacji w trzech płaszczyznach. Dzięki rozbudowanemu systemowi raportów i protokołów, osoba koordynująca pracę urządzenia otrzymuje pełną informację zwrotną dotyczącą wykonywanych ćwiczeń i może na bieżąco. Dzięki temu jest cennym narzędziem diagnostycznym, ale może również służyć do usprawniania, w tym u osób z niewydolnym aparatem mięśniowym. Obecnie z powodów finansowych, w celach usprawniania częściej wykorzystywane jest w grupie sportowców, gdzie dzięki precyzyjnie dobranym parametrom oraz zastosowaniu odpowiednich izolowanych protokołów oraz możliwość ćwiczenia pojedynczej kończyny pozwala na aktywację mięśniową trudną do wykonania w klasyczny sposób, w tym specyficzny trening siłowy, trening prioprioceptywny, profilaktykę kontuzji jak i powrót do wcześniejszych osiągnięć po niej. Dodatkową zaletą prowadzenia badań z wykorzystaniem tego systemu jest możliwość pełnej archiwizacji i eksportu danych do następczej analizy statystycznej, do której służy mobilna stacja robocza z panelem kontrolnym. Biodex System 4 różni się od System 3 głównie nowocześniejszymi rozwiązaniami sterowania i dostosowania protokołów, szerszą możliwością obróbki i klasyfikacji danych oraz ergonomią wykonania. [22–24].

1.4. Badanie elektromiografii powierzchniowej (SEMG)

Badanie elektromiograficzne bazuje na analizie sygnału elektrycznego w fazie spoczynku lub aktywności badanego efektora. Badanie rejestruje tzw. potencjał czynnościowy pojawiający się w trakcie procesów polaryzacji i repolaryzacji błony komórkowej miocytów mięśnia. Sygnał ten jest skomplikowany, gdyż sam mięsień jest złożoną strukturą czynnościową i jego kształt zmienia się w czasie aktywności oraz wpływa na niego impuls generowany przez układ nerwowy rozchodzący w określonej przestrzeni o różnych właściwościach bioelektrycznych. Detektor odczytujący takowy sygnał zbiera zatem znaczną liczbę różnych sygnałów, które musi przetworzyć. Wymaga to jej starannego przygotowania, opisanego w metodyce pracy. Takowa analiza wymaga znajomości fizjologii badanego mięśnia, jego anatomicznego położenia, wyeliminowania zakłóceń o typie szumów i artefaktów, doboru odpowiednich elektrod i wzmacniaczy sygnału. Jej wynikiem jest wykres aktywności bioelektrycznej mięśnia badanym w czasie. Na wychylenia krzywej będzie miał wpływ typ i wielkość mięśnia, stan mięśnia w trakcie pomiaru i forma badania na jaką się zdecydowaliśmy. Sygnał ten może się różnić nawet w przypadku codziennych pomiarów w tej samej lokalizacji. Rozwiązaniem pozwalającym na przezwycięzenie „niepewnego” charakteru parametrów w skali mikrowoltowej jest normalizacja do wartości referencyjnej – maksymalnego skurczu izometrycznego (MVC). Podstawowym założeniem jest skalibrowanie wartości mikrowoltowej do jednostki kalibracyjnej o znaczeniu fizjologicznym - „procentu maksymalnej liczby rekrutujących jednostek motorycznych”. Pozwala to w sposób bardziej obiektywny opisywać neurofizjologię mięśni pozwalając na względnie rzetelne porównania między nimi. Dzięki temu możemy porównywać aktywności mięśni większych i mniejszych oraz tych samych mięśni w innych warunkach, czasie oraz u innych badanych [30,40,41,43].

2. Uzasadnienie podjęcia tematu

Część pacjentów cierpiących na PRMDs (playing related musculo-skeletal disorders) szuka fachowej pomocy medycznej, lecz znakomita większość decyduje się na leczenie objawowe - redukcje obciążeń i farmakoterapię, które nie prowadzą do identyfikacji problemu. Wg niektórych badań ok 35% muzyków w całym procesie leczenia nie zgłasza się po profesjonalną medyczną pomoc, a spośród tych, którzy jej szukają jedynie 28% jest usatysfakcjonowanych przebiegiem leczenia [21]. Większość pacjentów tej grupy próbowało jakiejś formy leczenia, przeważnie fizjoterapeutycznego, lecz ze względu na brak postawienia diagnozy, miało ono głównie charakter objawowy. PRMDs mogą być związane z typowymi jednostkami chorobowymi występującymi w społeczeństwie, a prokrastynacja chorych, nietypowy wywiad, czy pewne inklinacje anatomiczno-psychologiczne muzyków zmieniają ich klasyczny obraz i kierują leczenie w błędnym kierunku lub stanowią czynnik je utrudniający. Warte uwagi jest jednak to, że ta specyficzna grupa chorych, poddana skrajnym obciążeniom, a posiadająca negatywne biomechaniczne predyspozycje do takowych, może cierpieć na problem specyficzny dla niej lub modyfikujący klasyczny przebieg typowych jednostek chorobowych w sposób na tyle znaczny, że wymagać ono będzie odmiennego podejścia terapeutycznego. W takim przypadku, żeby wdrożyć celowane leczenie, wymagane jest stworzenie profilu biomechanicznego profesjonalnych skrzypków, który położy fundament pod zrozumienie tego złożonego zagadnienia i przybliży nas do postawienia prawidłowej diagnozy.

3. Założenia i cele pracy

3.1 Założenia

- PRMDs związane są z przeciążeniami w układzie mięśniowo-szkieletowym.
- Przeciążenia w układzie mięśniowo-szkieletowym manifestują się w testach klinicznych badania przedmiotowego.
- PRMDs narastają w czasie - grupa muzyków o długim stażu gry będzie na nie bardziej narażona.
- Wpływ na PRMDs mają:
 - zaburzony balans mięśniowy pomiędzy antagonistycznymi grupami mięśniowymi,
 - brak odpowiedniego przygotowania się do gry.

3.2 Cele

1. Ocena obciążeń w układzie mięśniowo-szkieletowym w obrębie kończyn górnych i ich obręczy w badaniu elektromiografii powierzchniowej skrzypków.
2. Określenie wybranych elementów profilu biomechanicznego i elektromiograficznego pracy mięśni kończyn górnych i ich obręczy u skrzypków podczas gry na instrumencie.
3. Porównanie parametrów w/w profilu pomiędzy grupami skrzypków o krótkim i długim stażu gry.
4. Porównanie parametrów w/w profilu pomiędzy grupami skrzypków zgłaszających dolegliwości oraz skrzypków bezobjawowych.

4. Materiał i metodyka

4.1. Materiał

Analizowaną grupę badawczą stanowiło 44 profesjonalnych skrzypków i altowiolistów, zwanych dalej „skrzypkami”, którzy w latach 2019 - 2020 poddali się badaniom opisanym poniżej. Grupa składała się z 33 kobiet i 11 mężczyzn o średniej wieku 30 lat. Pacjenci doświadczający PRMDs w ostatnim roku, zgłaszający dolegliwości bólowe na poziomie, co najmniej, 2 w skali NRS, zakwalifikowani byli do grupy objawowej, symptomatycznej. Stanowili oni 68% badanych (76% u kobiet, 45% w grupie mężczyzn). Szczegółowe kryteria kwalifikacji do badania opisano poniżej.

Wszyscy byli profesjonalnymi muzykami lub w trakcie szkolenia na wyższej uczelni w kierunku wirtuozerskim, grającymi zarówno indywidualnie, jak i w orkiestrach lub zespołach. W dalszych etapach pracy podzieliliśmy badaną grupę na bardziej doświadczonych muzyków (≥ 33 lat) zwaną dalej „mistrzami”, gdyż w większości przewodzili zespołom lub zajmowali się edukacją sensu stricto oraz grupę muzyków o mniejszym stażu gry (≤ 27 lat), zwaną dalej „uczniami”.

Grupy symptomatyczna i asymptomatyczna składały się z mistrzów i uczniów. Cztery grupy skupiające obydwie podziały, nie spełniały kryteriów ilościowych do rzetelnej analizy statystycznej.

Poniżej krótka charakterystyka grupy i podgrup, którą przedstawia Tabela 2.

Tabela 2 Wybrane parametry grupy badanej

	Wszyscy	Mistrzowie	Uczniowie
Liczba	44	18	26
Średnia wieku	30	44	24
Średnia stażu gry	23	37	17
Ręka dominująca	P43 : 1L	18P	P25 : 1L
Procent muzyków zgłaszających objawy	68	72	65

P-prawa, L-lewa, średnia wieku i stażu gry podane w latach

4.2. Kryteria doboru grupy badanej

Tabela 3 Kryteria włączenia i wyłączenia grupy badanej

Kryteria włączenia	Kryteria wyłączenia
• Wiek > 15 lat • Czas trwania gry na skrzypcach minimum 10 lat	• Wcześniejsza diagnoza tłumacząca PRMDs, nie związana z graniem na skrzypcach

4.3. Metodyka

Badania miały miejsce w Katedrze i Klinice Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki Ortopedyczno-Rehabilitacyjnego Szpitala Klinicznego im. Wiktora Degi Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Projekt ten uzyskał zgodę Komisji Bioetycznej na podstawie uchwały nr 208/19 (załącznik 3).

4.4. Kwestionariusze

Uczestnicy badania zostali poproszeni o wypełnienie autorskiej ankiety (załącznik 1) dotyczącej podstawowych informacji na temat gry na instrumencie, życia codziennego, wcześniejszej historii medycznej oraz odczuwanych dolegliwości w ostatnim roku oraz o wypełnienie kwestionariusza DASH (załącznik 2), który jest podstawowym międzynarodowym formularzem do oceny jakości życia oraz dolegliwości w zakresie kończyn górnych [25,26], stosowanym również do oceny pacjentów w Katedrze i Klinice Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Formularz ten ocenia stopień niepełnosprawności i upośledzenie codziennych aktywności na skali od 0 do 100 pkt.. Podzielony jest on na dwie części – podstawową, która definiuje aktywność w podstawowych czynnościach życiowych oraz części dotyczącej pracy oraz hobby/sportu. Pytania dotyczą zarówno aspektów fizycznych, jak i psychologicznych.

4.5. Badanie siły mięśniowej

Badanie biomechaniczne podzielone zostało na cztery części:

1. Badanie siły mięśniowej mięśni okolicy barkowej w skurczu izometrycznym

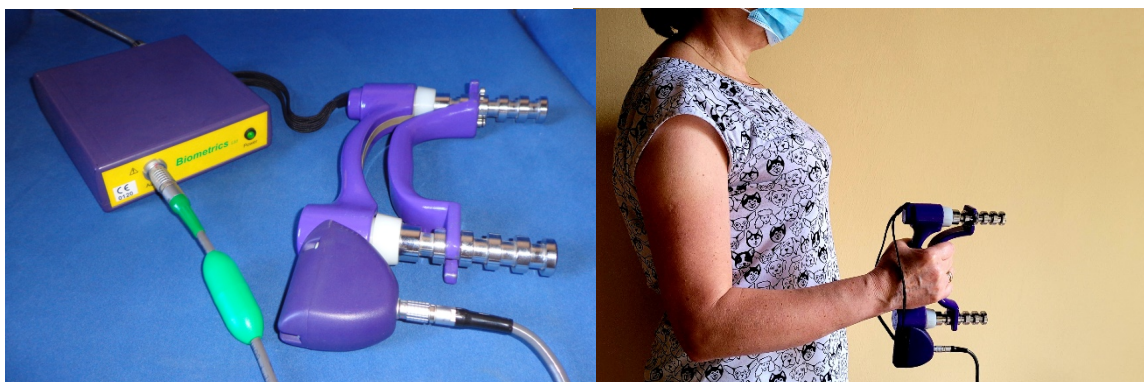
Badanie zostało przeprowadzone za pomocą elektronicznego dynamometru IDOS. Badany w pozycji stojącej miał założone urządzenie pomiarowe na nadgarstek badanej kończyny. W momencie rozpoczęcia badany wykonywał pięciosekundowy maksymalny skurcz izometryczny w zadanym przez badacza kierunku. Badaniem zostały objęte kierunki: zgięcia i wyprostu, odwiedzenia i przywiedzenia oraz rotacji wewnętrznej i zewnętrznej. Wynik badania podawany był przez urządzenie jako średnia wyrażona w kilogramach [kg].



Rycina 1 Badanie siły odwiedzenia w stawie ramiennym za pomocą dynamometru elektronicznego IDOS

2. Badanie siły chwytu globalnego

Obustronne badanie siły chwytu zostało przeprowadzone za pomocą elektronicznego dynamometru Biometric H500 Hand Kit. Badanie było zaprojektowane na podstawie protokołów prac Hoffmana (2006) [27] oraz Ackermann'a i Driscoll'a (2010) [7]. Badany podczas pomiaru znajdował się w pozycji stojącej pewnie obejmując całą ręką uchwyt dynamometru. Na polecenie badany zaciskał rękę na uchwycie dynamometru z największą możliwą siłą. Trzykrotny pomiar każdej ręki każdorazowo zapisywany zostawał przez badającego pomiędzy próbami. Po 3 próbach następowało obliczenie średniej z pomiarów i następuje zmiana kończyny.



Rycina 2 Dynamometr Biometric H500 Hand Kit oraz pozycja przygotowawcza do badania siły chwytu globalnego

3. Badanie siły mięśni rotatorów stawu ramiennego w skurczu izokinetycznym

Badanie zostało przeprowadzone za pomocą elektronicznego dynamometru Biodex System 4 Pro w pozycji siedzącej. Badany układał kończynę w nakładce dynamometru z ramieniem odwiedzionym pod kątem 30 stopni, ze stawem łokciowym zgiętym pod kątem prostym, przedramię zostanie ustawione w pozycji pośredniej. Badanie dla każdej z kończyn górnych obejmował cztery osobne protokoły przeprowadzone następująco w prędkościach 240 ° /sekundę, 60 °/sekundę, 180 °/sekundę oraz ponownie 240 °/sekundę, generując odpowiedni dla każdej próby opór proporcjonalny do siły badanego tak, aby

ruch zachodził z daną prędkością. Próby ustalono na podstawie wcześniejszych badań wykonywanych w Klinice [28]. Zadaniem badanego było jak najszybsze wykonanie następujących po sobie ruchów rotacji zewnętrznej i wewnętrznej. Przerwa pomiędzy próbami wynosiła 10 sekund. Zakres ruchu podczas badania był indywidualnie dostosowywany do możliwości badanego.



Rycina 3 Pozycja przygotowawcza do badania siły mięśni rotatorów stawu ramiennego w protokole izokinetycznym

4. Badanie biomechaniczne mięśni przedramienia w skurczu izotonicznym

Uczestnicy badania zostali poddani ocenie protokołem izotonicznym mięśni prostowników i zginaczy nadgarstka oraz palców na urządzeniu Biodex System 4 Pro. Protokół składał się z 3 prób o zmiennym obciążeniu, w których pacjent wykonuje następujące kolejno po sobie cztery ruchy zgięcia grzbietowego i dłoniowego nadgarstka. Próby ustalono na podstawie wcześniejszych badań wykonywanych w Klinice [29]. Obciążenie wynosiło 0,5 Nm w pierwszej próbie, 1 Nm w drugiej próbie i ponownie 0,5 Nm w ostatniej próbie. Przerwa pomiędzy próbami wynosi 15 sekund. Pacjent podczas badania znajduje się w pozycji siedzącej ustalonej, z tułowiem i barkami przypiętymi równolegle do fotela urządzenia. Badana kończyna była odwiedzona w stawie ramiennym pod kątem 30° w płaszczyźnie horyzontalnej, staw łokciowy był zgięty pod kątem 90° , przedramię ustawione w pronacji znajdowało się na nakładce i ustabilizowane było za pomocą pasa. Ręka osoby badanej trzymała uchwyt

dynamometru i podczas badania wykonywała naprzemienne ruchy zgięcia grzbietowego i dłoniowego nadgarstka. Zakres ruchu podczas badania jest indywidualnie dostosowywany do możliwości badanego, który określony był podczas kilku wstępnych ruchów przed pierwszym protokołem.



Rycina 4 Pozycja przygotowawcza do badania siły mięśni przedramienia w protokole izotonicznym

Spośród badanych parametrów generowanych w trakcie oceny biomechanicznej mięśni przedramienia i barku, do szczegółowej analizy wykorzystałem następujące, ze względu na ich największe znaczenie kliniczne:

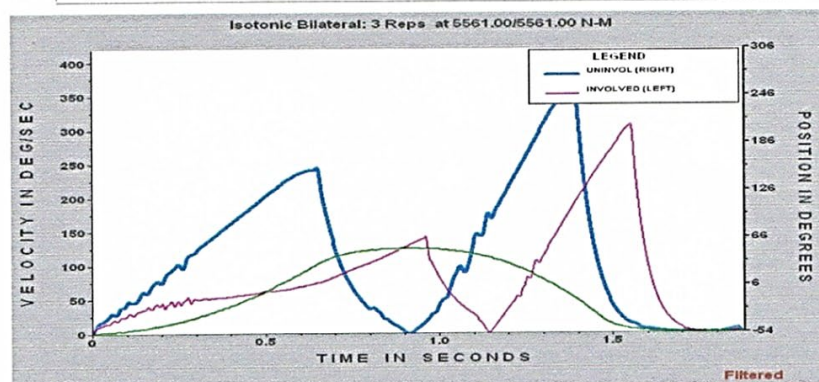
- Średnia moc – wyrażona w Watach [W]
- Szczytowy moment obrotowy – w protokole izokinetycznym dla mięśni rotatorów stawu ramiennego, wyrażony w niutonometrach [Nm]
- Szczytowa prędkość kątowna – w protokole izotonicznym dla mięśni przedramienia, wyrażona w stopniach na sekundę [$^{\circ}/s$]
- Współczynnik agonistów/antagonistów, wyrażony w procentach [%].

Poniżej przedstawiam przykładowy wynik badania mięśni przedramienia w protokole izotonicznym.

Comprehensive Evaluation

Name: Session: 1/14/2016 11:37:15 AM Windowing: None
 ID: Involved: Left Protocol: Isotonic Bilateral
 Birth Date: (M/d/yyyy) Clinician: Pattern: Extension/Flexion
 Ht: 170 Referral: Mode: Isotonic
 Wt: 78.0 Joint: Wrist Contraction: CON/CON
 Gender: Male Diagnosis: GET: 2 N-M at 0 Degrees

EXTENSION 5561.00 N-M				FLEXION 5561.00 N-M			
# OF REPS: Right 3		UNINVOL	INVOLVED	DEFICIT	UNINVOL	INVOLVED	DEFICIT
# OF REPS: Left 3		RIGHT	LEFT		RIGHT	LEFT	
PEAK VELOCITY	DEG/SEC	238.1	136.3	42.7	352.3	295.4	16.1
PEAK VELOCITY / BW	%	306.7	175.6		453.8	380.5	
TIME TO PEAK VEL	MSEC	620.0	1400.0		430.0	580.0	
ANGLE OF PEAK VEL	DEG	24.0	33.0		-22.0	-33.0	
VELOCITY @ 30.0 DEG	DEG/SEC	229.7	133.2	42.0	198.4	161.1	18.8
VELOCITY @ 0.18 SEC	DEG/SEC	72.2	31.0	57.0	147.7	97.0	34.4
COEFF. OF VAR.	%	14.2	16.9		5.5	5.4	
MAX REP TOT WORK	J	2.7	0.0	98.8	9.1	3.8	58.2
MAX WORK REP #	#	2	3		1	3	
WRK/BODYWEIGHT	%	3.5	0.0		11.8	4.9	
TOTAL WORK	J	6.2	0.0	99.4	25.3	9.1	63.8
WORK FIRST THIRD	J	1.1	0.0		9.1	3.0	
WORK LAST THIRD	J	2.4	0.0		9.0	3.8	
WORK FATIGUE	%	-111.9	0.0		1.8	-26.1	
AVG. POWER	WATTS	2.0	0.0	99.7	9.1	2.5	73.1
ACCELERATION TIME	MSEC	420.0	1130.0		310.0	390.0	
DECELERATION TIME	MSEC	280.0	260.0		460.0	450.0	
ROM	DEG	105.4	114.5		105.4	114.5	
AVE PEAK VEL	DEG/SEC	217.6	119.7		340.3	284.0	
AGON/ANTAG RATIO	%	67.6	46.1				



Instytut Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Reki, Poznań Rev 4.26

Rycina 5 Przykładowy wynik badania mięśni przedramienia w protokole izotonicznym na urządzeniu Biodex System 4

4.6. Badanie elektromiografii powierzchniowej (SEMG)

Badanie czynności elektrycznej mięśni zostało przeprowadzone za pomocą urządzenia NORAXON Telemyo 2400T G2. Noraxon jest urządzeniem służącym do oceny czynności bioelektrycznej mięśni podczas ich pracy, mierząc napięcie elektryczne i całkowitą pracę mięśnia.

Na badanym zostaną umieszczone elektrody powierzchniowe (jednorazowe) samoprzylepne podłączone do bezprzewodowego urządzenia pomiarowego. Elektrody zostały przygotowane i rozmieszczone zgodnie w protokołem SENIAM [30] tak, jak pokazuje Tabela 4.

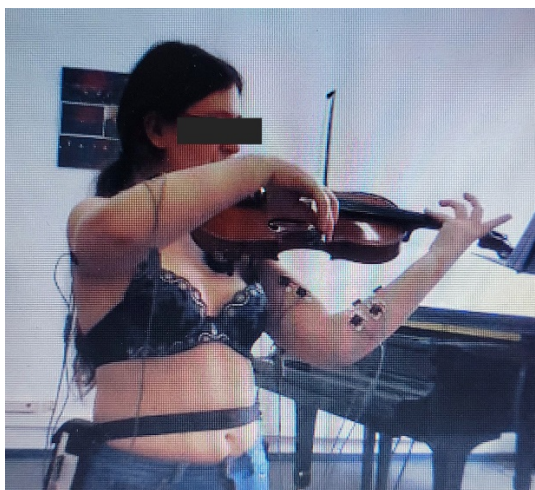
Tabela 4 Rozmieszczenie elektrod NORAXON Telemyo 2400T i przydzielonych im kanałów

Kanał 1	Część zstępująca mięśnia czworobocznego grzbietu po stronie prawej
Kanał 2	Część zstępująca mięśnia czworobocznego grzbietu po stronie lewej
Kanał 3	Mięsień trójęłowy ramienia – głowa przyśrodkowa po stronie prawej
Kanał 4	Mięsień prostownik wspólny palców po stronie prawej
Kanał 5	Mięsień trójęłowy ramienia – głowa przyśrodkowa po stronie lewej
Kanał 6	Mięsień dwujęłowy ramienia po stronie lewej
Kanał 7	Mięsień zginacz łokciowy nadgarstka po stronie lewej
Kanał 8	Mięsień zginacz promieniowy nadgarstka po stronie lewej

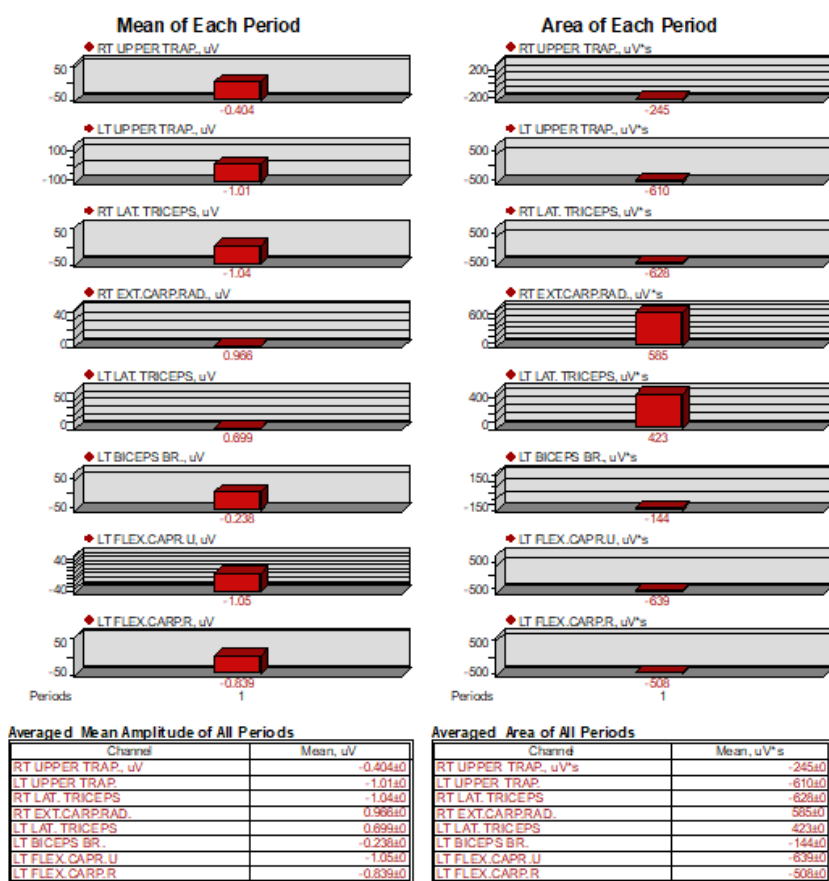
Przygotowując projekt, byłem świadomy ograniczeń badania powierzchniowego EMG i analizując dane dostrzegam brak możliwości rejestracji sygnału z ECRB w sposób izolowany tą metodą, lecz odbiorem sygnałów z większej części grupy prostowników przedramienia unerwianej przez nerw promieniowy, i tak to rozumiem. Elektrody były jednak rozmieszczone zgodnie z protokołem urządzenia pomiarowego, które definiuje konkretne miejsca i podaje lokalizacje elektrod. Odniesienia w literaturze też bazują na konkretnych mięśniach i zachowanie takiej nomenklatury pozwala na czystość przekazu. Zatem pod pojęciem FCR mamy na myśli grupę zginaczy przedramienia unerwioną przez nerw pośrodkowy, a FCU grupę zginaczy przedramienia unerwioną przez nerw łokciowy. Biceps natomiast reprezentuje grupę zginaczy stawu łokciowego położona na przedniej powierzchni kości ramiennej

Uczestnicy badania zostali poproszeni o przygotowanie wcześniej 3 utworów zróżnicowanych pod względem tempa i trudności – Allemande Partita no.2 J.S. Bacha, Etiudy nr 2 R. Kreutzera, oraz „Legendy” H. Wieniawskiego. Utwory zostały dobrane w porozumieniu z wykładowcami Akademii Muzycznej w Szczecinie tak, by nie stanowiły nadmiernego wyzwania w przygotowaniu i znajdowały się w podstawowym repertuarze profesjonalnych instrumentalistów. Muzycy badani byli elektromiograficznie podczas gry, a następnie w pozycji przygotowawczej do gry w staniu, która to pozycja utrzymywana była przez badanego przez 30 sekund. Badanie elektromiograficzne kończone było pomiarem maksymalnego izometrycznego skurczu (MVC) każdej z badanych grup mięśniowych. Pomiar polegał na wykonywaniu trzykrotnych skurczów mięśniowych przeciwko stale działającej sile, generowanej przez badającego, trwających, łącznie ok. dziesięć sekund. Badany wykonywał napinał mięsień stopniowo prowadząc do maksymalnego skurczu mięśnia utrzymywanego przez 4 sekundy. Pomiędzy pomiarami badany odpoczywał przez trzydzieści sekund. Badana grupa mięśniowa była podczas pomiaru maksymalnie izolowana, a nieporuszające się podczas pomiaru segmenty ciała były oparte i zrelaksowane, celem maksymalnej eliminacji ruchów dodatkowych zaburzających pomiar [31].

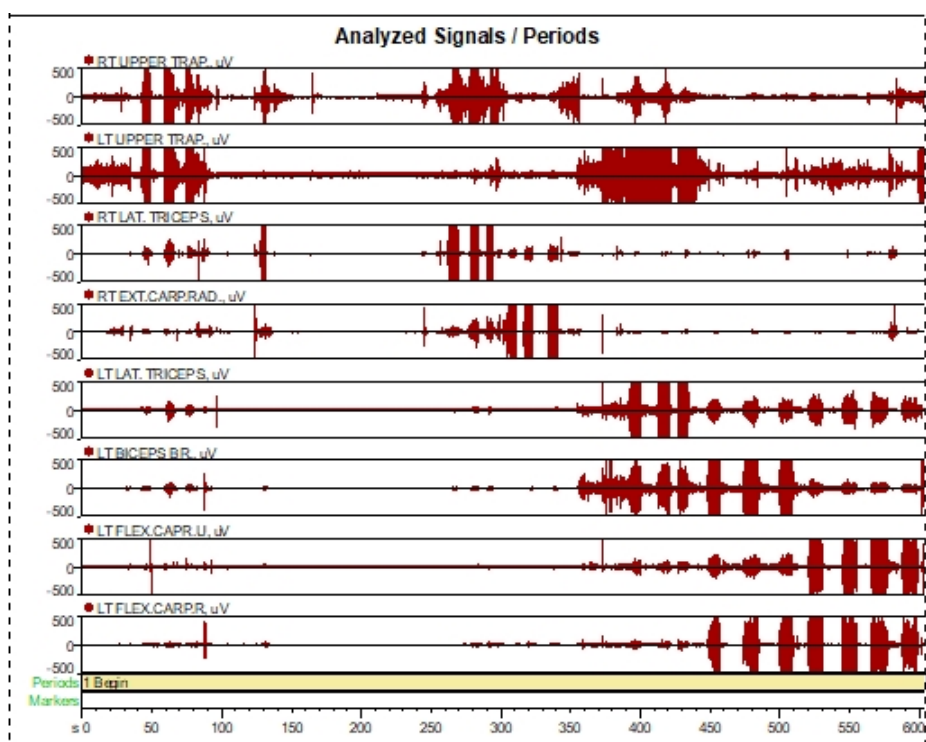
Wynikiem badania była średnia amplitudy napięć i %MVC danego mięśnia. Wyniki te poddałem rektyfikacji i normalizacji amplitudy, usunięciu artefaktów jeśli wystąpiły.



Rycina 6 Badanie SEMG podczas gry na skrzypcach oraz



Rycina 7 Przykładowy wynik badania SEMG na urządzeniu Noraxon Telemetry 2400T G2



Rycina 8 Przykładowy zapis badania SEMG urządzenia Noraxon Telemetry 2400T G2

4.7. Badanie ortopedyczne

Uczestnicy badania zostali poddani kompleksowemu badaniu ortopedycznemu w obrębie kończyn górnych oraz szczegółowej ocenie w kierunku podstawowych jednostek chorobowych występujących w tym rejonie anatomicznym. Do badania zostały zastosowane klasyczne testy funkcjonalne, w kierunku zespołów takich jak tendinopatie, entezopatie, uszkodzenia ścięgien mięśni pierścienia rotatorów czy neuropatii uciskowych mogących wiązać się z przyczynami PRMDs lub z badanymi elektromiograficznie grupami mięśniowymi, zgodnie z klasyczną techniką ich wykonywania. Zakresy ruchu odcinka szyjnego kręgosłupa, w stawach ramiennym, łokciowym oraz nadgarstku mierzyłem za pomocą goniometru. Oceniałem również stabilność stawów w klasycznych testach prowokacyjnych.

4.8. Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki wprowadzono do arkusza kalkulacyjnego w programie Microsoft Excel następnie poddano je analizie statystycznej przy pomocy programu statystycznego Statistica 13® będącego na licencji Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu oraz oprogramowania GraphPad InStat 3.0.

Wszystkie podstawowe obliczenia statystyczne scharakteryzowano za pomocą wartości takich jak: średnia, mediana, minimum, maksimum, odchylenie standardowe oraz 95% przedział ufności, jaki i rozstęp kwartyłowy.

W obliczeniach dla zmiennych ilościowych dwóch grup zależnych spełniających kryteria rozkładu normalnego wykorzystano test t-Studenta. W przypadku odrzucenia rozkładu normalnego w badaniach użyto testu dla zmiennych nieparametrycznych - testu Wilcoxa. W obliczeniach dla zmiennych ilościowych dwóch grup niezależnych spełniających kryteria rozkładu normalnego oraz jednorodnych wariancji wykorzystano test t-Studenta. W przypadku niejednorodnych wariancji wykorzystano test Welcha. W przypadku odrzucenia rozkładu normalnego w badaniach użyto testów nieparametrycznych – test Manna-Whitneya. Poziom istotności wykonanych testów przejęto dla wartości $p < 0,05$.

W celu oceny współczynnika korelacji wykorzystano test rang Spearmanna z następującą interpretacją wyniku:

$r < 0,2$ brak zależności,

$0,2 \leq r < 0,4$ korelacja słaba,

$0,4 \leq r < 0,7$ korelacja średnia,

$0,7 \leq r < 0,9$ korelacja bardzo wysoka,

$0,9 \leq r \leq 1$ korelacja pełna.

5. Wyniki

5.1. Wyniki badania klinicznego i ankietowego

Ocena dolegliwości bólowych wykazała średniego stopnia ból w skali NRS, w grupie objawowej grupie pacjentów, który znalazł odzwierciedlenie w ponadprzeciętnym wyniku Kwestionariusza DASH. Wszyscy muzycy prezentowali niewielkie ograniczenia czynności dnia codziennego, a grupy pacjentów objawowych i nie objawowych różniły się istotnie statystycznie - $p = 0,02$. Wynik modułów „praca” i „hobby” były niemożliwe do zestawienia ze względu na zbyt dużą liczbę pominiętych odpowiedzi. Szczegółowe dane są zawarte w Tabeli 5.

Tabela 5 Częściowe wyniki badania ankietowego

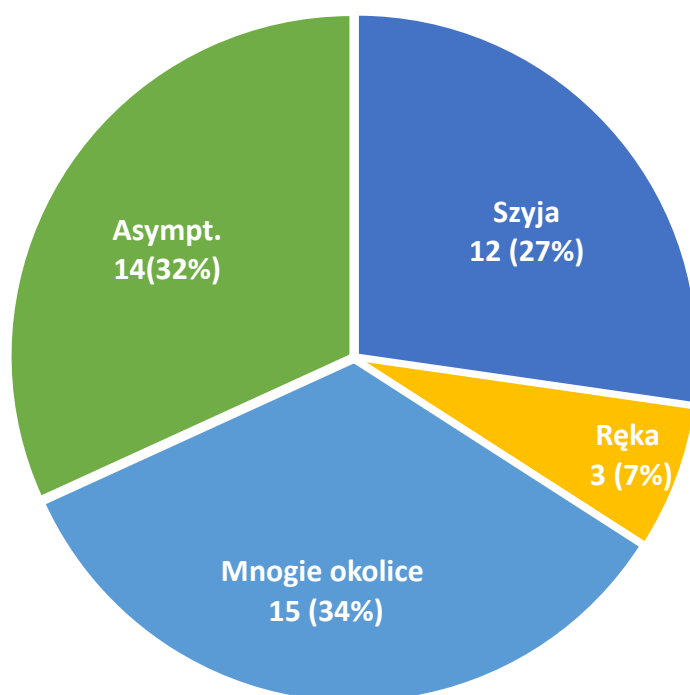
	Średnia	OS	Mediana	Min.	Max.	Q1-3
DASH						
Wszyscy (n 44)	9,7	11,8	5,0	0,0	52,5	1,875 - 5,8
Asymptomatyczni (n 14)	3,9	3,4	3,3	0,0	14,2	1,5-5,2
Symptomatyczni (n 30)	12,3	13,3	7,5	0,0	52,5	4,0 - 16,0
Ból [NRS] (n 30)	5,1	2,0	5,0	2,0	10,0	3,0 - 6,3

NRS – numeryczna skala bólu 0-10, n – liczba osób

Średnia stażu gry muzyków wynosiła 22,7 lat. Spędzali oni średnio na treningu z instrumentem odpowiednio 5,3 i 22,7 godzin dziennie i tygodniowo. Średnia czasu rozgrzewki z instrumentem wynosiła 13,9, a bez niej 2,1 minut. Przeciętnie najdłuższy czas bez przerwy w graniu wynosił ok. 1,5 godziny.

Muzycy zgłaszali objawy z różnych okolic ciała, lecz do grypy symptomatycznej klasyfikowałem tych, którzy zgłaszali objawy ze strony kończyn górnych lub okolicy barkowej czy szyi, gdyż na tych dolegliwościach chciałem się skupić. Podzieliłem ich na pięć grup względem czterech segmentów ciała, z których zgłaszali objawy: szyja, bark, staw łokciowy, ręka oraz mnogie okolice w obrębie kończyn górnych i ich obręczy.

Dwunastu pacjentów zgłaszało objawy z okolicy szyi, z czego dwie miały dodatnie testy funkcjonalne dla tej okolicy, a trzy z nich prezentowało dodatnie testy z nieobjawowych okolic ciała. Trzech pacjentów, niezgłaszających objawów ze strony szyi, prezentowało dodatnie testy klinicznej z tej okolicy. Żaden z muzyków nie zgłaszał izolowanych objawów z okolicy stawu ramiennego. Odosobnione dolegliwości z okolicy ręki zgłaszały 3 osoby, z których żadna nie prezentowała specyficznych testów klinicznych, natomiast 5 osób zgłaszających objawy z innych okolic wykazywało dodatnie wyniki testów klinicznych. Symptomy z kilku okolic zgłaszało 15 chorych, z których 10 miało dodatnie testy kliniczne. Spośród 14 osób nie objawowych 4 prezentowały pojedyncze pozytywne objawy kliniczne z różnych okolic ciała. Typowo parestezje zgłaszało 10 badanych, z których 4 prezentowało dodatnie testy kliniczne dla odcinka szyjnego kręgosłupa lub objawy charakterystyczne dla neuropatii obwodowej, a 6 innych prezentowało objawy neuropatyczne nie zgłaszając występowania parestezji w ankiecie.



Rycina 9 Diagram obrazujący podział muzyków względem lokalizacji zgłaszanych objawów

5.2. Ocena obciążeń w badaniu elektromiografii powierzchniowej

Całą grupę muzyków poddaliśmy analizie elektromiograficznej podczas gry 3 utworów o zmiennym tempie oraz w pozycji statycznej przygotowawczej do gry. Zestawiłem średnie napięcie każdej z 8 badanych grup mięśniowych we wszystkich czterech pomiarach między sobą oraz określiłem procentowy jego udział w maksymalnym napięciu skurczu izometrycznego (% MVC). W pierwszym etapie analizy poddawałem wszystkie 4 pomiary analizie wieloczynnikowej, a w przypadku uzyskania istotnie statystycznego wyniku, analizie szczegółowej pomiędzy konkretnymi utworami oraz pozycją przygotowawczą. Analiza średniego napięcia wykazała brak istotnych różnic pomiędzy utworami we wszystkich badanych grupach mięśniowych oraz niewielki jego udział procentowy w MVC, nie przekraczający 30%. Najwyższe jego pomiary notowano w prawym mięśniu czworobocznym lewym mięśniu dwugłowym oraz lewym ECRB, a najniższe obustronnie w mięśniach trójgłowych ramienia. Większość badanych grup mięśniowych różniła się istotnie statystycznie pod względem średniego napięcia oraz procentowego jego udziału w MVC względem pozycji przygotowawczej do gry. Różnica ta najbardziej wyrażona była obrębie ECRB, FCR oraz FCU.

Szczegółowa analizę porównawczą przedstawiają Tabele 6 -7.

Tabela 6 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej prawej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie całej grupy pomiędzy pomiarami

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
P Trapezius	MA	Bach	49,4 (29,1)	41,9 (26,3 - 67,9)	5,0	129,0	40,6 - 58,2	0,0003*
		Kreutzer	37,4 (23,2)	31,8 (19,9-52,8)	6,9	107,0	30,3-44,4	Ps1vs.Bach 0,0003
		Wieniawski	51 (32,6)	44,5 (28,5 - 67,0)	4,8	152,0	41,1 - 60,9	Ps1vs. Wieniawski 0,0001
		Ps1	21,1 (23,1)	21,1 (5,2 - 21,1)	1,3	126,0	14,1 - 28,1	
	MVC	Bach	26,6 (15,1)	23,1 (15,2 - 35,4)	7,2	68,5	11,3 - 22,6	0,005**
		Kreutzer	20,4 (11)	17,3 (10,9 - 29,0)	5,3	40,8	8,3 - 16,5	Ps1vs.Bach 0,01
		Wieniawski	27,9 (15,4)	23,6 (17,2 - 35,5)	9,2	70,1	11,6 - 23,1	Ps1vs. Wieniawski 0,005
		Ps1	12,1 (14,4)	3,2 (2,0 - 17,2)	0,7	50,6	10,4 - 23,2	
P Triceps	MA	Bach	16,6 (13,5)	12,1 (8,7 - 18,7)	4,5	74,7	12,5 - 20,7	0,003**
		Kreutzer	21,4 (32,8)	13,3 (9,9-20,6)	4,9	217,0	11,4 - 31,4	Ps1vs. Kreutzer 0,01
		Wieniawski	11,8 (8,3)	9,2 (7,4 - 13,7)	2,0	42,5	9,3 - 14,3	
		Ps1	6,8 (5,7)	6,8 (3,8 - 6,8)	1,0	37,0	5,1 - 8,5	
	MVC	Bach	6,7 (4,3)	5,9 (3,3 - 8,7)	2,4	18,9	3,2 - 6,4	NS*
		Kreutzer	7,5 (5,3)	6,6 (3,8 - 8,6)	1,8	24,2	4,0 - 7,9	
		Wieniawski	5 (3,6)	4,3 (2,6 - 5,1)	1,5	15,6	2,7 - 5,4	
		Ps1	3,2 (3,5)	1,7 (1,2 - 3,1)	1,0	13,6	2,6 - 5,7	
P ECRB	MA	Bach	46,6 (15,7)	49,4 (30,6 - 58,6)	23,2	71,8	11,8 - 23,6	0,0000*
		Kreutzer	57,4 (28,8)	52,8 (34,4 - 67,6)	28,7	147,0	21,6 - 43,1	Ps1vs.Bach 0,000008
		Wieniawski	43,5 (16,1)	42,6 (29,5 - 54,2)	20,6	74,2	12,1 - 24,2	Ps1vs.Kreutzer 0,0000008
		Ps1	13,1 (10,2)	10,8 (4,0 - 19,5)	2,4	36,6	7,4 - 16,4	Ps1vs. Wieniawski 0,0000008
	MVC	Bach	15,2 (5,1)	16,1 (10,0 - 19,1)	7,6	23,4	3,9 - 7,7	0,0000**
		Kreutzer	18,7 (9,4)	17,2 (11,2 - 22,0)	9,4	47,9	7,0 - 14,1	Ps1vs.Bach 0,000008
		Wieniawski	14,2 (5,3)	13,9 (9,6 - 17,7)	6,7	24,2	3,9 - 7,9	Ps1vs.Kreutzer 0,0000008
		Ps1	4,3 (3,3)	3,5 (1,3 - 6,4)	0,8	11,9	2,4 - 5,3	Ps1vs. Wieniawski 0,0000008

*ANOVA, ** test Kruskala-Wallis

Tabela 7 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej lewej (MA [mV], %MVC [%], – porównanie całej grupy pomiędzy pomiarami

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
L Trapezius	MA	Bach	38,4 (22)	33,7 (20,2 - 45,4)	14,9	95,1	16,5 - 33,0	NS*
		Kreutzer	36,2 (20)	28,8 (20,6 - 43,4)	11,6	81,0	15,0 - 30,0	
		Wieniawski	37,2 (21,9)	31,7 (21,9 - 40,3)	14,0	87,3	16,4 - 32,9	
		Ps1	33,4 (37)	18,5 (6,7 - 47,0)	4,0	128,0	26,8 - 59,7	
	% MVC	Bach	11,0 (6,3)	9,6 (5,8 - 13,0)	4,3	27,2	4,7 - 9,5	NS*
		Kreutzer	10,4 (5,7)	8,2 (5,9 - 12,4)	3,3	23,2	4,3 - 8,6	
		Wieniawski	10,7 (6,3)	9,1 (6,3 - 11,5)	4,0	25,0	4,7 - 9,4	
		Ps1	9,6 (10,6)	5,3 (1,9 - 13,5)	1,1	36,7	7,7 - 17,1	
L Triceps	MA	Bach	18,2 (11,6)	16 (8,9 - 23,7)	6,5	51,6	8,7 - 17,4	0,0000* Ps1 vs. Wieniawski 0,001
		Kreutzer	20,3 (14,4)	18,1 (10,3 - 23,3)	4,9	66,0	10,8 - 21,6	
		Wieniawski	38,3 (58,8)	21,9 (11,5 - 29,6)	9,1	264,0	44,1 - 88,1	
		Ps1	6,9 (4,3)	6 (4,2 - 8,6)	1,9	19,1	3,1 - 6,9	
	% MVC	Bach	6,7 (4,3)	5,9 (3,3 - 8,7)	2,4	18,9	3,2 - 6,4	0,0000** Ps1 vs. Kreutzer 0,04
		Kreutzer	7,5 (5,3)	6,6 (3,8 - 8,6)	1,8	24,2	4,0 - 7,9	
		Wieniawski	14,5 (22,3)	8,3 (4,4 - 11,2)	3,4	100,0	16,7 - 33,4	
		Ps1	2,6 (1,6)	2,3 (1,6 - 3,3)	0,7	7,2	1,2 - 2,6	
L Biceps	MA	Bach	69,2 (32,9)	62,7 (52,2 - 83,4)	18,7	138,0	24,7 - 49,3	0,0000* Ps1 vs. Bach 0,00007 Ps1 vs. Kreutzer 0,0009 Ps1 vs. Wieniawski 0,0000008
		Kreutzer	68,9 (34,5)	59,2 (47,4 - 98,1)	10,0	136,0	25,9 - 51,7	
		Wieniawski	85,5 (40,8)	80,2 (55,5 - 112,7)	34,0	176,0	30,6 - 61,1	
		Ps1	23,3 (13,1)	18,7 (14,3 - 30,5)	9,0	56,0	9,5 - 21,1	
	% MVC	Bach	17,7 (8,4)	16 (13,3 - 21,3)	4,8	35,3	6,3 - 12,6	0,0000* Ps1 vs. Bach 0,0001 Ps1 vs. Kreutzer 0,001 Ps1 vs. Wieniawski 0,0000008
		Kreutzer	17,6 (8,8)	15,2 (12,1 - 25,1)	2,6	34,8	6,6 - 13,2	
		Wieniawski	21,9 (10,4)	20,5 (14,2 - 28,8)	8,7	45,0	7,8 - 15,6	
		Ps1	6,0 (3,4)	4,8 (3,7 - 7,8)	2,3	14,3	2,4 - 5,4	

*ANOVA, ** test Kruskala-Wallis

LFCU	MA	Bach	46,1 (15,2)	48 (34,1 - 57,4)	22,0	67,4	11,4 - 22,7	0,0000*
		Kreutzer	54,6 (21,9)	52,4 (41,0 - 65,3)	22,0	112,8	16,4 - 32,8	Ps1vs.Bach 0,000008
		Wieniawski	43,7 (13,7)	43,1 (36,5 - 52,4)	23,3	76,8	10,3 - 20,6	Ps1vs.Kreutzer 0,0000008
		Ps1	14,8 (17,5)	11,2 (6,5 - 15,7)	3,3	73,4	12,7 - 28,2	Ps1vs. Wieniawski 0,0000008
	% MVC	Bach	17,5 (5,8)	18,3 (13,0 - 21,8)	8,4	25,6	4,3 - 8,6	0,0000**
		Kreutzer	20,7 (8,3)	19,9 (15,6 - 24,8)	8,4	42,9	6,2 - 12,5	Ps1vs.Bach 0,0000008
		Wieniawski	16,6 (5,2)	16,4 (13,9 - 19,9)	8,9	29,2	3,9 - 7,8	Ps1vs.Kreutzer 0,0000008
		Ps1	5,6 (6,7)	4,3 (2,5 - 6,0)	1,2	27,9	4,8 - 10,7	Ps1vs. Wieniawski 0,0000008
LFCR	MA	Bach	32 (10,2)	30,5 (24,4 - 34,8)	19,0	58,7	7,7 - 15,3	0,0000**
		Kreutzer	35,8 (11,6)	34,5 (30,9 - 41,1)	18,1	70,4	8,7 - 17,3	Ps1vs.Bach 0,000009
		Wieniawski	34 (7,9)	32 (27,6 - 39,5)	21,3	50,3	5,9 - 11,8	Ps1vs.Kreutzer 0,0000008
		Ps1	13,3 (7,7)	12,5 (7,2 - 17,7)	1,7	26,5	5,6 - 12,4	Ps1vs. Wieniawski 0,0000008
	% MVC	Bach	12,2 (3,9)	11,7 (9,3 - 13,3)	7,3	22,4	2,9 - 5,9	0,0000**
		Kreutzer	13,7 (4,4)	13,2 (11,8 - 15,7)	6,9	26,9	3,3 - 6,6	Ps1vs.Bach 0,00003
		Wieniawski	13 (3)	12,3 (10,6 - 15,1)	8,1	19,3	2,3 - 4,5	Ps1vs.Kreutzer 0,00001
		Ps1	5,1 (2,9)	4,8 (2,7 - 6,8)	0,7	10,1	2,1 - 4,7	Ps1vs. Wieniawski 0,0000009

*ANOVA, ** test Kruskala-Wallis

5.3. Częściowa ocena biomechaniczna całej grupy skrzypków

Badanie mięśni barku w protokole izometrycznym

Dokonałem pomiaru siły mięśniowej odwodzenia, przewodzenia, zginania, wyprostu oraz ruchów rotacyjnych stawu ramiennego oraz ich porównania pomiędzy kończynami badanych muzyków. We wszystkich typach ruchu wartości są zbliżone, ze wyjątkiem porównania parametrów przywodzicieli stawu ramiennego. Porównanie siły mięśniowej tego ruchu pomiędzy kończynami wykazało istotność statystyczną i była ona większa w kończynie górnej prawej.

Szczegółowe porównanie przedstawia Tabela 8.

Tabela 8 Wyniki pomiaru siły mięśniowej mięśni barku w protokole izometrycznym [kg]

		Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
Zgięcie	P	5,6 (2,3)	5,4 (3,9 - 6,3)	1,2	11,9	4,9 - 6,3	NS**
	L	5,4 (2,3)	5,1 (3,7 - 6,4)	2,7	12,1	4,7 - 6,1	
Wyprost	P	6,4 (3,1)	6,3 (4,4 - 8,5)	2,0	12,7	5,5 - 7,3	NS**
	L	6,2 (2,7)	6,3 (4,4 - 7,9)	1,9	12,3	5,4 - 7,0	
Odwiedzenie	P	5,1 (2)	5 (3,4 - 6,2)	1,3	9,8	4,5 - 5,7	NS*
	L	5,3 (2,1)	4,8 (3,6 - 6,7)	1,9	10,4	4,7 - 6,0	
Przywiedzenie	P	6,7 (3,2)	6,9 (4,7 - 8,5)	2,1	15,3	5,8 - 7,7	0,02**
	L	6,3 (3,2)	6,1 (4,2 - 8,5)	1,8	15,4	5,3 - 7,2	
RZ	P	5,8 (2,4)	5 (3,9 - 7,1)	2,2	11,7	5,1 - 6,4	NS**
	L	5,5 (2,3)	5,4 (3,8 - 6,9)	1,3	11,1	4,8 - 6,2	
RW	P	5,8 (2,3)	5,5 (3,8 - 7,4)	2,3	11,3	5,2 - 6,5	NS**
	L	5,9 (2,5)	5,6 (4,5 - 6,9)	1,6	12,7	5,2 - 6,6	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxona

Badanie siły chwytu globalnego

Wykonany przeze mnie pomiar statystyczny średnich sił chwytu globalnego wykazał istotną statystycznie różnicę pomiędzy badanymi kończynami. Wyższe wartości, mierzone na podstawie trzykrotnego pomiaru maksymalnego skurczu na aparacie wykazane dla kończyny górnej prawej. Szczegółowe porównanie przedstawia Tabela 9.

Tabela 9 Wyniki pomiaru siły chwytu globalnego [kg]

	Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
P	27,4 (6,9)	26,7 (22,15 - 30,45)	13,3	47,2	25,3 - 29,5	0,007**
L	26,1 (6,2)	25,4 (22,2 - 28,9)	12,9	43,5	24,2 - 28,0	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxona

Ocena siły mięśni w protokołach izokinetycznym i izotonicznym

Ocena mięśni rotatorów stawu ramiennego w protokole izokinetycznym porównywała rotatory zewnętrzne i wewnętrzne w obu kończynach w protokole izokinetycznym w 4 próbach. Rotatory zewnętrzne stawu ramiennego nie wykazywały istotnych różnic pomiędzy kończynami w pomiarach szczytowego momentu obrotowego w żadnej z 3 prób oraz istotną statystycznie różnicę w 1 pomiarze średniej mocy. Rotatory wewnętrzne wykazały istotną statystycznie różnicę pomiędzy badanymi kończynami w 3 na 4 próby przy pomiarze szczytowego momentu obrotowego oraz w żadnym z pomiarów średniej mocy.

Porównanie przeciwnie działających sił tych antagonistycznych grup mięśniowych nie wykazało istotnych różnic pomiędzy kończynami, a wszystkie średnie wyniki pokazywały przewagę rotatorów wewnętrznych stawu ramiennego, występującą fizjologicznie. Współczynniki agonistów/antagonistów w niemal wszystkich próbach były wyższe niż fizjologiczne, świadcząc o zwiększonej proporcji rotatorów zewnętrznych stawu ramiennego.

Szczegółowe porównanie przedstawiają Tabele 10-12.

Tabela 10 Wyniki pomiaru szczytowego momentu obrotowego mięśni barku pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [Nm]

	[°/s]	Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
RZ	240	P 18,7 (6,7)	19,3 (15,0 - 23,1)	5,3	28,7	5,0 - 10,2	NS**
		L 18,5 (6,1)	18,5 (14,7 - 20,3)	9,8	33,7	4,5 - 9,2	
	60	P 16,2 (4,4)	17,7 (12,3 - 18,5)	9	25	3,3 - 6,7	NS**
		L 16,6 (4,5)	15,6 (12,4 - 20,7)	9,1	24,3	3,4 - 6,9	
	180	P 17,8 (5,3)	18,1 (15,1 - 21,7)	8,5	29	4,0 - 8,1	NS*
		L 18,6 (6)	18,7 (14,1 - 21,1)	7,7	31,3	4,5 - 9,1	
	240	P 19,6 (6,7)	20,6 (15,1 - 23,6)	9,5	34	5,0 - 10,2	NS*
		L 18,8 (7,4)	18,6 (13,4 - 19,1)	8,6	38,1	5,5 - 11,3	
	240	P 22,5 (9,3)	20,8 (17,4 - 28,5)	6,7	42,1	6,9 - 14,1	0,02*
		L 25,2 (9,7)	25 (17,7 - 32,9)	8,8	41,8	7,3 - 14,1	
	60	P 22,2 (9,3)	19,7 (16,8 - 27,3)	11,1	45,7	6,9 - 14,1	NS*
		L 23,4 (8,4)	23,1 (18,9 - 28,5)	7	37,2	6,3 - 12,8	
RW	180	P 23,5 (8,6)	22,8 (15,9 - 28,3)	11,3	44,3	6,4 - 13,1	0,04**
		L 25,6 (7,7)	25,5 (20,3 - 29,9)	9,4	38	5,7 - 11,7	
	240	P 26,1 (9,7)	25,5 (19,7 - 30,9)	11,5	47,2	7,2 - 14,7	0,005*
		L 28,2 (9,8)	27,8 (21,9 - 33,4)	11,6	53,1	7,3 - 14,9	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxona

Tabela 11 Wyniki pomiaru średniej mocy mięśni barku pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [W]

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
RZ	240	P	14,8 (9,4)	12,6 (8,7 - 18,5)	1,9	35,8	7,0 - 14,3	NS**
		L	13,6 (6,9)	12,3 (8,6 - 17,5)	3,9	25,4	5,1 - 10,5	
	60	P	14,9 (7,5)	13,9 (10,2 - 16,3)	2,5	31,8	5,6 - 11,4	0,02*
		L	13,5 (6,6)	11,4 (9,1 - 17,6)	2,6	30,5	4,9 - 10,1	
	180	P	16,1 (8,4)	15,5 (9,4 - 18,8)	2,3	31,9	6,3 - 12,9	NS*
		L	14,9 (8,2)	12,8 (8,9 - 20,6)	2,7	35,9	6,1 - 12,5	
	240	P	15,8 (8,4)	14,4 (9,2 - 20,4)	2,2	31,7	6,2 - 12,7	NS*
		L	14,3 (8,4)	11,9 (7,8 - 18,0)	3,4	35,2	6,3 - 12,8	
	240	P	21,2 (13,9)	19,9 (12,1 - 25,9)	1,8	50,7	10,4 - 21,2	NS*
		L	22,4 (15,5)	19,6 (11,5 - 30,7)	1,2	50,6	11,5 - 23,5	
	60	P	24,6 (11,5)	23,2 (18,2 - 33,7)	3,5	45,8	8,5 - 17,5	NS**
		L	23,9 (11,2)	21,3 (17,8 - 37,8)	0,9	42	8,4 - 17,1	
RW	180	P	26,4 (13,1)	24,1 (14,9 - 37,7)	2,5	47,1	9,7 - 19,9	NS*
		L	26,2 (12,8)	23,3 (19,0 - 38,7)	0,9	47,3	9,5 - 19,5	
	240	P	25,1 (11,9)	24 (16,7 - 34,7)	2,7	44,6	8,9 - 18,2	NS**
		L	26 (12,9)	22,3 (19,9 - 38,0)	1,6	47,5	9,6 - 19,6	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxona

Tabela 12 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni barku pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [%]

		Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	P
240	P	85,9 (17,9)	80,5 (77,3 - 94,7)	58,9	127,2	13,4 - 27,3	NS*
	L	79,3 (22,5)	77 (60,9 - 96,1)	51,9	118,5	16,7 - 34,2	
60	P	79,2 (22,9)	72 (66,1 - 90,6)	47,3	139,7	17,0 - 34,8	NS*
	L	76,7 (23,6)	72 (61,9 - 80,1)	51	129,1	17,6 - 35,9	
180	P	78 (14,5)	74,7 (65,4 - 88,4)	60,3	105,7	10,8 - 22,0	NS*
	L	73,9 (14,3)	74,7 (62,3 - 81,9)	50,4	103,8	10,6 - 21,8	
240	P	76,4 (13,9)	76,9 (67,4 - 83,2)	54,5	112,7	10,4 - 21,2	NS*
	L	67,5 (14,7)	71,8 (52,1 - 74,7)	39	97	11,0 - 22,4	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxona

Badanie mięśni przedramienia w protokole izotonicznym pomiędzy grupami mięśni zginaczy i prostowników, odpowiedzialnych za zgięcie dłoniowe i grzbietowe nadgarstka, przeprowadzono w 3 próbach w ramach protokołu izotonicznego. Pomiary wykazały istotność statystyczna niemal dla wszystkich prób przy porównaniu szczytowej prędkości kątowej pomiędzy obiema kończynami, wykazując przewagę prawostronną dla mięśni prostowników, oraz lewostronną dla mięśni zginaczy.

Pomiary średniej mocy tych grup mięśniowych uwiarygodniły znaczną istotność statystyczną porównania prawostronnych i lewostronnych prostowników pokazując przewagę tych pierwszych. Analogiczne pomiary w obrębie grupy zginaczy wykazały również przewagę prawej strony nad lewą, graniczna istotność statyczna została osiągnięta w jednym z trzech pomiarów.

Porównanie przeciwnie działających sił tych antagonistycznych grup mięśniowych wykazało znaczną istotność statystyczną pomiędzy badanymi kończynami. W lewym przedramieniu współczynnik ten był niższy niż fizjologicznie, tzn. grupa prostowników wykazywała większą dysproporcję względem grupy zginaczy. Szczegółowe porównanie przedstawiają Tabele 13-15.

Tabela 13 Wyniki pomiaru szczytowej prędkości kątowej mięśni przedramienia pomiędzy kończynami, protokół izotoniczny - cała grupa[°/s]

	Nm		Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
Zgięcie grzbietowe	0,5	P	211,9 (73,5)	204 (157,0 - 253,4)	93,6	350,0	54,8 - 111,9	0,01**
		L	185,8 (69,0)	167,1 (144,2 - 187,1)	92,2	341,8	51,4 - 105,1	
	1	P	211,1 (70,7)	204,2 (164,0 - 257,1)	98,4	353,9	52,7 - 107,7	0,0006**
		L	167,6 (78,6)	150,3 (121,0 - 182,9)	34,0	331,8	58,5 - 119,6	
	0,5	P	231,2 (73,6)	222,1 (188,6 - 274,5)	108,2	372,6	54,8 - 112,1	0,01*
		L	205,2 (76,4)	180,2 (154,6 - 219,8)	97,1	344,5	56,9 - 116,3	
Zgięcie dłoniowe	0,5	P	333,1 (97,3)	332,3 (280,4 - 399,9)	92,2	489,1	72,4 - 148,0	0,01*
		L	362,5 (94,2)	362,4 (323,2 - 434,9)	117,8	489,9	70,2 - 143,4	
	1	P	319,4 (95,0)	318,2 (281,3 - 351,9)	109,2	487,8	70,8 - 144,6	NS**
		L	320,2 (112,7)	323,6 (299,8 - 347,6)	48,0	491,0	84,0 - 171,6	
	0,5	P	339,8 (91,6)	339,2 (302,1 - 370,1)	96,8	489,4	68,2 - 139,4	0,003**
		L	361,1 (90,2)	366,4 (331,7 - 393,8)	122,6	493,3	67,2 - 137,2	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxona

Tabela 14 Wyniki pomiaru średniej mocy mięśni przedramienia pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [W]

	Nm		Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
Zgięcie grzbietowe	0,5	P	2,5 (3,1)	1,2 (0,6 - 2,4)	0,2	10,7	2,3 - 4,7	0,001*
		L	1,0 (1,9)	0,3 (0,0 - 0,5)	0,0	6,2	1,4 - 2,8	
	1	P	3,3 (3,6)	2,0 (1,3 - 3,8)	0,3	13,2	2,7 - 5,6	0,0004**
		L	1,3 (2,1)	0,5 (0,1 - 1,3)	0,0	7,9	1,6 - 3,2	
	0,5	P	3,5 (4,0)	2,1 (1,0 - 4,2)	0,2	14,3	3,0 - 6,1	0,0009*
		L	1,7 (2,5)	0,6 (0,1 - 1,7)	0,0	8,8	1,9 - 3,8	
Zgięcie dłoniowe	0,5	P	8,5 (9,3)	6,0 (3,2 - 8,4)	0,8	34,2	6,9 - 14,2	0,3**
		L	8,4 (9,3)	6,3 (3,1 - 8,4)	0,4	33,0	6,9 - 14,1	
	1	P	9,8 (10,9)	7,7 (3,2 - 8,4)	1,1	40,1	8,1 - 16,5	0,04**
		L	8,6 (10,8)	5,7 (2,4 - 6,4)	0,5	39,0	8,0 - 16,4	
	0,5	P	11,0 (10,6)	7,1 (5,8 - 11,0)	0,8	40,6	7,9 - 16,2	0,3**
		L	10,4 (11,4)	6,9 (4,9 - 10,6)	0,4	39,3	8,5 - 17,3	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxon

Tabela 15 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni przedramienia pomiędzy kończynami, protokół izotoniczny - cała grupa[%]

Nm		Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
0,5	P	65,1 (13,9)	65,0 (56,5 - 71,3)	43,3	101,8	10,4 - 21,2	0,0005**
	L	52,1 (13,9)	46,1 (44,6 - 52,2)	38,6	85,2	10,3 - 21,1	
1	P	67,1 (11,9)	66,5 (61,9 - 74,6)	39,1	90,1	8,9 - 18,1	0,003**
	L	53,8 (15,7)	52,7 (40,7 - 67,7)	28,2	82,6	11,7 - 23,9	
0,5	P	68,1 (16,1)	67,9 (53,9 - 76,4)	44,9	111,8	12,0 - 24,5	0,001**
	L	57,4 (14,9)	55,9 (46,6 - 67,4)	37,5	83,3	11,1 - 22,7	

P-prawa kończyna górna, L-lewa kończyna górna; * test T-studenta, ** test Wilcoxon

5.4. Porównanie wybranych elementów profilu elektromiograficznego pomiędzy Mistrzami i Uczniami

Analizując wyniki badania EMG pomiędzy konkretnymi utworami i pozycją przygotowawczą dla wszystkich badanych grup mięśniowych, można zauważyć, iż wyniki większości porównań nie ma istotnych różnic statystycznych w wartościach średniego napięcia mięśni. Wyjątkiem są pojedyncze porównania lewych mięśni trójędrowego ramienia, FCU i FCR. Statystycznie istotne różnice natomiast dostrzec można w niemal wszystkich pomiarach %MCV, konsekwentnie wykazywanego pomiędzy wszystkimi utworami. Wyjątkami są mięsień dwugłowy ramienia i czworoboczny lewostronnie. Grupa Mistrzów wykazywała większy %MVC w prawym mięśniu czworobocznym oraz mięśniu trójędrowym ramienia obustronnie i istotność tej różnicy była znaczna. Grupa Uczniów wykazywała znacznie większy %MVC w ECRB oraz nieznacznie przeważała w %MVC w FCR.. Wszystkie badane wyniki %MCV były mniejsze niż 30%. Szczegółową analizę porównawczą przedstawia Tabele 16-17.

Tabela 16 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej prawej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie Mistrzów i Uczniów pomiędzy pomiarami

				Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
P Trapezius	M	MA	Bach	50,1 (28,4)	43,4 (28,6 - 66,6)	13,5	129,0	21,3 - 42,6	NS*
			Kreutzer	38,4 (20,8)	32,7 (20,5 - 54,7)	10,0	76,8	15,6 - 31,1	
			Wieniawski	52,6 (29)	44,5 (32,3 - 66,9)	17,4	132,0	21,8 - 43,5	
			Ps1	22,7 (27,1)	6,0 (3,9 - 32,3)	1,3	95,3	19,7 - 43,7	
		MA	Bach	48,9 (30,1)	39,3 (25,7 - 70,2)	5,0	121,0	23,6 - 41,5	
			Kreutzer	36,6 (25,1)	29,2 (19,3 - 50,8)	6,9	107,0	19,7 - 34,6	
			Wieniawski	49,9 (35,4)	40,8 (27,5 - 67)	4,8	152,0	27,7 - 48,8	
			Ps1	19,3 (33,2)	6,4 (3,6 - 23,1)	2,8	126,0	23,8 - 54,8	
	U	% MVC	Bach	26,6 (15,1)	23,1 (15,2 - 35,4)	7,2	68,5	11,3 - 22,6	Bach: 0,0002^ Kreutzer: 0,0003^ Wieniawski: 0,00009^ Ps1 - NS
			Kreutzer	20,4 (11)	17,3 (10,9 - 29)	5,3	40,8	8,3 - 16,5	
			Wieniawski	27,9 (15,4)	23,6 (17,2 - 35,5)	9,2	70,1	11,6 - 23,1	
			Ps1	12,1 (14,4)	3,2 (2 - 17,2)	0,7	50,6	10,4 - 23,2	
		% MVC	Bach	12,2 (7,5)	9,8 (6,4 - 17,5)	1,2	30,1	5,9 - 10,3	
			Kreutzer	9,1 (6,2)	7,3 (4,8 - 12,6)	1,7	26,6	4,9 - 8,6	
			Wieniawski	12,4 (8,8)	10,2 (6,8 - 16,7)	1,2	37,8	6,9 - 12,2	
			Ps1	4,8 (8,3)	1,6 (0,9 - 5,8)	0,7	31,4	5,9 - 13,6	
P Triceps	M	MA	Bach	18,2 (11,6)	16 (8,9 - 23,7)	6,5	51,6	8,7 - 17,4	NS**
			Kreutzer	20,3 (14,4)	18,1 (10,3 - 23,3)	4,9	66,0	10,8 - 21,6	
			Wieniawski	13,6 (9,8)	11,6 (7,1 - 14)	4,2	42,5	7,3 - 14,7	
			Ps1	8,6 (9,6)	4,8 (3,2 - 8,4)	2,8	37,0	7 - 15,5	
	U	MA	Bach	15,5 (14,8)	11,8 (8,4 - 14)	4,5	74,7	11,6 - 20,5	
			Kreutzer	22,2 (41,4)	12,8 (9,3 - 14,8)	5,7	217,0	32,4 - 57,1	
			Wieniawski	10,5 (7,1)	8,9 (7,5 - 10,6)	2,0	39,0	5,6 - 9,8	
			Ps1	4,9 (2,8)	4,2 (3,7 - 5,6)	1,0	12,5	2 - 4,6	

*test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

				Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
P Triceps	M	% MVC	Bach	6,7 (4,3)	5,9 (3,3 - 8,7)	2,4	18,9	3,2 - 6,4	Bach: 0,000000** Kreutzer: 0,000001^ Wieniawski: 0,000000^ Ps1: 0,00002^
			Kreutzer	7,5 (5,3)	6,6 (3,8 - 8,6)	1,8	24,2	4 - 7,9	
			Wieniawski	5 (3,6)	4,3 (2,6 - 5,1)	1,5	15,6	2,7 - 5,4	
			Ps1	3,2 (3,5)	1,7 (1,2 - 3,1)	1,0	13,6	2,6 - 5,7	
	U	% MVC	Bach	1,5 (1,4)	1,1 (0,8 - 1,3)	0,4	7,1	1,1 - 1,9	
			Kreutzer	2,1 (3,9)	1,2 (0,9 - 1,4)	0,5	20,5	3,1 - 5,4	
			Wieniawski	1,0 (0,7)	0,8 (0,7 - 1)	0,2	3,7	0,5 - 0,9	
			Ps1	0,5 (0,3)	0,4 (0,3 - 0,5)	0,1	1,2	0,2 - 0,4	
P ECRB	M	MA	Bach	46,6 (15,7)	49,4 (30,6 - 58,6)	23,2	71,8	11,8 - 23,6	NS
			Kreutzer	57,4 (28,8)	52,8 (34,4 - 67,6)	28,7	147,0	21,6 - 43,1	
			Wieniawski	43,5 (16,1)	42,6 (29,5 - 54,2)	20,6	74,2	12,1 - 24,2	
			Ps1	13,1 (10,2)	10,8 (4 - 19,5)	2,4	36,6	7,4 - 16,4	
	U	MA	Bach	41,8 (19,9)	36,4 (27,2 - 48,4)	8,9	98,1	15,6 - 27,5	
			Kreutzer	43,5 (23,4)	36,3 (29,5 - 62,6)	5,8	99,5	18,3 - 32,3	
			Wieniawski	36,6 (22)	30,6 (22,4 - 42,6)	4,7	100,2	17,3 - 30,4	
			Ps1	9,9 (6,6)	7,7 (4,6 - 15,1)	2,9	20,9	4,8 - 11	
	M	% MVC	Bach	15,2 (5,1)	16,1 (10 - 19,1)	7,6	23,4	3,9 - 7,7	
			Kreutzer	18,7 (9,4)	17,2 (11,2 - 22)	9,4	47,9	7 - 14,1	
			Wieniawski	14,2 (5,3)	13,9 (9,6 - 17,7)	6,7	24,2	3,9 - 7,9	
			Ps1	4,3 (3,3)	3,5 (1,3 - 6,4)	0,8	11,9	2,4 - 5,3	
	U	% MVC	Bach	25,1 (12)	21,9 (16,3 - 29,1)	5,3	59,0	9,4 - 16,5	
			Kreutzer	26,2 (14,1)	21,8 (17,7 - 37,7)	3,5	59,8	11 - 19,4	
			Wieniawski	22 (13,2)	18,4 (13,5 - 25,6)	2,8	60,3	10,4 - 18,3	
			Ps1	6 (4)	4,6 (2,8 - 9,1)	1,7	12,6	2,9 - 6,6	

*test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

Tabela 17 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej lewej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie Mistrzów i Uczniów pomiędzy pomiarami

				Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95%	p
L Trapezius	M	MA	Bach	38,4 (22)	33,7 (20,2 - 45,4)	14,9	95,1	16,5	NS
			Kreutzer	36,2 (20)	28,8 (20,6 - 43,4)	11,6	81,0	15,4	
			Wieniawski	37,2 (21,9)	31,7 (21,9 - 40,3)	14,0	87,3	16,4	
			Ps1	33,4 (37)	18,5 (6,7 - 47)	4,0	128,0	26,8	
		MA	Bach	50,6 (44,6)	27,2 (24,3 - 50,4)	4,5	146,4	35,4	
			Kreutzer	47,1 (42,5)	30 (21,2 - 46,4)	7,6	146,0	33,4	
			Wieniawski	61,3 (93,2)	30 (22,2 - 57,2)	4,2	476,7	73,1	
			Ps1	29,5 (35,9)	14,9 (9,8 - 28,6)	3,5	120,0	25,7	
	U	% MVC	Bach	11 (6,3)	9,6 (5,8 - 13)	4,3	27,2	4,7 -	NS
			Kreutzer	10,4 (5,7)	8,2 (5,9 - 12,4)	3,3	23,2	4,3 -	
			Wieniawski	10,7 (6,3)	9,1 (6,3 - 11,5)	4,0	25,0	4,7 -	
			Ps1	9,6 (10,6)	5,3 (1,9 - 13,5)	1,1	36,7	7,7 -	
		% MVC	Bach	19,2 (17)	10,3 (9,2 - 19,2)	1,7	55,7	13,3	
			Kreutzer	17,9 (16,2)	11,4 (8,1 - 17,6)	2,9	55,5	12,7	
			Wieniawski	23,3 (35,4)	11,4 (8,5 - 21,8)	1,6	181,3	27,8	
			Ps1	11,2 (13,6)	5,7 (3,7 - 10,9)	1,3	45,6	9,8 -	
L Triceps	M	MA	Bach	29,6 (37,9)	15,2 (10,2 - 36,7)	6,7	162,0	28,4	Bach: NS** Kreutzer: 0,04^ Wieniawski: NS* Ps1 NS*
			Kreutzer	30,9 (41,5)	14,6 (8,6 - 17,7)	6,6	157,0	31,1	
			Wieniawski	38,3 (58,8)	21,9 (11,5 - 29,6)	9,1	264,0	44,1	
			Ps1	6,9 (4,3)	6 (4,2 - 8,6)	1,9	19,1	3,1 -	
	U	MA	Bach	13,7 (8,1)	11,4 (7,5 - 17,5)	5,0	35,2	6,4 -	
			Kreutzer	10,6 (5,7)	9 (6,5 - 14,2)	2,7	22,3	4,5 -	
			Wieniawski	20,4 (15,9)	16,5 (11,2 - 23,7)	3,4	68,4	12,4	
			Ps1	5,8 (2,1)	5,4 (4,3 - 5,9)	3,5	9,8	1,5 -	

*test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95%	p
L Triceps	M	% MVC	Bach	11,2 (14,4)	5,8 (3,9 - 13,9)	2,5	61,4	10,8
			Kreutzer	11,7 (15,7)	5,5 (3,2 - 6,7)	2,5	59,5	11,8
			Wieniawski	14,5 (22,3)	8,3 (4,4 - 11,2)	3,4	100,1	16,7
			Ps1	2,6 (1,6)	2,3 (1,6 - 3,3)	,7	7,2	1,2 -
	U	% MVC	Bach	3,6 (2,1)	3 (2 - 4,6)	1,3	9,3	1,7 -
			Kreutzer	2,8 (1,5)	2,4 (1,7 - 3,7)	,7	5,9	1,2 -
			Wieniawski	5,4 (4,2)	4,3 (3 - 6,2)	,9	18,0	3,3 -
			Ps1	1,5 (0,5)	1,4 (1,1 - 1,6)	,9	2,6	0,4 -
L Biceps	M	MA	Bach	69,2 (32,9)	62,7 (52,2 - 83,4)	18,7	138,0	24,7
			Kreutzer	68,9 (34,5)	59,2 (47,4 - 98,1)	10,0	136,0	25,9
			Wieniawski	85,5 (40,8)	80,2 (55,5 - 112,7)	34,0	176,0	30,6
			Ps1	23,3 (13,1)	18,7 (14,3 - 30,5)	9,0	56,0	9,5 -
	U	MA	Bach	64,1 (48)	55,1 (36,1 - 66,8)	5,3	246,3	37,7
			Kreutzer	53,7 (33,1)	50,3 (38,3 - 59,3)	7,9	157,8	26 -
			Wieniawski	85,4 (63,1)	79,1 (54,2 - 96,6)	10,6	329,6	49,5
			Ps1	21,5 (11)	22,3 (15,1 - 26)	3,9	45,1	7,9 -
	M	% MVC	Bach	17,7 (8,4)	16 (13,3 - 21,3)	4,8	35,3	6,3 -
			Kreutzer	17,6 (8,8)	15,2 (12,1 - 25,1)	2,6	34,8	6,6 -
			Wieniawski	21,9 (10,4)	20,5 (14,2 - 28,8)	8,7	45,0	7,8 -
			Ps1	6 (3,4)	4,8 (3,7 - 7,8)	2,3	14,3	2,4 -
	U	% MVC	Bach	19,8 (14,8)	17 (11,2 - 20,6)	1,6	76,1	11,6
			Kreutzer	16,6 (10,2)	15,5 (11,8 - 18,3)	2,4	48,8	8 -
			Wieniawski	26,4 (19,5)	24,5 (16,8 - 29,9)	3,3	101,9	15,3
			Ps1	6,6 (3,4)	6,9 (4,7 - 8)	1,2	13,9	2,4

*test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

				Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95%CI	
LFCU	M	MA	Bach	46,1 (15,2)	48 (34,1 - 57,4)	22,0	67,4	11,4 - 22,7	Bach:0,02^
			Kreutzer	54,6 (21,9)	52,4 (41 - 65,3)	22,0	112,8	16,4 - 32,8	Kreutzer:0,001^
			Wieniawski	43,7 (13,7)	43,1 (36,5 - 52,4)	23,3	76,8	10,3 - 20,6	
			Ps1	14,8 (17,5)	11,2 (6,5 - 15,7)	3,3	73,4	12,7 - 28,2	Wieniawski:0,04^
	U	MA	Bach	34,2 (13,3)	37 (24,3 - 41,7)	4,0	67,8	10,5 - 18,4	
			Kreutzer	34,9 (14,4)	35,1 (26,4 - 47,4)	8,0	63,1	11,3 - 19,9	
			Wieniawski	33,8 (17,4)	32,7 (23,7 - 42,4)	3,2	76,1	13,7 - 24,1	
			Ps1	8,7 (4,7)	7 (6,1 - 11,7)	1,5	18,2	3,4 - 7,8	Ps1: NS
	M	% MVC	Bach	17,5 (5,8)	18,3 (13 - 21,8)	8,4	25,6	4,3 - 8,6	NS
			Kreutzer	20,7 (8,3)	19,9 (15,6 - 24,8)	8,4	42,9	6,2 - 12,5	
			Wieniawski	16,6 (5,2)	16,4 (13,9 - 19,9)	8,9	29,2	3,9 - 7,8	
			Ps1	5,6 (6,7)	4,3 (2,5 - 6)	1,2	27,9	4,8 - 10,7	
	U	% MVC	Bach	17,4 (6,8)	18,8 (12,3 - 21,2)	2,0	34,4	5,3 - 9,4	
			Kreutzer	17,7 (7,3)	17,8 (13,4 - 24,1)	4,0	32,0	5,7 - 10,1	
			Wieniawski	17,2 (8,8)	16,6 (12 - 21,5)	1,6	38,6	6,9 - 12,2	
			Ps1	4,4 (2,4)	3,6 (3,1 - 5,9)	,8	9,2	1,7 - 4	
LFCR	M	MA	Bach	32 (10,2)	30,5 (24,4 - 34,8)	19,0	58,7	7,7 - 15,3	Bach: NS
			Kreutzer	35,8 (11,6)	34,5 (30,9 - 41,1)	18,1	70,4	8,7 - 17,3	Kreutzer: 0,02^
			Wieniawski	34 (7,9)	32 (27,6 - 39,5)	21,3	50,3	5,9 - 11,8	
			Ps1	13,3 (7,7)	12,5 (7,2 - 17,7)	1,7	26,5	5,6 - 12,4	Wieniawski: NS
	U	MA	Bach	27,1 (11,7)	26,1 (21 - 32,5)	1,9	62,0	9,2 - 16,2	
			Kreutzer	27,5 (11,5)	28,8 (22 - 35)	6,1	50,0	9 - 15,8	
			Wieniawski	28,7 (14,5)	29 (18,8 - 36,2)	2,9	62,0	11,4 - 20	
			Ps1	16 (11,6)	14,3 (10,5 - 18,5)	1,4	48,9	8,3 - 19,1	Ps1: NS
	M	% MVC	Bach	12,2 (3,9)	11,7 (9,3 - 13,3)	7,3	22,4	2,9 - 5,9	Bach: NS
			Kreutzer	13,7 (4,4)	13,2 (11,8 - 15,7)	6,9	26,9	3,3 - 6,6	Kreutzer: 0,02^
			Wieniawski	13 (3)	12,3 (10,6 - 15,1)	8,1	19,3	2,3 - 4,5	
			Ps1	5,1 (2,9)	4,8 (2,7 - 6,8)	,7	10,1	2,1 - 4,7	Wieniawski: 0,01^
	U	% MVC	Bach	17,1 (7,4)	16,4 (13,2 - 20,5)	1,2	39,1	5,8 - 10,2	
			Kreutzer	17,3 (7,2)	18,2 (13,9 - 22,1)	3,9	31,5	5,7 - 10	
			Wieniawski	18,1 (9,1)	18,3 (11,9 - 22,8)	1,8	39,1	7,2 - 12,6	
			Ps1	10,1 (7,3)	9 (6,6 - 11,6)	,9	30,9	5,2 - 12,1	Ps1 0,01^

*test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

5.5. Porównanie wybranych elementów profilu biomechanicznego i elektromiograficznego pomiędzy skrzypkami objawowymi i nieobjawowymi

Wracając do przyczyny skłonienia się do przeprowadzenia takiego badania, tj., przybliżenia się do odpowiedzi, co dolega tej grupie muzyków, podzieliłem grupę na skrzypków objawowych (symptomatycznych) i nie objawowych (asymptomatycznych). Porównałem w tych grupach siłę mięśniową w protokołach izotonicznych i izokinetycznych na urządzeniu Biodex 4.0 oraz wyniki SEMG.

Badanie siły mięśniowej oraz balansu mięśniowego (współczynnik agonistów/antagonistów) w obu protokołach nie uwidoczniło żadnych istotnych różnic między obiema grupami. Badanie SEMG uwidoczniło niewielkie różnice. Oba mięśnie czworoboczne wykazywały większe średnie napięcie w pozycji przygotowawczej w grupie objawowej, oraz istotnie większe średnie napięcie mięśnia trójkłowego lewego w utworach Bacha i Kreutzera. Różnice między grupami są znacznie rzadsze niż pomiędzy Mistrzami i Uczniami.

Wyniki porównania grup Symptomatycznej i Asymptomatycznej w kontekście wybranych parametrów siły mięśniowej - współczynnik agonistów/antagonistów, pokazane są w Tabelach 18-19, oraz SEMG w Tabelach 20-21

Tabela 18 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni przedramienia pomiędzy grupami Symptomatyczną i Asymptomatyczną, protokół izotoniczny [%]

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-	Min	Max	95%CI	p
0,5	P	SYMPT.	65,6 (9,0)	65 (65 - 65)	43,3	101,8	62,3 - 69,0	NS [^]
		ASYMPT.	63,7 (7,4)	65,0 (62,1 - 65)	45,4	77,4	59,4 - 67,9	
	L	SYMPT.	52,8 (9,0)	52,2 (52,2 - 52,2)	39,2	85,2	49,5 - 56,2	NS [^]
		ASYMPT.	50,8 (7,4)	52,2 (46,1 - 52,2)	38,6	70,1	46,5 - 55,0	
1	P	SYMPT.	68,4 (6,9)	67,3 (67,3 - 67,3)	49,8	90,1	65,8 - 71,0	NS [*]
		ASYMPT.	64,9 (7,8)	67,3 (65,0 - 67,3)	39,1	71,3	60,4 - 69,4	
	L	SYMPT.	53,7 (9,9)	53,2 (53,2 - 53,2)	28,2	82,6	50,0 - 57,4	NS ^{**}
		ASYMPT.	52,2 (9,6)	53,2 (45,7 - 53,2)	38,6	74,2	46,7 - 57,7	
0,5	P	SYMPT.	68,6 (10,8)	68,1 (68,1 - 68,1)	44,9	111,8	64,5 - 72,6	NS [^]
		ASYMPT.	67,1 (7,5)	68,1 (67,5 - 68,1)	50,6	80,7	62,7 - 71,4	
	L	SYMPT.	57,0 (9,1)	57,0 (57,0 - 57,0)	37,5	81,5	53,6 - 60,4	NS [^]
		ASYMPT.	57,0 (9,7)	57,0 (49,6 - 57)	45,3	83,3	51,4 - 62,6	

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

Tabela 19 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni barku pomiędzy grupami Symptomatyczną i Asymptomatyczną, protokół izokinetyczny [%]

		Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min.	Max	95%CI	p	
240	P	SYMPT	86,3 (11,7)	87,5 (84,9 - 87,5)	58,9	127,2	81,9 - 90,7	NS**
		ASYMP	90,0 (11,7)	87,5 (87,5 - 94,7)	66,3	114,2	83,3 - 96,8	
	L	SYMPT	81,5 (14,7)	79,8 (79,8 - 79,8)	51,9	118,5	76,0 - 87,0	NS**
		ASYMPT	76,2 (11,0)	79,8 (70,0 - 79,8)	56,3	96,1	69,8 - 82,5	
60	P	SYMPT	79,3 (15,4)	79,4 (79,4 - 79,4)	47,3	139,7	73,5 - 85,0	NS*
		ASYMPT	79,7 (1,01)	79,4 (79,4 - 83,8)	58,4	99,1	73,4 - 86	
	L	SYMPT	78,8 (14,2)	77,5 (77,5 - 77,5)	59,6	129,1	73,5 - 84,1	NS*
		ASYMPT	74,8 (15,5)	77,5 (61,9 - 77,5)	51,0	111,0	65,9 - 83,7	
180	P	SYMPT	77,4 (8,9)	78,8 (74,8 - 78,8)	60,3	105,7	74,1 - 80,7	NS**
		ASYMPT	81,8 (9,1)	78,8 (78,8 - 88,4)	61,8	96,3	76,5 - 87	
	L	SYMPT	76,1 (8,8)	74,7 (74,7 - 74,7)	50,4	103,8	72,9 - 79,4	NS**
		ASYMPT	71,6 (9,0)	74,7 (62,3 - 74,7)	55,6	88,5	66,4 - 76,8	
240	P	SYMPT	74,8 (6,6)	76,9 (76,9 - 76,9)	54,5	84,3	72,3 - 77,2	0,03^
		ASYMPT	81,4 (10,6)	76,9 (76,9 - 84,6)	67,4	112,7	75,3 - 87,5	
	L	SYMPT.	68,2 (9,8)	68,2 (68,2 - 68,2)	39,0	97,0	64,6 - 71,9	NS*
		ASYMPT.	68,2 (8,1)	68,2 (68,2 - 72,7)	50,5	80,7	63,6 - 72,9	

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

Tabela 20 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej prawej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie skrzypków Symptomatycznych i Asymptomatycznych pomiędzy pomiarami

				Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
P Trapezius	SYM.	MA	Bach	53 (31,6)	45,9 (26,2 - 70,2)	5,0	129,0	41,2 - 64,8	Bach: NS^ Kreutzer: NS^ Wieniawski: NS^
			Kreutzer	39,7 (24,6)	35,9 (19,3 - 57,9)	6,9	107,0	30,5 - 48,9	
			Wieniawski	51,3 (34,4)	46,2 (27,9 - 70,8)	4,8	152,0	38,5 - 64,2	
			Ps1	15 (12,9)	10,9 (3,9 - 21,1)	1,3	49,8	10,2 - 19,8	
		MA	Bach	41,7 (21,6)	34,9 (29,9 - 51)	11,1	89,7	29,3 - 54,2	Ps1: 0,006^
			Kreutzer	32,4 (19,6)	23,5 (20,6 - 45,4)	10,1	76,8	21,1 - 43,7	
			Wieniawski	50,2 (29,6)	41,2 (32,5 - 62,4)	12,1	127,0	33,2 - 67,3	
			Ps1	34,1 (33,4)	21,1 (21,1 - 25,4)	6,1	126,0	14,9 - 53,4	
	ASYM.	% MVC	Bach	18 (10,8)	15,7 (8,9 - 23,9)	1,7	43,9	14 - 22,1	Bach: 0,01^ Kreutzer: NS^ Wieniawski: 0,03^
			Kreutzer	13,5 (8,4)	12,2 (6,6 - 19,7)	2,3	36,4	10,4 - 16,7	
			Wieniawski	17,5 (11,7)	15,7 (9,5 - 24,1)	1,6	51,8	13,1 - 21,9	
			Ps1	5,1 (4,4)	3,7 (1,3 - 7,2)	0,4	17,0	3,5 - 6,8	
		% MVC	Bach	17 (8,8)	14,2 (12,2 - 20,8)	4,5	36,6	11,9 - 22,1	Ps1: NS^
			Kreutzer	13,2 (8)	9,6 (8,4 - 18,5)	4,1	31,3	8,6 - 17,8	
			Wieniawski	20,5 (12,1)	16,8 (13,2 - 25,5)	4,9	51,8	13,5 - 27,5	
			Ps1	13,9 (13,6)	8,6 (8,6 - 10,4)	2,5	51,4	6,1 - 21,8	
P Triceps	SYM.	MA	Bach	18,7 (18,1)	12,7 (9,4 - 19,7)	4,5	94,6	12 - 25,5	NS
			Kreutzer	17,8 (15,2)	13,3 (9,7 - 18,2)	4,9	67,3	12,1 - 23,5	
			Wieniawski	11,4 (8,3)	9,1 (7,1 - 13,8)	2,0	42,5	8,3 - 14,4	
			Ps1	6,1 (3,7)	6,4 (3,8 - 6,8)	1,0	21,5	4,7 - 7,4	
	ASYM.	MA	Bach	17,8 (18,2)	11,2 (8,1 - 16,7)	7,1	74,7	7,3 - 28,3	
			Kreutzer	29,1 (54,4)	13,3 (11,5 - 21,7)	6,9	217,0	-2,3 - 60,5	
			Wieniawski	12,7 (8,8)	9,3 (8,2 - 13,5)	5,7	39,0	7,7 - 17,8	
			Ps1	8,4 (8,5)	6,8 (4,8 - 6,8)	2,7	37,0	3,5 - 13,3	

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI	p
P Triceps	SYMP.	% MVC	Bach	2,5 (2,5)	1,7 (1,3 - 2,7)	0,6	12,9	1,6 - 3,5
			Kreutzer	2,4 (2,1)	1,8 (1,3 - 2,5)	0,7	9,2	1,7 - 3,2
			Wieniawski	1,5 (1,1)	1,2 (1 - 1,9)	0,3	5,8	1,1 - 2
			Ps1	0,8 (0,5)	0,9 (0,5 - 0,9)	0,1	2,9	0,6 - 1
	ASYMP.	% MVC	Bach	6 (6,1)	3,8 (2,7 - 5,6)	2,4	25,2	2,5 - 9,5
			Kreutzer	9,8 (18,3)	4,5 (3,9 - 7,3)	2,3	73,2	-0,8 - 20,4
			Wieniawski	4,3 (3)	3,1 (2,7 - 4,6)	1,9	13,1	2,6 - 6
			Ps1	2,8 (2,9)	2,3 (1,6 - 2,3)	0,9	12,5	1,2 - 4,5
P ECRB	SYMP.	MA	Bach	45,5 (18,8)	43,7 (31,8 - 55,7)	8,9	98,1	38,5 - 52,5
			Kreutzer	49,4 (23,6)	43,3 (32,7 - 67,6)	5,7	99,5	40,6 - 58,2
			Wieniawski	40,5 (21)	37,1 (28,7 - 52,8)	4,7	100,2	32,6 - 48,4
			Ps1	11,7 (7,1)	11,6 (5,3 - 13,8)	2,4	36,6	9 - 14,3
	ASYMP.	MA	Bach	40 (17,2)	32 (26,3 - 58,6)	22,0	68,3	30 - 49,9
			Kreutzer	48,7 (32,4)	38,6 (29,5 - 52,2)	19,1	147,0	30 - 67,4
			Wieniawski	37,1 (17,7)	32,5 (21,8 - 51,3)	17,1	74,2	26,9 - 47,3
			Ps1	11,5 (6,1)	11,6 (7,6 - 13,9)	2,9	24,2	8 - 15
	SYMP.	% MVC	Bach	25 (10,3)	24,1 (17,5 - 30,7)	4,9	54,0	21,2 - 28,9
			Kreutzer	27,3 (13,2)	24 (18 - 37,2)	3,1	54,7	22,3 - 32,3
			Wieniawski	22,3 (11,6)	20,4 (15,8 - 29,1)	2,6	55,1	18 - 26,6
			Ps1	6,4 (3,9)	6,4 (2,9 - 7,6)	1,3	20,2	5 - 7,9
	ASYMP.	% MVC	Bach	9,8 (4,2)	7,8 (6,4 - 14,3)	5,4	16,7	7,3 - 12,2
			Kreutzer	11,9 (7,9)	9,4 (7,2 - 12,8)	4,7	36,0	7,3 - 16,5
			Wieniawski	9,1 (4,3)	8 (5,3 - 12,5)	4,2	18,2	6,6 - 11,6
			Ps1	2,8 (1,5)	2,8 (1,8 - 3,4)	0,7	5,9	1,9 - 3,7

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

Tabela 21 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej lewej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie skrzypek Symptomatycznych i Asymptomatycznych pomiędzy pomiarami

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI		
L Trapezius	SYMP.	MA	Bach	44,4 (35,5)	28,2 (24,3 - 46,2)	4,5	146,4	31,1 - 57,7	
			Kreutzer	40,1 (31,9)	27,1 (22,1 - 42,7)	7,6	135,0	28,1 - 52	Bach: NS^
			Wieniawski	50,4 (83,4)	28,9 (22,2 - 38,4)	4,2	476,7	19,3 - 81,6	Kreutzer: NS^
			Ps1	27,8 (26,5)	28,2 (9,8 - 31,5)	3,5	128,0	18 - 37,7	
	ASYMP.	MA	Bach	48,2 (41,9)	37,7 (19 - 50,4)	9,5	146,0	24,1 - 72,4	Wieniawski: NS^
			Kreutzer	48,2 (42,2)	42,9 (19 - 44,6)	10,0	146,0	23,9 - 72,6	
			Wieniawski	53,6 (47,5)	38,1 (20,8 - 57,2)	9,9	158,0	26,2 - 81	Ps1: 0,03^
			Ps1	39,3 (30,1)	31,5 (31,5 - 39,5)	8,8	120,0	21,9 - 56,7	
	SYMP.	% MVC	Bach	14,6 (11,7)	9,3 (8 - 15,2)	1,5	48,1	10,2 - 19	
			Kreutzer	13,4 (10,6)	9,4 (7,5 - 14,1)	2,5	44,4	9,4 - 17,4	Bach: NS^
			Wieniawski	16,6 (27,4)	9,5 (7,3 - 12,6)	1,4	156,8	6,3 - 26,8	Kreutzer: NS**
			Ps1	9,2 (8,7)	9,3 (3,2 - 10,4)	1,2	42,1	5,9 - 12,4	
	ASYMP.	% MVC	Bach	14,5 (12,6)	11,3 (5,7 - 15,1)	2,9	43,8	7,2 - 21,7	Wieniawski: 0,01*
			Kreutzer	14,5 (12,6)	12,9 (5,7 - 13,4)	3,0	43,8	7,2 - 21,8	
			Wieniawski	16,1 (14,2)	11,4 (6,2 - 17,1)	3,0	47,3	7,8 - 24,3	Ps1: NS*
			Ps1	11,8 (9)	9,4 (9,4 - 11,8)	2,6	36,0	6,6 - 17	
L Triceps	SYMP.	MA	Bach	24,7 (30,2)	15,4 (10,4 - 25,7)	5,0	162,0	13,4 - 35,9	Bach: 0,009^
			Kreutzer	23,4 (32,8)	11,6 (8,5 - 18,5)	2,7	157,0	11,6 - 35,1	
			Wieniawski	33,3 (47,3)	20,8 (11,9 - 34,2)	3,4	264,0	15,6 - 51	Kreutzer: 0,02^
			Ps1	6,7 (3)	6,4 (5,7 - 7,5)	1,9	19,1	5,6 - 7,8	Wieniawski: NS*
	ASYMP.	MA	Bach	10,7 (5,7)	7,9 (7,1 - 14,7)	5,7	20,9	7,4 - 14	
			Kreutzer	9,4 (4,1)	7,8 (6,5 - 12,3)	4,6	18,0	7 - 11,8	Ps1: NS**
			Wieniawski	15,8 (6,9)	14 (10,2 - 23,7)	7,9	27,8	11,9 - 19,8	
			Ps1	5,7 (1,6)	5,9 (4,7 - 6,4)	3,5	9,9	4,8 - 6,6	

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

			Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI		
L Triceps	SYMP.	% MVC	Bach	7,4 (9)	4,6 (3,1 - 7,7)	1,5	48,3	4 - 10,7	NS
			Kreutzer	6,9 (9,8)	3,3 (2,5 - 5,3)	0,8	46,8	4,1 – 10,1	
			Wieniawski	9,9 (14,1)	6,2 (3,5 - 10,2)	1,0	78,7	4,7 - 15,2	
			Ps1	2 (0,9)	1,9 (1,7 - 2,2)	0,6	5,7	1,7 - 2,3	
	ASYMP.	% MVC	Bach	4,1 (2,2)	3 (2,7 - 5,7)	2,2	8,1	2,9 - 5,4	
			Kreutzer	3,6 (1,6)	3 (2,5 - 4,7)	1,8	6,9	2,7 - 4,5	
			Wieniawski	6,1 (2,6)	5,4 (3,9 - 9,1)	3,0	10,7	4,6 - 7,6	
			Ps1	2,2 (0,6)	2,3 (1,8 - 2,5)	1,3	3,8	1,9 - 2,6	
L Biceps	SYMP.	MA	Bach	68,6 (45,5)	57,9 (48 - 79,4)	5,3	246,3	51,6 - 85,6	NS
			Kreutzer	59,1 (34,8)	52,1 (44,1 - 79,4)	7,9	157,8	46,2 - 72,1	
			Wieniawski	86,6 (62,6)	73,9 (54,9 - 100,9)	10,6	329,6	63,2 - 109,9	
			Ps1	21,2 (9,6)	22,5 (15,3 - 22,5)	3,9	56,0	17,6 - 24,8	
	ASYMP.	MA	Bach	61 (34,8)	49 (34,8 - 75,1)	26,4	125,0	40,9 - 81,1	
			Kreutzer	61,7 (34)	50,3 (38,3 - 70,9)	29,2	136,0	42 - 81,3	
			Wieniawski	83 (32,8)	79,1 (54,2 - 115)	34,9	137,0	64,1 - 101,9	
			Ps1	25,2 (8,3)	22,5 (22,5 - 24,9)	15,1	45,1	20,4 - 30	
	SYMP.	% MVC	Bach	24,1 (16)	20,4 (16,9 - 27,9)	1,9	86,7	18,2 - 30,1	NS
			Kreutzer	20,8 (12,2)	18,3 (15,5 - 27,9)	2,8	55,5	16,2 - 25,4	
			Wieniawski	30,5 (22)	26 (19,3 - 35,5)	3,7	116,0	22,2 - 38,7	
			Ps1	7,5 (3,4)	7,9 (5,4 - 7,9)	1,4	19,7	6,2 - 8,7	
	ASYMP.	% MVC	Bach	11 (6,3)	8,8 (6,3 - 13,5)	4,7	22,5	7,3 - 14,6	
			Kreutzer	11,1 (6,1)	9 (6,9 - 12,7)	5,3	24,4	7,6 - 14,6	
			Wieniawski	14,9 (5,9)	14,2 (9,7 - 20,7)	6,3	24,6	11,5 - 18,3	
			Ps1	4,5 (1,5)	4 (4 - 4,5)	2,7	8,1	3,7 - 5,4	

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

				Średnia (OS)	Mediana (1Q-3Q)	Min	Max	95% CI		
L FCU	SYMP.	MA	Bach	39,5 (16,1)	38 (26,5 - 48,2)	4,0	67,8	33,5 - 45,5	NS	
			Kreutzer	42,7 (22,6)	40,9 (28,4 - 51,9)	8,0	112,8	34,2 - 51,1		
			Wieniawski	36,7 (17,5)	38,2 (24,8 - 49,6)	3,2	76,8	30,2 - 43,3		
			Ps1	12,8 (12,2)	11,9 (7 - 11,9)	1,5	73,4	8,2 - 17,3		
		MA	Bach	38,2 (13,3)	37,1 (24,3 - 54,4)	21,1	55,8	30,5 - 45,8		
			Kreutzer	43,6 (14,3)	42,4 (34,2 - 54,3)	21,7	72,4	35,4 - 51,9		
			Wieniawski	40,3 (14,7)	41,8 (30,8 - 44,7)	19,9	76,1	31,9 - 48,8		
			Ps1	10 (3,1)	11,8 (7,7 - 11,9)	4,0	12,9	8,2 - 11,7		
	SYMP.	% MVC	Bach	20,2 (8,2)	19,5 (13,6 - 24,7)	2,0	34,7	17,1 - 23,3	NS	
			Kreutzer	21,8 (11,6)	20,9 (14,5 - 26,6)	4,1	57,7	17,5 - 26,1		
			Wieniawski	18,8 (9)	19,5 (12,7 - 25,4)	1,6	39,3	15,5 - 22,1		
			Ps1	6,5 (6,2)	6,1 (3,6 - 6,1)	0,8	37,5	4,2 - 8,9		
		% MVC	Bach	11,4 (4)	11,1 (7,3 - 16,3)	6,3	16,8	9,1 - 13,8		
			Kreutzer	13,1 (4,3)	12,7 (10,3 - 16,3)	6,5	21,7	10,6 - 15,6		
			Wieniawski	12,1 (4,4)	12,5 (9,2 - 13,4)	6,0	22,8	9,6 - 14,7		
			Ps1	3 (0,9)	3,5 (2,3 - 3,6)	1,2	3,9	2,5 - 3,5		
L FCR	SYMP.	MA	Bach	30,3 (12,3)	29,5 (21,4 - 35,5)	1,9	62,0	25,7 - 34,9	NS	
			Kreutzer	31,5 (13,5)	31,4 (25 - 39,1)	6,1	70,4	26,4 - 36,5		
			Wieniawski	31,2 (13,9)	31,3 (24,7 - 38,9)	2,9	62,0	26 - 36,4		
			Ps1	14,4 (8,5)	14,6 (10,5 - 15,5)	1,4	48,9	11,2 - 17,6		
		MA	Bach	26,5 (8,6)	25,1 (21,9 - 30,5)	11,5	46,3	21,5 - 31,5		
			Kreutzer	29,6 (8,8)	30,4 (25,2 - 36,3)	15,1	42,3	24,5 - 34,7		
			Wieniawski	30,2 (8,5)	30,3 (24,7 - 36,6)	11,2	43,5	25,2 - 35,1		
			Ps1	14,9 (4,9)	14,6 (14,3 - 17,8)	7,2	26,3	12,1 - 17,8		
	SYMP.	% MVC	Bach	16 (6,5)	15,6 (11,3 - 18,7)	1,0	32,8	13,6 - 18,4	Bach: 0,03^	Wieniawski:0,005^
			Kreutzer	16,6 (7,1)	16,6 (13,2 - 20,7)	3,2	37,2	14 - 19,3	Kreutzer: 0,003^	
			Wieniawski	16,5 (7,4)	16,5 (13,1 - 20,5)	1,5	32,8	13,7 - 19,2		
			Ps1	7,6 (4,5)	7,7 (5,6 - 8,2)	0,8	25,9	5,9 - 9,3		
		% MVC	Bach	9,2 (3)	8,7 (7,6 - 10,6)	4,0	16,1	7,5 - 11		
			Kreutzer	10,3 (3,1)	10,6 (8,8 - 12,6)	5,3	14,7	8,5 - 12,1		
			Wieniawski	10,5 (3)	10,5 (8,6 - 12,7)	3,9	15,1	8,8 - 12,2	Ps1: 0,001^	
			Ps1	5,2 (1,7)	5,1 (5 - 6,2)	2,5	9,2	4,2 - 6,2		

P - prawa kończyna górna, L - lewa kończyna górna; *test T-Studenta, ** test Welcha, ^ test Manna-Whitneya

Korelacje

W analizie statystycznej nie wykazano zależności pomiędzy parametrami stażu gry, wiekiem badanych, liczbą godzin dziennie poświęconych na grę, objawami, a parametrami biomechanicznymi mięśni barku oraz przedramienia. W pomiarach statystycznych nie wykazano również zależności pomiędzy wyżej wymienionymi parametrami, a siłą izometryczną mięśni barku oraz siłą chwytu.

Analiza wykazała jednakże, istotne zależności pomiędzy poszczególnymi wynikami badania elektromiograficznego w konkretnych utworach. Wraz ze wzrostem zgłaszanych objawowych segmentów ciała, rósł procentowy udział w MVC w obrębie mięśni czworobocznego prawego, trójgłowych ramienia, a malał w obrębie FCR w utworach Bacha i Kreutzera. W kompozycji Wieniawskiego rosło również średnie napięcie lewego mięśnia czworobocznego i ECRB wg tej samej zasady, a malało mięśnia trójgłowych ramienia. Wraz ze zwiększeniem czasu poświęconego na rozgrzewkę z instrumentem rosło średnie napięcie lewego m. trójgłowego oraz prawego ECRB oraz lewego mięśnia czworobocznego, tu zarówno w średnim napięciu jak i %MVC. Wraz ze wzrostem stażu gry malało średnie napięcie m. trójgłowych w utworze Kreutzera. Prawy mięsień czworoboczny wykazywał tym mniejszą aktywność elektryczną im więcej czasu w ciągu dnia muzycy poświęcali na granie.

Wzrost zgłaszanego bólu w skali NRS korelowała silnie ze wzrostem średniego napięcia lub %MVC w co najmniej 2 utworach w lewym mięśniu trójgłowym i FCR i FCU oraz prawym ECRB. Podobną zależność obserwowałem dla lewego mięśnia dwugłowego ramienia, lecz była ona słabiej wyrażona, ale korelowała również ze wzrostem ankietowym DASH.

Poniższe tabele (22-26) przedstawiają szczegółowy opis wspomnianych wyników.

Tabela 22 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w utworze Bacha

		r	p
Liczba objawowych segmentów ciała	P Trapezjus %MVC	0,37	0,01
	P Triceps %MVC	0,51*	0,001
	L Triceps %MVC	0,31	0,04
	L FCR %MVC	-0,32	0,03

Liczba minut poświęcana na rozgrzewkę z instrumentem	L Trapezius MA	0,40*	0,007
	L Trapezius %MVC	0,34	0,02

(*korelacja umiarkowana i wyższa)

Tabela 23 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w utworze Kreutzera

		r	p
Liczba objawowych segmentów ciała	P Tric %MVC	0,38	0,01
	L FCR %MVC	-0,44*	0,003
Liczba lat gry	P Tric MA	-0,30	0,04
	L Tric MA	-0,32	0,03
Liczba minut poświęcana na rozgrzewkę z instrumentem	L Trap MA	0,38	0,01
	P Tric MA	0,31	0,03

(*korelacja umiarkowana i wyższa, r - współczynnik korelacji)

Tabela 24 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w utworze Wieniawskiego

		r	p
Liczba objawowych segmentów ciała	L Trap MA	0,32	0,03
	P Tric MA	-0,35	0,01
	P ECRB MA	0,38	0,01
	L Tric MA	-0,38	0,01
Liczba godzin dziennie poświęcona na granie	P Trap MA	-0,42*	0,005
Liczba minut poświęcana na rozgrzewkę bez instrumentu	P ECRRB MA	0,35	0,01

(*korelacja umiarkowana i wyższa, r - współczynnik korelacji)

Tabela 25 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w zależności od wzrostu zgłaszanych dolegliwości bólowych

		r	p
BACH	P ECRB %MVC	-0,38	0,01
	L Tric %MVC	0,67*	0,000
	L Biceps %MVC	0,30	0,04
	L FCU %MVC	0,52*	0,000
	L FCR %MVC	0,55*	0,000
KREUTZER	P ECRB %MVC	-0,40*	0,007
	L Tric %MVC	0,57*	0,000
	L Biceps %MVC	0,42*	0,005
	L FCU %MVC	0,45*	0,002
	L FCR %MVC	0,54*	0,000
WIENIAWSKI	P Tric %MVC	-0,42*	0,005
	P ECRB %MVC	0,61*	0,000
	L Tric %MVC	0,45*	0,002
	L FCU %MVC	0,43*	0,003

(*korelacja umiarkowana i wyższa, r - współczynnik korelacji)

Tabela 26 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w zależności od wzrostu liczby punktów kwestionariusza DASH

		r	p
KREUTZER	P ECRB %MVC	0,36	0,01
	L Biceps %MVC	0,30	0,05
WIENIAWSKI	L Biceps %MVC	0,36	0,01

*korelacja umiarkowana i wyższa, r - współczynnik korelacji

6. Dyskusja

Badania ankietowe

Przeprowadzonych było wiele badań dotyczących dolegliwości wśród profesjonalnych muzyków. Większość z nich ma niehomogenne grupy lub nieprecyzyjną metodologię i przeważnie opisują, że problem istnieje oraz próbują określić charakterystykę grup. Nie ma też dedykowanego kwestionariusza do oceny dolegliwości muzyków. Te, które są dostępne i powszechnie używane służą głównie do oceny funkcji regionu ciała w konkretnych grupach jednostek chorobowych lub całościowo wskazując na jakość życia. W 2021 roku powstała wstępna próba międzykulturowego zwalidowania kwestionariuszy na cele oceny profesjonalnych muzyków [32], wymagająca jeszcze potwierdzenia jej użyteczności w dalszych badaniach. Kwestionariusz autorski, stworzony na potrzeby mojego badania musiał powstać już w 2018r, lecz okazuje się, że w swoim wydźwięku koresponduje w przedstawionym w badaniu powyższej autorki, co podkreśla jego użyteczność (Załącznik 1). Prace, które podsumowują epidemiologię oraz objawy związane z PRMDs takie, jak Bragge i wsp. (2006) [33] określa szeroko chorobowość 26-93%. Zaza i wsp. (1998) [1] za pomocą przeglądu systematycznego wyodrębnili z siedemnastu prac jedynie trzy świadczące o rzetelnym i konsekwentnym procesie analitycznym. W tych trzech chorobowość oscylowała w przedziale na poziomie 39%-47%, co można odnieść do wykazanej przez Berque'a i wsp. (2016) [34] chorobowości 37%. Wykazana przeze mnie chorobowość była zdecydowanie wyższa. Różnica pomiędzy powyższymi badaniami może wynikać z faktu, iż część z nich badała konkretną populację, taka jak szkoły czy orkiestry oraz były nastawione na szerszą gamę pacjentów, niż wyłącznie skrzypków. Nasze badanie skupiało wolontariuszy, a co za tym idzie, muzyków z różnych środowisk. Można przypuszczać, iż osoby prezentujące dolegliwości będą bardziej zainteresowane takim badaniem niż, osoby bezobjawowe, a tym samym chętniej wezmą w nim udział. Dodatkowo średnia wieku w powyższych badaniach była istotnie niższa, co mogło korelować z mniejszą chorobowością. Niektórzy autorzy, jak Kok (2018) wymieniają, pomiędzy innymi czynnikami, płeć żeńską, jako czynnik ryzyka PRMDs. Większość, bo 75%, badanej przeze mnie grupy stanowiły kobiety, których chorobowość wynosiła 76% (mężczyzn 45%), zatem wyższa chorobowość całej grupy jest uzasadniona. Nowsze badania, takie

jak prezentowane przez Kok i wsp. (2018) [35], która prezentuje 357 zbadanych muzyków, gdzie 67.8% stanowi grupę objawowych, mocniej nawiązują no charakterystyki mojej grupy w tym aspekcie. Wyróżnia ona również smyczkowców, jako bardziej narażonych na potencjalne PRMDs.

Wspomniana wyżej autorka w swoim badaniu charakteryzuje dolegliwości życia codziennego na poziomie 18.8 (6.3 - 31.2) w kwestionariuszu DASH w całej grupie. Część prac skupiająca się na ocenie dolegliwości, takich jak Barton i wsp. (2008) [36], którzy analizowali grupę 97 muzyków uzyskali średni wynik DASH 6,62 (OS 8.69; 0-45). Podaje on również, iż podgrupa smyczkowców uzyskiwała średnie wyniki większe – 7,98, niż grupa pracująca na instrumentach dętych drewnianych – 6,5. Kochem and Silva (2017) [37] badając 107 skrzypków wykazali średnią wartość DASH w wysokości 10,6 (OS 8,6). Wyniki, które były oparte na podgrupie skrzypków korespondują z moimi oscylującymi w okolicy 7 (mediana) do 10 pkt. (średnia). Warto nadmienić, iż rozkład w mojej grupie badanej nie był normalny i do analizy użyta była mediana. Odmiernym wynikiem jest grupa muzyków w badaniu Kok (2018), która uzyskała wynik świadczący o realnym utrudnieniu w codziennym funkcjonowaniu (18,8), a zakres danych sugeruje, iż nie było wyników niższych niż 6,3. Wszystkie badania kwestionariuszowe mają tendencje do zwiększenia wiarygodności, jeśli wypełni się je co najmniej dwukrotnie, przed i po zajściu jakiegoś procesu np. operacji. Są one bowiem subiektywne i przy wypełnianiu ich potrzebna jest konsekwencja, a oceniana jest wtedy różnica w punktach uzyskanych w obu pomiarach, która może mówić o istotności statystycznej takiej zmiany lub jej braku. W pracach, gdzie taka metodologia jest niemożliwa, lub nieadekwatna, zostały wytyczone, na podstawie porównań i ewaluacji wielu kwestionariuszy, progi punktowe świadczące o znacznosci upośledzenia codziennych czynności, np. w pracach Angsta i wsp. (2011) [38], czy Kennedy’ego i wsp. (2011)[39]. Większość z nich determinuje wynik powyżej 15 (15/100 przyp. autor), jako świadczący o wpływie na życie codzienne. Pozostawia to pytanie o wpływ na karierę muzyczną Nie znalazłem literaturze danych określających taką zależność, a wydaje się być pochoptnym ekstrapolowanie poziomu dolegliwości w środowisku codziennym na realizowanie się muzyka w życiu zawodowym, wzięwszy pod uwagę realny problem kliniczny muzyków oraz fakt, iż większość z nich zgłasza dolegliwości w trakcie gry.

Problem wpływu na karierę muzyczną, jest tym trudniejszy w interpretacji, że zaostrenia dolegliwości skrzypków pojawiają przeważnie się w obliczu nadchodzących wydarzeń zawodowych, takich jak przesłuchania, egzaminy czy występy, które są niewątpliwie momentami zwiększonej aktywności mięśniowej wskutek intensyfikacji ćwiczeń, niemniej wydaje się być zasadnym branie pod uwagę czynnika psychologicznego. Niektórzy autorzy wymieniają stres związany z występowaniem, presję hierarchicznych struktur jakimi są orkiestry, czy akademie muzyczne i rywalizację w nich występującą, jako wpływające na występowania i intensywność PRMDs. Praca w kilku miejscach i presja środowisk pracy, była nawet wyodrębniana jako czynnik ryzyka, w niektórych z nich [40,41].

Ocena obciążeń w badaniu elektromiografii powierzchniowej

Podobnie jak z badaniami ankietowymi, badania elektromiografii powierzchniowej znacznie różnią się od siebie metodyką, badanym obszarem jak i charakterystyka grupy. Wyniki pomiarów pomiędzy grupami są nierzadko publikowane jako wykresy, bez możliwości precyzyjnego odczytu wyniku lub komentowane słownie jako trendy. Niektórzy autorzy prezentują wyniki jako średnią wartość amplitudy EMG, część jako pracę wykonaną przez mięsień, a część z nich stosuje parametr użyty w tym badaniu tj. %MVC, co wydaje się być najbardziej obiektywnym wskaźnikiem aktywności mięśnia. W związku z powyższym szczegółowe porównanie wyników jest utrudnione.

Podstawową definicją zmęczenia w fizjologii mięśnia, jest fakt “utrąty wymaganej siły”. Koncept ten różni się w ocenie mioelektrycznej. Kroon and Naeije [42] wykazali w swoich badaniach zależność elektromiograficznych oznak zmęczenia mięśnia od MVC i czasu, inni, jak Byström i wsp. [43] elektromiograficzne wykładniki męczliwości zanikały dużo szybciej, od powrotu namacalnej siły mięśniowej (force generating capacity). Proces ten jest złożony, zależny od wielu zmiennych, w tym czasu pomiaru i rodzaju mięśnia, i musi być inaczej interpretowany w badaniu trwającym dziesięć sekund, półtorej minuty lub dwie godziny. By go lepiej opisywać, powstał szereg terminów, jak m.in. MDF i MNF (that mean and median power spectral frequencies), czyli tzw. wskaźniki męczliwości [44]. Mimo to, precyzyjna analiza

wymagała by stworzenia odpowiednich warunków, sprzętu i narzędzi analitycznych, którymi niedysponowałem.

Pomiar %MVC jest protokołem uproszczonym pozwalającym zaobserwować trendy i wykryć zależności. Uważa się, że jest on szczególnie celowy dla wyników $<20\%$ MVC, gdzie wcześniej wspomniane indexy przestają zachowywać się w sposób liniowy. Wszystkie średnie wyniki uzyskane przez badanych były $<30\%$ MVC, z czego większość była $<20\%$. W trakcie pomiaru wartość MVC nie jest obliczana jako pojedynczy pik, z powodu zbyt dużej zmienności. Bardziej stałą wartością referencyjną jest średnia amplituda najwyższego odcinka sygnału np. o czasie trwania 500 ms. Określa się ją za pomocą algorytmów takich jak „technika przesuwanego okna”, którą zastosowałem w moim badaniu[45]

Użyty w tytule i celach pracy termin „obciążenie” miał na celu określenie procesów zachodzących w mięśniach w czasie gry. Termin ten jednak, z punktu widzenia analizy fizjologii mięśnia, nie jest optymalny, gdyż ze względu na brak jednoczesowej oceny EMG i pomiaru parametrów siły mięśniowej, takich jak akceleracja, praca, moment siły oraz stworzenie warunków do pomiaru, które chcemy badać, nie możemy mówić o obciążeniach sensu stricto [45]. W kończynach dolnych istnieją narzędzia do takowych pomiarów. Dzięki matom pedobarograficznym i platformom tensometrycznym czy akcelerometrom pomiary takie można w zbliżony sposób wykonywać, podłączając badanego do SEMG podczas dźwigania, chodzenia czy wykonywania innego zaplanowanego ruchu. Nie natrafiłem na prace badające kończyny górne, które posługiwałyby się podobną metodologią. Znakomita większość publikowanych badań posługuje się opisem aktywności mięśnia poprzez pomiar %MCV jak w tym badaniu.

W moim badaniu mięśnie poddane analizie wykazywały aktywność, która można by ogólnie uznać za niską lub umiarkowaną [46]. Wykazana znaczna względem pozostałych badanych mięśni, aktywność mięśnia dwugłowego ramienia lewego, obu zginaczy nadgarstka po tej samej stronie, mięśnia czworobocznego i ECRB prawostronnie. Niska aktywność obu mięśni trójgłowych może nie jest zaskakująca po stronie trzymającej skrzypce (lewej) lecz prawostronnie można by przypuszczać, iż jego aktywność będzie podobna do m. dwugłowego, gdyż wykonują ruchy naprzemienne. Małą aktywność można tłumaczyć wykonywaniem ruchu wyprostu w stawie łokciowym, przeciw mniejszej sile, bo zgodnie z grawitacją. Wynik pomiaru %MVC

prawego mięśnia trójgłowego wykazuje spójność z innymi badaniami [47]. Najciekawszym wg. mnie wynikiem w tej grupie jest stosunkowo niska aktywność mięśnia czworobocznego lewego, gdyż ten rejon anatomiczny jest często jedynym zgłaszanym przez muzyków źródłem bólu, a i miejscem typowych błędów technicznych – tzw. pedał barkowy [5]

Levy i wsp.(1992)[48] wykonali jedno z pionierskich badań EMG wśród profesjonalnych skrzypków. Mierzyli oni aktywność mięśnia czworobocznego, dwugłowego ramienia, przedniego aktonu mięśnia naramiennego oraz mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego po stronie prawej u 15 profesjonalnych skrzypków w młodym wieku, z których 10 zgłaszało dolegliwości w przeszłości. Porównywali muzyków w trakcie gry i w pozycji przygotowawczej do gry, podobnie jak w moim badaniu. Uzyskali oni średnie wartości amplitud w prawym mięśniu czworobocznym 500-600mV w czasie gry, oraz 400mV w pozycji statycznej. Aktywność mięśnia dwugłowego ramienia oscylowała w granicach 800-900mV w czasie gry, a w pozycji przygotowawczej nie przekraczała 500mV. W mojej analizie zakresy napięć badanych zarówno w obrębie mięśnia czworobocznego prawego i mięśnia dwugłowego ramienia lewego pokrywają się częściowo z powyższymi w czasie gry, lecz spoczynkowa wartość obu była niemal dwukrotnie niższa. Do przeprowadzenia tego porównania dokonałem pomnożenia uzyskanych wyników średniej wartości amplitudy EMG przez współczynnik równy $a=10$. Procedurę tę oparłem o specyfikacje urządzenia pomiarowego [49] oraz doświadczenia innych badaczy przeprowadzających testy EMG [45] [50]. Pamiętać należy, że w pracy Levy'ego oceniano prawy mięsień dwugłowy, a w mojej pracy skupiłem się na lewym, który wykonuje pracę bardziej jednostajną, o mniej zróżnicowanym badanym napięciu elektrycznym mięśnia. Wyniki porównywalne w zakresie mięśnia dwugłowego świadczyć mogą o prawidłowo przeprowadzonej analizie danych i dokonaniu pomiaru.

Określenie wybranych elementów profilu biomechanicznego skrzypków

Analizując literaturę nie natrafiłem na prace dotyczące oceny siły mięśniowej muzyków w podobnych protokołach. Zestawiłem to w poniższej analizie z pracami dotyczącymi innych schorzeń w której występowały grupy kontrolne, a badania opierały się na podobnej metodologii.

1. Badanie mięśni barku w sposób izometryczny i w protokole izokinetycznym

Do celów oceny biomechanicznej barku wybrałem protokoły analizy izokinetycznej i izometrycznej, ze względu na stworzenie warunków do porównania siły w warunkach odpowiednio dynamicznych i statycznych. Ruchy te, ściśle związane są z łańcuchami kinematycznymi – zamkniętym, dla badania izometrycznego i otwartym, dla protokołu izokinetycznego, który jest ruchem bardziej naturalnym, zdecydowanie częściej występującym w warunkach dnia codziennego i pracy. Istotą badania siły mięśniowej w tej pracy było nakreślenie ogólnych tendencji u profesjonalnych skrzypków, a nie analiza siły konkretnego aktonu wybranego mięśnia. Badanie w protokole izokinetycznym lepiej pozwala na ocenę całych grup mięśniowych, a tym samym dokładniej realizując cel badania. Daje ono również możliwość ewentualnej kompensacji jednego ze słabszych elementów grupy mięśniowej, w przeciwieństwie do protokołu izometrycznego oraz jest to badanie, którego pozycja mocniej izoluje grupy mięśniowe, przez wyłączenie zaburzeń z innych segmentów ciała [51,52]. Udowodnili to wspomniani autorzy w badaniach kończyny dolnej badając staw kolanowy z różnymi rodzajami urazów w stwierdzając, że zawsze większy deficyt w stosunku do kończyny zdrowej pojawiał się w otwartym łańcuchu kinematycznym, a mniejszy w zamkniętym łańcuchu, co pokazuje, że w łańcuchu zamkniętym występuje większa kompensacja [47]. Badając pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego kolana Ellenbecker i wsp.. [52] stwierdzili, że w badaniu w zamkniętym łańcuchu mięśniowym pacjenci w operowanym kolanie uzyskali 92 – 95% maksymalnej siły mięśniowej oraz całkowitej pracy zdrowego kolana, natomiast w zamkniętym łańcuchu mięśniowym ten procent wynosił 71 – 75% w porównaniu do kończyny nieoperowanej. Poza wspomnianym naturalnym łańcuchem ruchu oraz korzyściami wspomnianymi powyżej w warunkach badania dynamicznego – izokinetycznego, możliwa jest obserwacja zmiany wielu parametrów mięśniowych. W literaturze najczęściej ocenianym elementami tego badania jest maksymalny moment siły mięśni [53–57]. Rzadziej oceniana jest całkowita prac mięśni, oraz współczynnik agonistów/antagonistów [52,57,58]. Najrzadziej ocenianym parametrem była moc mięśnia [51].

Maksymalny moment siły mięśni jest ważnym parametrem mówiącym o najwyższej uzyskanej sile w całej próbie, a więc o wielkości maksymalnej siły, wyrażony jest w niutonometrach [59]. Do oceny wytrzymałości mięśnia najlepiej posłużyć się

parametrem całkowitej pracy [59], nie było to jednak celem tej pracy, dlatego nie ujmowałem tego parametru w wynikach. Moc mięśnia jest opisywana w publikacjach w różny sposób. Mówi ona o zdolności mięśnia do utrzymania pracy w jednostce czasu, lecz opisywana bywa również jako zależność siły do szybkości skurczu (skracania mięśnia) [60]. Stwierdzić więc można, że moc mięśnia mówi o wydajności mięśnia, dlatego jest ważna przy ocenie sportowców, a co za tym idzie - muzyków ([59,60]. Powszechnie wiadomym jest, iż odpowiedni balans mięśni barku jest niezwykle istotny dla jego prawidłowego działania oraz jest jednym z ważniejszych aspektów prewencji urazów lub niestabilności, na co zwróciło uwagę kilku autorów [52,58,61]. Do oceny balansu mięśniowego służy współczynnik agonistów/antagonistów - stosunek siły grup rotatorów wewnętrznych i zewnętrznych stawu ramiennego, który oceniany był dla analogicznych prędkości kątowych co poprzednie parametry, celem sprawdzenia czy nie zmienia się w czasie.

Wybrany przeze mnie pozycją badania, opisana w metodologii, jest bezpieczna, ponieważ torebka stawu jest równomiernie napięta, a mięsień naramienny i nadgrzebieniowy są w optymalnym ułożeniu do wykonania unoszenia ramienia, a kość ramienna ułożona jest w pozycji poniżej 80° odwodzenia jest optymalnym ustawieniem dla dobrej kongruencji stawu oraz nie powoduje konfliktu w przestrzeni podbarkowej [61]. Taką samą pozycję stawu do badania wybierało większość badaczy [54,57,61–63].

W badaniu przeprowadzonym dokonano oceny funkcjonalnej stawu ramiennego po operacji niestabilności stawu ramiennego [64]. Mierzono siłę mięśniową w kilku protokołach w grupie pacjentów operowanych i w grupie kontrolnej składającej się ze zdrowych, nieoperowanych osób.

Wyniki pomiaru siły izometrycznej mięśni barku zawierały pomiar siły zgięcia, odwodzenia oraz ruchów rotacyjnych stawu ramiennego. Średnie wyniki oscylowały w granicach: zgięcie 70N, odwiedzenie 60N, rotacja wewnętrzna 80N i rotacja zewnętrzna 75 N. W moich pomiarach całej grupy muzyków uzyskałem wyniki średnio o 15N (20%) niższe dla wszystkich powyższych ruchów, po przemnożeniu wyniku podanego w kg przez współczynnik przyspieszenia grawitacyjnego. Wyniki te nie różniły się istotnie statystycznie między kończynami zarówno w badaniu powyższej autorki, jak i moim.

Badanie ruchów rotacyjnych w grupie kontrolnej w protokole izokinetycznym uwidoczniło zgodnie w badanych protokołach szczytowy moment obrotowy na poziomie ok. 30Nm w rotacji wewnętrznej i 20-25Nm w rotacji zewnętrznej stawu ramiennego. Wartości były spójne dla obu kończyn. W moim badaniu wyniki były o 20-30% niższe we wszystkich protokołach, wykazując istotny dysbalans pomiędzy kończynami w obrębie rotatorów wewnętrznych wykazując ich większą aktywność po stronie niedominującej. Pomiar średniej mocy wykazywał w badaniu autorki rotacji wewnętrznej wynik 30-45W między protokołami, oraz 20-30W w rotacji zewnętrznej. W moich pomiarach we wszystkich protokołach wyniki obu ruchów były o 30-40% niższe, wykazując podobne proporcje, nie wykazując różnic pomiędzy kończynami.

Wartym uwagi jest fakt, iż niemal wszystkie wyniki współczynnika agonistów/antagonistów były w moim badaniu podwyższone, sugerując wzmożenie aktywności rotatorów zewnętrznych, a większość wyników autorki mieściła się w wartościach fizjologicznych, które badali Hughes i wsp. (1999)[65] , co podkreśla dobry dobór grupy kontrolnej autorki i stwarza warunki do naszego porównania.

Oba powyższe wyniki pokazują globalne obniżenie siły mięśni okolicy barku u skrzyplików względem grupy kontrolnej badania wspomnianej autorki.

2. Ocena siły mięśni przedramienia w protokole izotonicznym

W wielu badaniach autorzy podkreślają, jak trudno jest obiektywnie zbadać parametry biomechaniczne mięśni przedramienia [66]. Trudność tę potęguje fakt, iż mięśnie przedramienia działają na nadgarstek lecz również na stawy proksymalne i dystalne od niego, a stabilny nadgarstek, warunkuje pracę palców, dlatego równowaga mięśniowa jest esencjonalna dla prawidłowej pracy tych segmentów kończyny. Biodex System 4 Pro ® wychodzi naprzeciw tym trudnościom zapewniając, jak w braku, stabilizację pozostałych, segmentów i ergonomię badania, pozwalającą na obiektywne zbadanie parametrów biomechanicznych mięśni przedramienia z uwzględnieniem towarzyszących badanemu dolegliwości bólowych.

W badaniu biomechanicznym mięśni przedramienia wykorzystałem protokół izotoniczny. Wybór swój oparłem na wstępnych analizach pierwszych badanych (głównie bezobjawowych), którzy mieli problem z ukończeniem innych protokołów

oraz wyrażaną już przed badaniem obawą o kontuzję. Muzycy określali protokół jako wymagający, lecz wykonalny. Wyniki badania tych „pierwszych” muzyków zebrałem na podstawie ponownego pomiaru po dłuższej przerwie. Wybór swój poparłem zdaniem części autorów, którzy sugerowali ten typ protokołu dla pacjentów z dolegliwościami bólowymi, a nieodstający istotnie w wynikach porównawczych [15]. Zayat i wsp. (2011) w swoich badaniach mających na celu ocenę powtarzalności badań mięśni wykonywanych na dynamometrze Biodex System 3 Pro ® wykazali, iż różnice pomiędzy badanymi parametrami były nieistotne statystycznie i każdy z dostępnych protokołów pozwala na rzetelną ocenę biomechaniczną [21]. W poprzednich akapitach opisałem kluczowe parametry pomiaru biomechanicznego możliwych do zbadania dzięki Biodex System 4 Pro ®, w protokole izotonicznym dodałem parametr szczytowej prędkości kątowej korespondujący z szczytowym momentem obrotowym w protokole izokinetycznym, a niedostępnym w wybranym przeze mnie.

W analizowanej przeze mnie literaturze nie natrafiłem na badania muzyków z wykorzystaniem tak zaawansowanych metod pomiarowych na jakie pozwala Biodex. W badaniu przeprowadzonym w Klinice, w której pracuje, celem innych badań dokonano oceny grupy kontrolnej składającej się ze zdrowych osób, nie muzyków [29]. W pomiarach izotonicznych mięśni prostowników i zginaczy przedramienia w 3 próbach z analogicznym obciążeniem do wykonywanych przeze mnie wykazano średnią moc prostowników w ręce dominującej w zakresie 5,2-9,2 W oraz 3,7-7,2W w niedominującej. Najwyższe prędkości kątowe wynosiły 252,7-269,1 %sek w dominującej oraz 223-264,8%/sek w niedominującej kończynie. Wyniki pokazywały istotne statystycznie różnice pomiędzy kończyną dominującą i niedominującą. Grupa mięśni zginaczy wykazywała średnia moc na poziomie 24,8-27,4W w kończynie dominującej, 25,1-25,8W w przeciwnej. Najwyższa prędkość kątowa osiągała 425,3-429 %sek w dominującej, i 421,7 - 431,2 %sek w niedominującej kończynie. W grupie tej nie obserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy stronami. Autorka nie wykazała współczynnika dla grupy kontrolnej lecz z innych badań wynika, iż powinien on wynosić 65-70% [16], porównując parametry zginaczy do prostowników. Związane jest to z faktem, iż mięśnie zginacze mają większą masę mięśniową i podczas wykonywania czynności życia codziennego narażone są na większe przeciążenia. Mięśnie prostowniki nadgarstka i palców pełnią biomechanicznie rolę stabilizacyjną i przeciwdziałają momentom sił działających mięśni zginaczy nadgarstka i palców [62].

W moim badaniu wykazałem istotną statystycznie przewagę grupy prostowników w obu mierzonych parametrach po stronie dominującej. W grupie muzyków średnia moc prostowników była o 50-60% niższa w kończynie dominującej i o ok 75% niższa w kończynie niedominującej. Parametry szczytowej prędkości kątowej były niższe o ok 15% w ręce dominującej i o ok 20-25% w ręce niedominującej. Pomiary w grupie zginaczy przedramienia wykazały wartości średniej mocy o 60-65% niższe obu kończynach oraz wartości szczytowej prędkości kątowej o 20-25% niższe w kończynie dominującej i 15-25% niższe w kończynie niedominującej.

Wyniki te jasno pokazują, iż można mówić o globalnym osłabieniu siły mięśniowej wśród badanych skrzypków w obrębie mięśni przedramienia w porównaniu do analizowanej grupy kontrolnej. Jak wspomniałem we wstępie, muzycy nie są grupą, która dba o kulturę fizyczną, zatem różnica pomiędzy grupą kontrolną nie dziwi, lecz jej stopień może wydawać się niepokojący. Większa dysproporcja w parametrze średniej siły niż w pomiarze szczytowej prędkości kątowej może wynikać z faktu, iż muzycy są wyćwiczeni w szybkich precyzyjnych ruchach, wzmagających selektywność i szybkość reakcji mięśni, a nie wymagających znacznej siły skurczu do ich wykonania. W moim badaniu uwidocznilem zaburzenie balansu mięśniowego w postaci obniżenia współczynnika agonistów/antagonistów lewostronnie (prostowniki słabsze niż po stronie przeciwnej, zginacze silniejsze). Może to wynikać z faktu, że ręka smyczkowa operuje w dużo większym zakresie ruchu i jest to ruch zmienny angażujący obie grupy mięśniowe, przy czym w lewej, skrzypcowej pozycji nadgarstka jest względnie ustalona a pracują głównie zginacze palców, które również tworzą grupę zginaczy.

3. Badanie siły chwytu globalnego

Badania siły mięśni przedramienia nie sposób rozpatrywać osobno od pomiaru siły chwytu globalnego. W przeciwieństwie do pozostałych badanych pomiarów siła chwytu globalnego ma szczegółowo wytyczone zakresy norm, przewidziane dla przedziałów wiekowych oraz w zależności od płci [68]. Wykazują one prawidłowe wartości dla przedziału wiekowego poniżej 40 r.ż. od 28kg dla kobiet w ręce niedominującej, do 47kg dla mężczyzn w kończynie dominującej. Ciekawe badanie, na dużej grupie ponad czterystu muzyków, przeprowadziła Araújo, (2020) [41], badając 174 smyczkowców, uzyskując średnie wartości 31.2kg dla ręki prawej oraz 29.9 kg dla ręki lewej, w

grupach mieszanych pod względem płci, wykazując przy tym istotną różnicę pomiędzy innymi grupami instrumentalistów. Wyniki smyczkowców klasyfikowane były w połowie zakresu wszystkich muzyków. Badanie skupiło się jednak na wydolności całkowitej organizmu muzyków i na porównaniu ich między grupami, nie podawało wyniku porównania między kończynami. W badaniu Furuya (2015) [69] analizie poddano 44 pianistów różnej płci, których maksymalna siła chwytu ręki dominującej wynosiła 30,6kg.

W moim badaniu parametry średnich wartości chwytu globalnego były niższe w grupie mieszanej niż w każdym z powyższych badań, w tym również izolowanej dla kobiet. Kobiety w moim badaniu stanowiły 75% badanych, zatem niższe wyniki nie powinny być zaskakujące, lecz mimo to, klasyfikują się poniżej norm fizjologicznych. Dysproporcja pomiędzy powyższymi badaniami, a moją grupą badaną jest mniejsza niż przy pomiarach siły mięśni przedramienia. Może to wynikać z faktu, że mięśnie zginacze łokci biorą tylko częściowo udział w ruchach nadgarstka, a można by przypuszczać, iż to one najbardziej, z mięśni przedramienia, są aktywne podczas ćwiczeń na skrzypcach. Wykonany przeze mnie pomiar statystyczny średnich sił chwytu globalnego wykazał istotną statystycznie różnicę pomiędzy badanymi kończynami. Przeważającą kończyną była kończyna prawa, dominująca w znacznej większości badanych

Porównanie wybranych elementów profilu elektromiograficznego pomiędzy Mistrzami i Uczniami

Wales i wsp, (2007) [47] w swojej publikacji dzieli się wynikami pomiaru dwunastu bezobjawowych skrzypków, których podzielił na grupy podobne do Mistrzów i Uczniów na podstawie stażu gry. Badani zamiast grać utwory, wykonywali zadane ruchy na konkretnych strunach. Analizowali oni aktywność mięśni dwugłowego i trójgłowego ramienia oraz przedniego aktonu mięśnia naramiennego prawostronnie. Wykazali oni konsekwentną większą aktywność mięśniową (%MVC) w grupie podobnej do Uczniów zarówno w mięśniu trójgłowym i dwugłowym. Podają, iż to mięsień naramienny był z wspomnianych trzech najbardziej aktywny (ok 20% MVC), a rekrutacja jednostek motorycznych w mięśniu dwugłowym i trójgłowym nie przekraczała odpowiednio 12%MVC i 7%MVC danych mięśni. W tym badaniu wykazałem, iż aktywność mięśnia

trójgłowego była porównywalna względem wartości procentowych MVC, lecz wykazałem, że w mojej grupie Mistrzów jest istotnie większa niż u Uczniów. Aktywność mięśnia dwugłowego ramienia badana przeze mnie wahała się między 17 a 22% i nie wykazywała istotnych różnic pomiędzy grupami, lecz jak można zauważyć znacząco przewyższała wyniki grupy Walesa [47], szczególnie pomiędzy grupami mistrzów. Warto pamiętać, iż mięśnie dwugłowe w obu badaniach badany były po przeciwnych stronach. W prawej kończynie górnej ruch jest bardziej okresowy, a w lewej stały. Nie zmienia to faktu, że %MVC badany jest wielu krótkich przedziałach czasowych, zatem różnica w formie ruchu jest istotna i nie może być pominięta w analizie, lecz nie powinna mieć dużego znaczenia. Wyniki te (mięsień dwugłowy ramienia), mimo, iż różne, jednak nie odstają względem siebie znacząco i oba mieszczą się w przedziałach świadczących o niskiej aktywności mięśniowej [46]. Ciekawszą wg. mnie różnicą jest wyższa aktywność Mistrzów względem uczniów w obrębie mięśnia trójgłowego, która nie odnosi się tylko do porównania tego mięśnia między badaniami, lecz jest zauważalna w analogicznym mięśniu po stronie przeciwnej oraz w prawym mięśniu czworobocznym w mojej grupie Mistrzów. Trend ten jest odwrotny w obrębie mięśni zginaczy i prostowników przedramienia. Jest to powszechne zdanie wśród profesjonalnych muzyków, jak i udokumentowane w części prac naukowych, że podczas ekspresji muzyk powinien użyć minimalnej siły wymaganej do uzyskania danego efektu [70]. Fjellman-Wiklund i wsp. (2003) sugerują iż ta zasada jest demonstrowana przez muzyków poprzez optymalizowanie wzorców ruchowych i minimalizowanie liczby ruchów i niepotrzebnej aktywności mięśniowej i jej ekspresja wzmaga się z czasem i intensywnością ćwiczeń [40]. Wraz z wiekiem i ilością czasu poświęconego na granie, szlaki motoryczne stają się bardziej odruchowe niż zależne od woli. Nie można jednak zapomnieć, iż grupa Uczniów, mimo, że mniej doświadczona składała się z muzyków o przeważnie kilkunastoletnim stażu gry i szkoliła się w kierunku solistycznym, zatem można zakładać iż ich szlaki mięśniowe są również w znacznej części odruchowe. Różnice w obrębie przedramienia mogą wynikać z innej techniki gry (docisk smyczka do struny generowany bardziej z nadgarstka, niż z ramienia), która to jest tematem przewijającym się gronach muzycznych ekspertów od pokoleń.

Porównanie wybranych elementów profilu elektromiograficznego pomiędzy skrzypkami objawowymi i nieobjawowymi

W badaniu McCrary i wsp. (2016) analizie poddano 25 chorych, składającej się z objawowych i nie objawowych skrzypków i wiolonczelistów [71]. Poddano ich badaniu SEMG w obrębie różnych grup mięśniowych w obrębie prawej kończyny górnej, mięśni grzbietu i innych takich jak m. in. mięsień prosty brzucha. Muzycy grali kilka wprawek o zróżnicowanej technice gry. Badający zaobserwowali nieprzekraczający 20% poziom submaksymalnej aktywności mięśni we wszystkich badanych grupach mięśniowych obręczy barkowej i ramienia, w każdym z utworów. Autorzy uzyskali wyniki pomiędzy 30-40% w analogicznym pomiarze w obrębie prostowników i zginaczy przedramienia prawego. ECRB wykazywało statystycznie istotnie wzmożoną aktywność u objawowych pacjentów względem grupy asymptomatycznej. Odwrotnie proporcjonalnie zachowywał się prawy mięsień czworoboczny, gdzie obserwowano spadek %MVC wraz ze zgłaszanymi objawami z tej okolicy. Podobne spostrzeżenie obserwował Berque (2002) [72], który również obserwował spadek aktywności prawego mięśnia czworobocznego wraz z objawowością, lecz określał poziom %MVC na 35 i 48% w dwóch utworach (niewymagającym i wymagającym), co stanowi wynik dwukrotnie większy niż u McCrary'ego [71]. W badaniu statycznym (podobnym do Ps1 z mojego badania) poziom aktywności wspomnianego mięśnia określano na 7% MVC. W innych publikacjach Park i wsp. (2012) [73] wykazywali wzrost badanego napięcia w prawym mięśniu czworobocznym u pacjentów zgłaszających dolegliwości bólowe prawej okolicy barkowej. Podobne spostrzeżenia notował Overton i wsp. (2018) [74]. W moim badaniu podczas gry prawy mięsień czworoboczny uzyskiwał statystycznie większy procentowy udział w MVC w utworze umiarkowanym (Bach) u objawowych muzyków, a w utworze wolnym (Wieniawski) u nie objawowych. Oba wyniki oscylowały wokół 20%, co jest wynikiem zdecydowanie mniejszym niż u McCrary'ego [71]. W pozycji spoczynkowej %MVC tego mięśnia był różny od tych powyżej wspomnianych i był większy u osób asymptomatycznych. Co ciekawe lewy mięsień czworoboczny, niebadany w wymienionych badaniach nie wykazywał różnic pomiędzy grupami w mojej analizie, a jest on często zgłaszanym miejscem bólu. W moim badaniu oba mięśnie czworoboczne zwiększały swoją aktywność elektryczną wyrażoną w %MVC wraz ze zwiększeniem liczby segmentów objawowych, oraz w

pozycji statycznej poziom u asymptomatycznych był większy niż u symptomatycznych, lecz nie istotnie statystycznie.

Badanie McCrary'ego [71] poza dokładnością metodologii miało niewątpliwą zaletę zbadania mięśni posturalnych i ich reakcji na zmiany np. w prawym mięśniu czworobocznym, które wykazał. Uwidaczniało to fakt, iż łańcuchy biomechaniczne naszego układu mięśniowo-szkieletowego są bardzo złożone i wyniki pomiarów izolowanych mogą być jedynie częściową odpowiedzią na zadane pytania. W moim badaniu skupiłem się na obu kończynach górnych, a ograniczona liczba kanałów urządzenia pomiarowego wymusiła trudne wybory. Celem naszego badania było jednak, aby porównać obie kończyny, gdyż jak widzimy w powyższych wynikach, pomiary mogą się mocno osobniczo różnić, czego pomiar symetrycznych struktur może uniknąć. Było to również badanie na nieco większej liczbie badanych i o szerszym rozkładzie wiekowym. Rozbieżność w wynikach, mogą tłumaczyć różne zdolności kompensacyjne organizmu i faza dolegliwości, w której konkretni objawowi muzycy się znajdowali. Nie natrafiłem na specyfikację w żadnym z powyższych badań określającą czas od początku dolegliwości. W obszernym badaniu Srinivasana i wsp. (2012) dotyczącego zmienności motorycznej na przestrzeni czasu podczas wykonywania powtarzalnych czynności zawodowych dowodzono, iż zmienność ta jest zmieszana w adaptacyjnych szlakach mięśniowych przez ból przewlekły, a ostra faza bólu je wspomaga. Zdolności te są również zależne od wieku pacjenta. Kompensacja zatem może u jednych muzyków zachodzić, a u innych nie, prowadząc do zmniejszenia lub zwiększenia aktywności mięśniowej danej jednostki. Staw ramienny jest wyjątkowo podatny na to zjawisko ze względu na szeroki zakres ruchu, dużą liczbę grup mięśniowych nim poruszającym oraz względnie dużą mobilność obu elementów kostnych stawu. Lima i wsp. w badaniu z 2015r wykazali nieprawidłowości w postawie w postaci m.in. elewacji łopatki prawostronnie u dziesięciu z osiemnastu badanych skrzypków, przeważały osoby objawowe. Może to świadczyć o procesach kompensacyjnych, rozpoczynającej się dyskinezie łopatki, mogącej prowadzić w czasie do zespołów chorobowych, takich jak zespół podbarkowy, które znacznie utrudnić mogą utrudnić codzienne ćwiczenia i próby.

7. Ograniczenia i mocne strony badania

Podczas opracowywania wyników zaobserwowałem pewne ograniczenia przeprowadzanego przeze mnie badania. Celem spójności analizy i łatwości przygotowania dla badanych, badanie SEMG wykonywane było przy nieambitnym repertuarze w warunkach bezstresowych, co wpływać mogło na aktywność mięśniową oraz postawę muzyków podczas gry. Czas grania utworów wynosił do 15-20 minut z drobnymi przerwami. Średni czas porób, czy codziennych ćwiczeń, jest znacznie dłuższy, a obciążenia mięśniowe mogą wzrastać z czasem, dając temu wyraz w SEMG lub w badaniu ortopedycznym w danej chwili. Noraxon Telemyo 2400T G2 jest urządzeniem ośmiokanałowym, ze względu na ograniczenia techniczne musiałem oszacować mięśnie, na których pracy będziemy się skupiać. Sama metoda powierzchniowej elektromiografii niesie pewne ograniczenia, jak analizowanie większej ilości sygnałów niż tylko te z badanego mięśnia, natomiast starałem się je maksymalnie zminimalizować przez dokładne przestrzeganie protokołu SENIAM oraz używanie wskaźników referencyjnych takich jak %MVC. Część niespójności w wynikach może sugerować, iż do precyzyjnej, wielopłaszczyznowej oceny funkcji biomechanicznej skrzypków potrzebny jest kontekst posturalny i analiza wielomięśniowa. Ponadto warto byłoby rozważyć pomiar mięśni czworobocznych w ich różnych segmentach (zstępująca, wstępująca, środkowa) oraz mięśni naramiennych w różnych aktonach. Pomiar elektromiografii powierzchniowej odnosił się do średniej wartości badanej amplitudy i procentu aktywności mięśniowej względem maksymalnego skurczu izometrycznego, co daje obraz pracy mięśnia w czasie, lecz nie definiuje potencjalnych chwilowych przeciążeń. Warto by było rozważyć te wyniki w zestawieniu z innymi parametrami elektromiograficznymi. W punktu widzenia biomechaniki i neurofizjologii dokonana przez nas ocena aktywności elektrycznej mięśnia oraz jego siły mięśniowej nie jest wystarczająca do oceny obciążeń. Wymagane są do tego przyrządy pomiarowe (jeden lub wiele), które jednocześnie mierzyłyby akceleracje, moment siły, pracę, zapis elektromiograficzny. Jest to ambitny cel na przyszłość, lecz obecnie mocno ograniczonych możliwościami technicznymi w większości miejsc na świecie.

Badana grupa zawierała znaczny procent osób zgłaszających objawy, lecz żaden z badanych muzyków nie był w fazie „ostrej” swoich dolegliwości w trakcie badania. Ponadto grupa badana była za mała, aby wydzielić podgrupy badanych w zależności od

specyficznego miejsca ich dolegliwości, lub czasu ich trwania, niemniej jest to bolączka większości badań naukowych. Zawierała ona również szeroki zakres wiekowy badanych. Można to rozpatrywać zarówno jako ograniczenie – niehomogenność, jak i zaletę - PRMDs rozwijają się z czasem i analiza dolegliwości osób młodych, jak w większości prac, może być pomocna w oszacowaniu charakterystyki grupy, lecz nie do analizy problemu, który skłania badaczy do zajęcia się tą tematyką – źródła PRMDs. Mimo, iż zróżnicowana pod względem wieku, grupa była niezwykle homogenna w kontekście profesji. Większość badań analizuje różne grupy muzyków, albo klasyfikuje wszystkich smyczkowców do jednej grupy, kiedy postawa czy zakresy ruchów w trakcie gry, konstytucyjna budowa ciała i wiele innych parametrów różni np. skrzypków od wiolonczelistów. Zawsze celowym byłoby zwiększenie paramentów liczbowych grupy badanej, jednak myślę, że czterdzieści cztery osoby w tak małej populacji potencjalnych badanych oraz w jednoośrodkowym badaniu stanowią satysfakcjonujący wynik pozwalający na rzetelną analizę problemów badawczych. Jest to również liczba przewyższająca wartości spotkane w większości badań, innych niż ankietowe. Mocną stroną badania był, moim zdaniem, pomiar w obrębie obu kończyn górnych, gdyż większość badaczy skupia się na kończynie prowadzącej smyczek.

Uważam, iż badanie stworzyło solidne podstawy do kontynuacji pracy w bardziej zawężonych jej obszarach.

8. Wnioski

1. Analizowane parametry elektromiograficzne świadczą o niskim poziomie aktywności mięśni w trakcie badania. Sugerować może to, skrzypkowie są poddawani umiarkowanym obciążeniom podczas gry na instrumencie.
2.
 - a) Skrzypkowie wykazują prawidłowy balans antagonistycznych grup mięśniowych oraz względnie niską aktywność w obrębie badanych mięśni obu barków. Wyjątek stanowi prawy mięsień czworoboczny.
 - b) Skrzypkowie wykazują podwyższoną aktywność mięśniową w grupie prostowników przedramienia prawego oraz zginaczy przedramienia lewego, gdzie balans antagonistycznych grup mięśniowych jest zaburzony.
 - c) Skrzypkowie wykazują globalne osłabienia badanych parametrów siły mięśniowej względem grup kontrolnych z analizowanej literatury.
3.
 - a) Grupy Mistrzów i Uczniów nie różnią się w badaniu elektromiograficznym w zakresie średniego skurczu badanych mięśni. Wyjątek stanowi lewy zginacz łokciowy nadgarstka, gdzie przeważali Mistrzowie.
 - b) Grupa Mistrzów wykazuje większą aktywność mięśniową w obrębie mięśni barku, a mniejszą w obrębie mięśni przedramienia.
4.
 - a) Grupy pacjentów symptomatycznych i asymptomatycznych nie różniły się istotnie w badaniu elektromiograficznym oraz siły mięśniowej.
 - b) Wykazano korelacje łączące nasilenie objawów oraz aktywność poszczególnych grup mięśniowych. Nie wykazano jednak stałej, uogólnionej tendencji.
 - c) Zgłaszane dolegliwości nie manifestują się w klasycznym badaniu przedmiotowym, oraz nie wpływają na upośledzenie codziennych aktywności.

5. Wykazane dysproporcje mogą być przyczyną przeciążeń w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego i przekładać się na dolegliwości, na którymś z etapów kariery. Dolegliwości skrzypków mają prawdopodobnie złożone i czynnościowe podłoże i powinny być szczegółowo analizowane w specyficznych warunkach w dalszych pracach naukowych.

9. Streszczenie

Wstęp: PRMDs zgłaszane przez profesjonalnych muzyków są problemem coraz częściej podnoszonym na zjazdach naukowych, stanowiący istotny problem diagnostyczny i leczniczy. Jest to grupa objawów, do których zaliczają się ból, parestezje, dystonie czy drżenie mięśniowe. Ich charakter jest często okresowy, co sprzyja prokrastynacji i prowadzi do przewlekłego procesu o niepewnej etiologii. Niemożność odtworzenia objawów w gabinecie lekarskim oraz podostry charakter dolegliwości w pierwotnym ich stadium znacznie komplikuje proces diagnostyczno-terapeutyczny. Ze względu na obciążenia w układzie mięśniowo-szkieletowym, którym profesjonaliści są poddawani, można tę grupę porównać do sportowców i tak jak u nich, celowane leczenie wymaga dogłębnej analizy fizjologii gry, potrzeb badanych, a przede wszystkim diagnozy.

Cele pracy: Ocena obciążeń w układzie mięśniowo-szkieletowym w obrębie kończyn górnych oraz stworzenie profilu biomechanicznego i elektromiograficznego skrzypków w trakcie gry na instrumencie. Porównanie elementów wspomnianego profilu między muzykami o krótkim i długim stażu gry, oraz między muzykami objawowymi i nie objawowymi.

Metodologia: Zbadałem grupę 44 skrzypków, składającej się z 33 kobiet i 11 mężczyzn, o średniej wieku 30 lat. Grupę podzieliliśmy na Mistrzów i Uczniów względem stażu gry. Grupa Mistrzów składała się z 18 muzyków, a Uczniów z 26. Grupę podzielono również względem zgłaszanych objawów, gdzie grupa symptomatycznych stanowiło 30 badanych, a asymptomatycznych 14. Muzyków poddałem typowemu badaniu ortopedycznemu, badaniu ankietowemu, badaniu siły mięśniowej w różnych protokołach oraz SEMG w trakcie gry, w obrębie mięśni czworobocznych, trójędrowych, dwujędrowego ramienia, FCU i FCR lewostronnie oraz ECRB prawostronnie. Mierzone parametry poddałem analizie statystycznej w oparciu o programy Statistica 13 oraz GraphPad InStat 3.0, porównując je między grupami.

Wyniki: Skrzypkowie wykazali niską medianę wyników kwestionariusza DASH (5/100), a grupy symptomatyczna i niesymptomatyczna istotnie różniły się statystycznie ($p=0,02$). Średnie wszystkich pomiarów w obrębie badanych grup mięśniowych nie przekraczały 30% MVC. W badanej grupie zaobserwowano niską aktywność obu mięśni trójędrowych ramienia i czworobocznego lewego oraz względnie wysoką

prawego mięśnia czworobocznego i wszystkich badanych mięśni przedramienia. Badani wykazywali prawidłowy balans antagonistycznych grup mięśniowych w obrębie barku, a zaburzony w obrębie lewego przedramienia(<65%). Grupa Mistrzów wykazywała większą aktywność mięśniową w obrębie barku, a niższą w obrębie przedramienia względem grupy Uczniów. Cała grupa muzyków wykazała globalne osłabienie siły mięśniowej względem grup kontrolnych z analizowanej literatury. Grupy muzyków objawowych i nie objawowych nie różniły się istotnie między sobą w badanych parametrach siły mięśniowej i SEMG.

Wnioski: Wykazane parametry elektromiograficzne sugerować mogą iż muzycy poddawani są umiarkowanym obciążeniom podczas gry na instrumencie. Zgłaszane dolegliwości nie manifestują się w klasycznym badaniu przedmiotowym. Wykazane dysproporcje mogą być przyczyną przeciążeń w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego i wiązać się z dolegliwościami, na którymś z etapów kariery. Dolegliwości te nie wydają się być jednoznacznie związane ze stażem gry. W badaniu nie udało się uchwycić precyzyjnych różnic warunkujących objawowość. Dolegliwości skrzypków mają prawdopodobnie złożone i czynnościowe podłoże i powinny być szczegółowo analizowane w konkretnych warunkach w dalszych pracach naukowych.

10. Abstract

Introduction: PRMDs are one of the rising problem analyzed during scientific meetings. It is a vast range of symptoms such as pain, paresthesia, dystonia or tremor. They are usually intermittent what promote procrastination and leads to a chronic condition of unknown etiology. Inability to recreate symptoms during a visit and subacute character of symptoms in a primal phase complicates diagnostic process and treatment. In terms of biomechanical overload musicians are comparable in some ways to athletes and as in their case, aimed treatment needs deep analyses of playing patterns, players needs and most of all, diagnosis itself.

Aim of the study: Evaluation of musculo-skeletal loads in upper extremities and creating biomechanical and electrophysiological profile of these string players during performance. Comparison of selected elements of mentioned profile between more experienced and less experienced as well as symptomatic and asymptomatic players.

Methodology: The group consisted of 44 violinists, 33 females and 11 mans, in an average age of 30. They was divided in terms of experience and symptoms. More experienced group consisted of 18 and less experienced 26 players. Symptomatic group counted 30 and asymptomatic 14 players. They went through a typical orthopedic and questionnaire evaluation, muscle strength assessment with different protocols and finally SEMG examination during playing in both trapezius and triceps muscles, left biceps, FCU and FCR and right ECRB. The data underwent statistical analysis using Statistica 13 and GraphPad Instat 3.0 comparing them between groups.

Results: The data showed low median value of DASH outcome (5/100), but an asymptomatic and symptomatic group were statistically different. Average muscle activity in examined muscles were less then 30% of MVC. Muscle activity of both triceps and left trapezius was low and right trapezius was high in whole group. Violinist showed good muscle balance in shoulder muscles, were more experienced players presented with higher muscle activity. Reversed pattern was observed in forearm: less experienced players showed higher muscle activity and a muscle balance was impaired (<65%). The whole group showed global decrease in muscle strength in comparison to control group from literature. Symptomatic and asymptomatic group were comparable in terms of examined profile elements.

Conclusions: Parameters shown in the study may suggest that violinist have moderate overload during performance in examined body segments. Reported symptoms do not demonstrate itself during clinical examination. Presented differences may be the cause of overload in upper extremities musculo-skeletal system, and lead to symptoms in some point of music career, though they do not show strict correlation with age. These conditions are probably very complex and reveal itself only during long performance, and in such conditions should be examined in the future.

11. Bibliografia

- [1] Zaza C, Charles C, Muszynski A. The meaning of playing-related musculoskeletal disorders to classical musicians. *Social Science and Medicine* 1998;47. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(98\)00307-4](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(98)00307-4).
- [2] Manchester R.E.; Flieder D. Further observations on the epidemiology. of hand injuries in music students. *Med Probl Perform* 1991;11–14.
- [3] Betzl J, Kraneburg U, Megerle K. Overuse syndrome of the hand and wrist in musicians: a systematic review. *Journal of Hand Surgery: European Volume* 2020;45. <https://doi.org/10.1177/1753193420912644>.
- [4] Kochem FB, Silva JG. Prevalence of Playing-related Musculoskeletal Disorders in String Players: A Systematic Review. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 2018;41. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2018.05.001>.
- [5] Tritt H. Doniesienie własne 2018.
- [6] Wilke C, Priebus J, Biallas B, Froböse I. Motor activity as a way of preventing musculoskeletal problems in string musicians. *Medical Problems of Performing Artists* 2011;26. <https://doi.org/10.21091/mppa.2011.1003>.
- [7] Ackermann B, Driscoll T. Development of a new instrument for measuring the musculoskeletal load and physical health of professional orchestral musicians. *Medical Problems of Performing Artists* 2010;25. <https://doi.org/10.21091/mppa.2010.3021>.
- [8] Fishbein M, Middlestadt SE, Ottati V, Straus S. Medical problems among ICSOM musicians: overview of a national survey. *Medical Problems of Performing Artists* 1988;3.
- [9] Rotter G, Noeres K, Fernholz I, Willich SN, Schmidt A, Berghöfer A. Musculoskeletal disorders and complaints in professional musicians: a systematic review of prevalence, risk factors, and clinical treatment effects. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2020;93. <https://doi.org/10.1007/s00420-019-01467-8>.

- [10] Caldron P, Calabrese L, Clough J, Lederman R, Williams G, Leatherman J. A survey of musculoskeletal problems encountered in high-level musicians. *Med Probl Perform Art* 1986;1.
- [11] Balnave CD, Thompson MW. Effect of training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology* 1993;75. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.4.1545>.
- [12] Murgia A, Kyberd PJ, Chappell PH, Light CM. Marker placement to describe the wrist movements during activities of daily living in cyclical tasks. *Clinical Biomechanics* 2004;19. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2003.11.012>.
- [13] Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy* 1967;47. <https://doi.org/10.1093/ptj/47.2.114>.
- [14] Taylor NAS, Sanders RH, Howick EI, Stanley SN. Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1991;62. <https://doi.org/10.1007/BF00643739>.
- [15] Roy J-S, Ma B, MacDermid JC, Woodhouse LJ. Shoulder muscle endurance: the development of a standardized and reliable protocol. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology* 2011;3. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-3-1>.
- [16] Grygorowicz M, Kubacki J, Bacik B, Gieremek K, Polak A. Isokinetic measurements - Areas of application in physiotherapy | Pomiar w warunkach izokinetycznych - Obszary zastosowania w fizjoterapii. *Fizjoterapia Polska* 2006;6.
- [17] Biodex Multi-Joint System. *Isokinetic Source Book*. n.d.
- [18] Ellenbecker TS, Roetert EP. Isokinetic profile of elbow flexion and extension strength in elite junior tennis players. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2003;33. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.2.79>.
- [19] Cheng AJ, Rice CL. Fatigue and recovery of power and isometric torque following isotonic knee extensions. *Journal of Applied Physiology* 2005;99. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00452.2005>.

- [20] Schmitz RJ, Westwood KC. Knee Extensor Electromyographic Activity-to-Work Ratio is Greater with Isotonic Than Isokinetic Contractions. *Journal of Athletic Training* 2001;36.
- [21] El-Zayat BF, Efe T, Heidrich A, Wolf U, Timmesfeld N, Heyse TJ, et al. Objective Assessment of shoulder mobility with a new 3D gyroscope - A validation study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2011;12. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-168>.
- [22] Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 1990;11. <https://doi.org/10.2519/jospt.1990.11.7.298>.
- [23] Drouin JM, Valovich-McLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology* 2004;91. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>.
- [24] de Araujo Ribeiro Alvares JB, Rodrigues R, de Azevedo Franke R, da Silva BGC, Pinto RS, Vaz MA, et al. Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Physical Therapy in Sport* 2015;16. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.04.004>.
- [25] Golicki D, Krzysiak M, Strzelczyk P. Tłumaczenie i adaptacja kulturowa polskich wersji kwestionariuszy Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) oraz QuickDash. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2014;16. <https://doi.org/10.5604/15093492.1119616>.
- [26] Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: The DASH (disabilities of the arm, shoulder, and hand). *American Journal of Industrial Medicine* 1996;29. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199606\)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L).
- [27] Hoffman J. Norms for fitness, performance, and health. *Choice Reviews Online* 2007;45. <https://doi.org/10.5860/choice.45-0859>.

- [28] Bręborowicz E. Wybrane parametry biomechaniczne stawu ramiennego chorych leczonych operacyjnie z powodu jego niestabilności. 2015.
- [29] M. Jokieli. Ocena biomechaniczna i kliniczna czynności mięśni przedramienia u chorych z łokciem tenisisty na podstawie wybranych parametrów. 2015.
- [30] Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy Results of the SENIAM project. Roessingh Research and Development 1999;8.
- [31] Konrad P. The ABC of EMG A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. Noraxon INC USA A 2005.
- [32] Cygańska AK, Truszczyńska-Baszak A, Tomaszewski P. Cross-cultural adaptation and validation of the musculoskeletal pain intensity and interference questionnaire for musicians of the Polish population (MPIQM-P). Medical Science Monitor 2021;27. <https://doi.org/10.12659/MSM.928038>.
- [33] Bragge P, Bialocerkowski A, McMeeken J. A systematic review of prevalence and risk factors associated with playing-related musculoskeletal disorders in pianists. Occupational Medicine 2006;56. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi177>.
- [34] Berque P, Gray H, Mcfadyen A. Playing-Related Musculoskeletal Problems Among Professional Orchestra Musicians in Scotland. Medical Problems of Performing Artists 2016;31.
- [35] Kok LM, Groenewegen KA, Huisstede BMA, Nelissen RGHH, Rietveld ABM, Haitjema S. The high prevalence of playing-related musculoskeletal disorders (PRMDs) and its associated factors in amateur musicians playing in student orchestras: A crosssectional study. PLoS ONE 2018;13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191772>.
- [36] Barton R, Kallian C, Bushee M, Callen J, Cupp T, Ochs B, et al. Occupational performance issues and predictors of dysfunction in college instrumentalists. Medical Problems of Performing Artists 2008;23. <https://doi.org/10.21091/mppa.2008.2014>.

- [37] Kochem FB, Silva JG. Prevalence and associated factors of playing-related musculoskeletal disorders in Brazilian violin players. *Medical Problems of Performing Artists* 2017;32. <https://doi.org/10.21091/mppa.2017.1006>.
- [38] Angst F, Schwyzer HK, Aeschlimann A, Simmen BR, Goldhahn J. Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and Its Short Version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Society Standardized Shoulder Assessment Form, Constant (Murley) Score (CS), Simple Shoulder Test (SST), Oxford Shoulder Score (OSS), Shoulder Disability Questionnaire. *Arthritis Care and Research* 2011;63. <https://doi.org/10.1002/acr.20630>.
- [39] Kennedy C, Beaton DE, Solway S, McConnell S, Bombardier C. The DASH and QuickDASH Outcome Measure User's Manual. 2011.
- [40] Fjellman-Wiklund A, Brulin C, Sundelin G. Physical and psychosocial work-related risk factors associated with neck-shoulder discomfort in male and female music teachers. *Medical Problems of Performing Artists* 2003;18. <https://doi.org/10.21091/mppa.2003.1007>.
- [41] Araújo LS, Wasley D, Redding E, Atkins L, Perkins R, Ginsborg J, et al. Fit to Perform: A Profile of Higher Education Music Students' Physical Fitness. *Frontiers in Psychology* 2020;11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00298>.
- [42] Kroon GW, Naeije M. Recovery following exhaustive dynamic exercise in the human biceps muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1988;58. <https://doi.org/10.1007/BF00417254>.
- [43] Byström SEG, Mathiassen SE, Fransson-Hall C. Physiological effects of micropauses in isometric handgrip exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1991;63. <https://doi.org/10.1007/BF00868070>.
- [44] Lindstrom L, Kadefors R, Petersen I. An electromyographic index for localized muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology* 1977;43. <https://doi.org/10.1152/jappl.1977.43.4.750>.
- [45] J. Huber. Doniesienie własne 2022.

- [46] Ashley-Ross MA. Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications . Edited by Roberto Merletti and , Philip Parker . IEEE Press. Hoboken (New Jersey): Wiley-Interscience. \$99.95. xxii + 494 p; ill.; index. ISBN: 0-471-67580-6. 2004. . The Quarterly Review of Biology 2005;80. <https://doi.org/10.1086/433152>.
- [47] Wales Jennifer. 3D movement and muscle activity patterns in a violin bowing task. Faculty of Applied Health Sciences 2007.
- [48] Press J, Levy AE. Electromyographic analysis of muscular activity in the upper extremity generated by supporting a violin with and without a shoulder rest. Medical Problems of Performing Artists 1992;7.
- [49] Noraxon TeleMyo 2400T V2 User Manual. 2010.
- [50] Sójka A, Huber J, Hędzerek W, Wiertel-Krawczuk A, Szymankiewicz-Szukała A, Seraszek-Jaros A, et al. Relations between the results of complex clinical and neurophysiological examinations in patients with temporomandibular disorders symptoms. Cranio - Journal of Craniomandibular Practice 2018;36. <https://doi.org/10.1080/08869634.2017.1290907>.
- [51] GJ. D. . Open kinetic chain assessment and rehabilitation. Biodex Multi-Joint System: Isokinetic Source Book. n.d.
- [52] Ellenbecker TS, Davies GJ. The Application of Isokinetics in Testing and Rehabilitation of the Shoulder Complex. Journal of Athletic Training 2000;35.
- [53] Bigoni M, Gorla M, Guerrasio S, Brignoli A, Cossio A, Grillo P, et al. Shoulder evaluation with isokinetic strength testing after arthroscopic rotator cuff repairs. Journal of Shoulder and Elbow Surgery 2009;18. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2008.09.002>.
- [54] Demirors H, Circi E, Akgun RC, Tarhan NC, Cetin N, Akpinar S, et al. Correlations of isokinetic measurements with tendon healing following open repair of rotator cuff tears. International Orthopaedics 2010;34. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0827-9>.

- [55] Lin HC, Li JS, Lo SF, Shih YF, Lo CY, Chen SY. Isokinetic characteristics of shoulder rotators in patients with adhesive capsulitis. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2009;41. <https://doi.org/10.2340/16501977-0378>.
- [56] Forthomme B, Croisier JL, Huskin JP, Crielaard JM. Isokinetic assessment of shoulders with impingement syndrome following pain inhibition. *Isokinetics and Exercise Science* 2018;11. <https://doi.org/10.3233/ies-2003-0115>.
- [57] Dauty M, Delbrouck C, Huguet D, Rousseau B, Potiron-Josse M, Dubois C. Reproducibility of concentric and eccentric isokinetic strength of the shoulder rotators in normal subjects 40 to 55 years old. *Isokinetics and Exercise Science* 2003;11. <https://doi.org/10.3233/ies-2003-0134>.
- [58] Stickley CD, Hetzler RK, Freemyer BG, Kimura IF. Isokinetic peak torque ratios and shoulder injury history in adolescent female volleyball athletes. *Journal of Athletic Training* 2008;43. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.6.571>.
- [59] Guido. Providing right resistance. *Biodex Multi-Joint System: Isokinetic Source Book*. n.d.
- [60] Hedrick A. Strength training: Literature review: High speed resistance training. *National Strength and Conditioning Association Journal* 2008;15. [https://doi.org/10.1519/0744-0049\(1993\)015<0022:lrhsrt>2.3.co;2](https://doi.org/10.1519/0744-0049(1993)015<0022:lrhsrt>2.3.co;2).
- [61] Hartsell HD. The effects of body position and stabilization on isokinetic torque ratios for the shoulder rotators. *Isokinetics and Exercise Science* 1998;7. <https://doi.org/10.3233/ies-1998-0032>.
- [62] Huang TF, Wei SH, Jung-Chi C, Hsu MJ, Chang HY. Isokinetic evaluation of shoulder internal and external rotators concentric strength and endurance in baseball players: Variations from pre-pubescence to adulthood. *Isokinetics and Exercise Science* 2005;13. <https://doi.org/10.3233/ies-2005-0207>.
- [63] Amako M, Imai T, Okamura K. Recovery of shoulder rotational muscle strength after a combined Bankart and modified Bristow procedure. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2008;17. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2008.01.145>.
- [64] Bręborowicz E. Isokinetic and functional shoulder outcomes after arthroscopic capsulolabral stabilization. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2022.

- [65] Hughes RE, Johnson ME, O'Driscoll SW, An KN. Normative values of agonist-antagonist shoulder strength ratios of adults aged 20 to 78 years. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1999;80. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90037-0](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90037-0).
- [66] May E, Russell M, Broniecki M. Wrist strength measurement: A review of the reliability of manual muscle testing and hand-held dynamometry. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine* 2002;14. <https://doi.org/10.1615/critrevphysrehabilmed.v14.i1.30>.
- [67] Adams JE SS. Elbow Tendinopathies and Tendon Ruptures. *Green's Operative Hand Surgery*. n.d.
- [68] Massy-Westropp NM, Gill TK, Taylor AW, Bohannon RW, Hill CL. Hand Grip Strength: Age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Research Notes* 2011;4. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-4-127>.
- [69] Furuya S, Oku T, Miyazaki F, Kinoshita H. Secrets of virtuoso: Neuromuscular attributes of motor virtuosity in expert musicians. *Scientific Reports* 2015;5. <https://doi.org/10.1038/srep15750>.
- [70] Basmajian J v. Motor learning and control: a working hypothesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1977;58.
- [71] McCrary JM, Halaki M, Ackermann BJ. Effects of Physical symptoms on muscle activity levels in skilled violinists. *Medical Problems of Performing Artists* 2016;31. <https://doi.org/10.21091/mppa.2016.3024>.
- [72] Berque P, Gray H. The influence of neck-shoulder pain on trapezius muscle activity among professional violin and viola players: An electromyographic study. *Medical Problems of Performing Artists* 2002;17. <https://doi.org/10.21091/mppa.2002.2011>.
- [73] Park KN, Kwon OY, Ha SM, Kim SJ, Choi HJ, Weon JH. Comparison of electromyographic activity and range of neck motion in violin students with and without neck pain during playing. *Medical Problems of Performing Artists* 2012;27. <https://doi.org/10.21091/mppa.2012.4035>.

- [74] Overton M, du Plessis H, Sole G. Electromyography of neck and shoulder muscles in instrumental musicians with musculoskeletal pain compared to asymptomatic controls: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice* 2018;36. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2018.04.001>.

12. Spis tabel:

Tabela 1 Spis parametrów możliwych do zbadania w zależności od wybranego protokołu.....	10
Tabela 2 Wybrane parametry grupy badanej.....	15
Tabela 3 Kryteria włączenia i wyłączenia grupy badanej	16
Tabela 4 Rozmieszczenie elektrod NORAXON Telemyo 2400T i przydzielonych im kanałów.....	22
Tabela 5 Częściowe wyniki badania ankietowego	27
Tabela 6 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej prawej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie całej grupy pomiędzy pomiarami	30
Tabela 7 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej lewej (MA [mV], %MVC [%]), – porównanie całej grupy pomiędzy pomiarami.....	31
Tabela 8 Wyniki pomiaru siły mięśniowej mięśni barku w protokole izometrycznym [kg].....	33
Tabela 9 Wyniki pomiaru siły chwytu globalnego [kg]	34
Tabela 10 Wyniki pomiaru szczytowego momentu obrotowego mięśni barku pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [Nm]	35
Tabela 11 Wyniki pomiaru średniej mocy mięśni barku pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [W].....	36
Tabela 12 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni barku pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [%]	36
Tabela 13 Wyniki pomiaru szczytowej prędkości kątowej mięśni przedramienia pomiędzy kończynami, protokół izotoniczny - cała grupa[°/s]	37
Tabela 14 Wyniki pomiaru średniej mocy mięśni przedramienia pomiędzy kończynami, protokół izokinetyczny - cała grupa [W]	38
Tabela 15 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni przedramienia pomiędzy kończynami, protokół izotoniczny - cała grupa[%]	38
Tabela 16 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej prawej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie Mistrzów i Uczniów pomiędzy pomiarami	40
Tabela 17 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej lewej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie Mistrzów i Uczniów pomiędzy pomiarami	42

Tabela 18 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni przedramienia pomiędzy grupami Symptomatyczną i Asymptomatyczną, protokół izotoniczny [%].....	45
Tabela 19 Wyniki pomiaru współczynnika agonistów/antagonistów mięśni barku pomiędzy grupami Symptomatyczną i Asymptomatyczną, protokół izokinetyczny [%]	46
Tabela 20 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej prawej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie skrzypeków Symptomatycznych i Asymptomatycznych pomiędzy pomiarami	47
Tabela 21 Wybrane parametry SEMG mięśni kończyny górnej lewej (MA [mV], MVC [%]) – porównanie skrzypeków Symptomatycznych i Asymptomatycznych pomiędzy pomiarami	49
Tabela 22 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w utworze Bacha	52
Tabela 23 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w utworze Kreutzera.....	53
Tabela 24 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w utworze Wieniawskiego.....	53
Tabela 25 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w zależności od wzrostu zgłaszanych dolegliwości bólowych	54
Tabela 26 Siła korelacji i istotność statystyczna wybranych parametrów w zależności od wzrostu liczby punktów kwestionariusza DASH	54

13. Spis rycin:

Rycina 1 Badanie siły odwiedzenia w stawie ramiennym za pomocą dynamometru elektronicznego IDOS.....	17
Rycina 2 Dynamometr Biometric H500 Hand Kit oraz pozycja przygotowawcza do badania siły chwytu globalnego.....	18
Rycina 3 Pozycja przygotowawcza do badania siły mięśni rotatorów stawu ramiennego w protokole izokinetycznym.....	19
Rycina 4 Pozycja przygotowawcza do badania siły mięśni przedramienia w protokole izotonicznym.....	20
Rycina 5 Przykładowy wynik badania mięśni przedramienia w protokole izotonicznym na urządzeniu Biodex System 4.....	21
Rycina 6 Badanie SEMG podczas gry na skrzypcach oraz	23
Rycina 7 Przykładowy wynik badania SEMG na urządzeniu Noraxon Telemetry 2400T G2.....	24
Rycina 8 Przykładowy zapis badania SEMG urządzenia Noraxon Telemetry 2400T G2	24
Rycina 9 Diagram obrazujący podział muzyków względem lokalizacji zgłaszanych objawów	28

OCENA DOLEGLIWOŚCI ODCINKA SZYJNEGO I KOŃCZYN GÓRNYCH PROFESJONALNYCH MUZYKÓW

DANE OSOBOWE

Płeć	
Wiek	
Kończyna dominująca	
Wzrost	
Waga	

INSTRUMENT

Instrument muzyczny	
Liczba lat gry	
Liczba godzin dziennie poświęcona na granie	
Liczba godzin tygodniowo poświęcona na granie	
Liczba godzin dziennie na granie w orkiestrze	
Liczba minut poświęcona na rozgrzewkę Bez instrumentu	
Liczba minut poświęcona na rozgrzewkę Na instrumencie	
Maksymalna liczba minut grania bez jakiegokolwiek przerwy podczas ćwiczeń	
Pozycja podczas ćwiczeń w domu	
Pozycja podczas grania w orkiestrze	
Hobby	

DOLEGLIWOŚCI

Czy w ciągu ostatniego roku wystąpiły u Pana/Pani dolegliwości bólowe	
Jeżeli TAK to proszę o określenie nasilenia bólu (skala 0-10, gdzie 0 – brak jakiegokolwiek bólu, 10 – skrajnie silny ból)	
Jeżeli TAK proszę o podanie lokalizacji dolegliwości	Głowa Szyja Kark Bark Łokieć Nadgarstek Palce Kciuk
Czy dolegliwości pojawiały się podczas grania/po nim lub po dłuższej przerwie	
Czy konsultowała się Pani/Pan z lekarzem/fizjoterapeutą w sprawie dolegliwości	
Jeżeli TAK proszę wpisać diagnozę	
Czy wykonywała Pani/Pan ćwiczenia/uczestniczyła w zabiegach fizykoterapeutycznych	
Jeżeli TAK to proszę po krótko opisać ich rodzaj	
Czy w ciągu ostatniego roku wystąpiły u Pani/Pana drętwienia/mrowienia palców lub przedramienia?	
Jeżeli TAK proszę o podanie lokalizacji drętwień	Kciuk Palec wskazujący Palec środkowy Palec serdeczny Palec mały
Czy w ciągu ostatniego roku zauważyła Pani/Pan zaburzenia czucia w obrębie palców/kończyn górnych	
Czy dolegliwości nasilają się w nocy?	
Czy miała Pani/Pan uraz w obrębie kończyn górnych?	
Jeżeli TAK proszę opisać jaki	

TESTY KLINICZNE

SZYJA	
Fałd Kiblera	
Test oporowy zgięciowy	
Test oporowy wyprost	
Test oporowy pochylenie P	
Test oporowy pochylenie L	
Test oporowy rotacja P	
Test oporowy rotacja L	
Test tętnic kręgowych	
Test Adsona	
Ucisk nadobojczykowy	
BARK	
Jobe'a	
Hawkinsa	
Neera	
Lag sign	
Lift off	
Belly press	
Yergasson	
Speed	
ŁOKIEĆ	
Cozena	
Odwrócony Cozena	
Maudsleya	
Thomsona	
Oporowa supinacja	
krzesła	
NADGARSTEK	
Phalena	
Tinela	
Watsona	
TEST WIOTKOŚCI	
Przeprost/Przywiedzenie kciuka	
Przeprost łokci	
Przeprost kolan	
Zgięcie grzbietowe wskaziciela	
Pochylenie w przód	

KARTA BADAŃ

Pomiar ROM

Staw	Ruch	Ręka praw a	Ręka lew a	Staw	Ruch	Ręka praw a	Ręka lewa
Ramienny	Zgięcie			Łokciowy	Zgięcie		
	Wyprost				Wyprost		
	Odwiedzenie				Supinacja		
	Przywiedzenie				Pronacja		
	Rotacja wewnętrzna			Nadgarstkowy	Zgięcie grzbietowe		
	Rotacja zewnątrzna				Zgięcie dłoniowe		
					Odchylenie łokciowe		
					Odchylenie promieniowe		

Sila chwytu globalnego

Ręka	I	II	III	Śred.
P				
L				

Sila grup mięśniowych dla odpowiednich ruchów w stawach – badanie izometryczne

Staw	Ruch	P	L
Ramienny	Zgięcie		
	Wyprost		
	Odwiedzenie		
	Przywiedzenie		
	Rotacja Z		
	Rotacja W		

Załącznik 2: Kwestionariusz DASH

DASH

INSTRUKCJA

Ten kwestionariusz dotyczy Pana/Pani objawów oraz zdolności do wykonywania pewnych czynności.

Prosimy, aby w oparciu o stan zdrowia w zeszłym tygodniu, odpowiedzieli Państwo na każde pytanie, zakreślając odpowiednie

dash_v5.jpg

Jeśli nie mieliście Państwo okazji wykonywać danej czynności w zeszłym tygodniu, prosimy o zaznaczenie odpowiedzi w Państwa ocenie najbardziej prawdopodobnej.

Nie ma znaczenia, której dłoni lub ręki używacie Państwo do wykonania określonej czynności. Prosimy o ocenę Państwa zdolności do jej wykonania, bez względu na sposób postępowania dla osiągnięcia danego celu.



DASH - KWESTIONARIUSZ DOTYCZĄCY NIEPEŁNOSPRAWNOŚCI KOŃCZYN GÓRNYCH

Prosimy Pana/Panią o ocenę swoich zdolności do wykonania poniższych czynności w zeszłym tygodniu poprzez zakreślenie numeru poniżej najtrafniejszej odpowiedzi.

	Nie sprawiało mi trudności	Sprawiało mi niewielkie trudności	Sprawiało mi umiarkowane trudności	Sprawiało mi duże trudności	Nie byłem/am w stanie tego zrobić
1. Otwieranie szczelnie zamkniętego lub nowego słoika.	1	2	3	4	5
2. Pisanie.	1	2	3	4	5
3. Przekręcanie klucza w zamku.	1	2	3	4	5
4. Przygotowanie posiłku.	1	2	3	4	5
5. Otwieranie ciężkich drzwi.	1	2	3	4	5
6. Umieszczanie przedmiotu na półce znajdującej się nad głową.	1	2	3	4	5
7. Wykonywanie ciężkich prac domowych (np. mycie ścian, mycie podłóg).	1	2	3	4	5
8. Praca w ogrodzie lub na podwórzu.	1	2	3	4	5
9. Ścielenie łóżka.	1	2	3	4	5
10. Niesienie torby z zakupami lub aktówki.	1	2	3	4	5
11. Dźwiganie ciężkich przedmiotów (ponad 5 kg).	1	2	3	4	5
12. Wymiana żarówki w lampie wiszącej nad głową.	1	2	3	4	5
13. Mycie lub suszenie włosów.	1	2	3	4	5
14. Mycie pleców.	1	2	3	4	5
15. Zakładanie swetra przez głowę.	1	2	3	4	5
16. Krojenie nożem żywności.	1	2	3	4	5
17. Zajęcia rekreacyjne niewymagające dużego wysiłku (np. gra w karty, szydełkowanie itp.).	1	2	3	4	5
18. Zajęcia rekreacyjne, podczas których obciążana jest ręka, bark lub dłoń (np. golf, tenis, wbijanie gwoździ itp.).	1	2	3	4	5
19. Zajęcia rekreacyjne, podczas których ręka wykonuje obszerne ruchy bez obciążenia (np. gra w ringo, badmintona itp.).	1	2	3	4	5
20. Podróżowanie (przemieszczanie się z miejsca na miejsce).	1	2	3	4	5
21. Aktywność seksualna.	1	2	3	4	5

© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Polish translation courtesy of Dominik Golicki et al, Medical University of Warsaw, Poland

DASH - KWESTIONARIUSZ DOTYCZĄCY NIEPEŁNOSPRAWNOŚCI KOŃCZYN GÓRNYCH

	Wcale	W niewielkim stopniu	Umiarkowanie	W dużym stopniu	W bardzo dużym stopniu
22. Do jakiego stopnia Pana/Pani problemy z ręką, barkiem lub dłonią wpływały w ostatnim tygodniu na normalną aktywność towarzyską w kręgu rodziny, przyjaciół, sąsiadów czy znajomych?	1	2	3	4	5
	Wcale nie ograniczały	Ograniczały w niewielkim stopniu	Ograniczały umiarkowanie	Bardzo ograniczały	Uniemożliwiały te czynności
23. Czy w ostatnim tygodniu problemy z ręką, barkiem lub dłonią ograniczały Pana/Panią w pracy lub czynnościach codziennych?	1	2	3	4	5

Prosimy Pana/Panią o ocenę ciężkości objawów w zeszłym tygodniu poprzez zakreślenie numeru poniżej najtrafniejszej odpowiedzi.

	Brak	Łagodny/e/a	Umiarkowany/e/a	Ostry/e/a	Nie do wytrzymania
24. Ból ręki, barku lub dłoni.	1	2	3	4	5
25. Ból ręki, barku lub dłoni podczas wykonywania określonych czynności.	1	2	3	4	5
26. Mrowienie w obrębie ręki, barku lub dłoni.	1	2	3	4	5
27. Osłabienie ręki, barku lub dłoni.	1	2	3	4	5
28. Sztywność w obrębie ręki, barku lub dłoni.	1	2	3	4	5
	Nie miałem/am trudności	Miałem/am niewielkie trudności	Miałem/am umiarkowane trudności	Miałem/am duże trudności	Ból nie pozwalał mi spać
29. Do jakiego stopnia w ostatnim tygodniu ból ręki, barku lub dłoni przeszkadzał Panu/Pani podczas snu?	1	2	3	4	5
	Nie zgadzam się zdecydowanie	Nie zgadzam się	Nie mam zdania	Zgadzam się	Zgadzam się zdecydowanie
30. Ze względu na moje problemy z ręką, barkiem lub dłonią czuję się mniej sprawny, mniej pewny siebie lub mniej użyteczny.	1	2	3	4	5

Wskaźnik ograniczeń i objawów DASH = $\left[\left(\frac{\text{suma n odpowiedzi}}{n} \right) - 1 \right] \times 25$
gdzie n równa się liczbie udzielonych odpowiedzi.

Jeżeli więcej niż 3 pytania zostały pozostawione bez odpowiedzi, obliczenie wskaźnika DASH nie jest możliwe.

© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Polish translation courtesy of Dominik Golicki et al, Medical University of Warsaw, Poland

DASH - KWESTIONARIUSZ DOTYCZĄCY NIEPEŁNOSPRAWNOŚCI KOŃCZYN GÓRNYCH**Moduł dodatkowy "Praca"**

Poniższe pytania dotyczą wpływu Pana/Pani problemów z ręką, barkiem lub dłonią na zdolność do pracy (w tym prowadzenia domu, jeśli ono jest głównym zajęciem).

Prosimy o określenie, na czym polega Pana/Pani praca/wykonywany

zawód:

☐ Nie pracuję. (W takim przypadku możecie Państwo pominąć tę część ankiety)

Prosimy o zakreślenie numeru odpowiedzi, która najtrafniej określa Pana/Pani dyspozycyjność fizyczną w zeszłym tygodniu. Czy mieli Państwo jakieś trudności z:

	Nie miałem/am trudności	Miałem/am niewielkie trudności	Miałem/am umiarkowane trudności	Miałem/am duże trudności	Nie byłem/am w stanie tego zrobić
1. Stosowaniem swojej normalnej techniki pracy?	1	2	3	4	5
2. Wykonywaniem swojej pracy ze względu na ból ręki, barku lub dłoni.	1	2	3	4	5
3. Wykonywaniem swojej pracy tak dobrze, jak Państwo byście chcieli?	1	2	3	4	5
4. Poświęceniem pracy tyle czasu, ile zwykle ona Państwu zajmuje?	1	2	3	4	5

Moduł dodatkowy "Sport/Gra na instrumencie"

Poniższe pytania dotyczą wpływu Pana/Pani problemów z ręką, barkiem lub dłonią na zdolność do gry na instrumencie i/lub uprawiania sportu.

Jeżeli uprawiacie Państwo więcej niż jedną dyscyplinę sportu i/lub gracie na kilku instrumentach, prosimy o odpowiedź z punktu widzenia działalności, która jest dla Państwa najważniejsza.

Prosimy o określenie dyscypliny sportu lub instrumentu, który ma dla Państwa największe znaczenie:

☐ Nie uprawiam sportu ani nie gram na instrumencie muzycznym. (W takim przypadku możecie Państwo pominąć tę część ankiety)

Prosimy o zakreślenie numeru odpowiedzi, która najtrafniej określa Pana/Pani dyspozycyjność fizyczną w zeszłym tygodniu. Czy mieli Państwo jakieś trudności z:

	Nie miałem/am trudności	Miałem/am niewielkie trudności	Miałem/am umiarkowane trudności	Miałem/am duże trudności	Nie byłem/am w stanie tego zrobić
1. Stosowaniem swojej normalnej techniki podczas gry na instrumencie lub uprawiania sportu?	1	2	3	4	5
2. Graniem na swoim instrumencie muzycznym lub uprawianiem sportu ze względu na ból ręki, barku lub dłoni?	1	2	3	4	5
3. Graniem na swoim instrumencie muzycznym lub uprawianiem sportu tak dobrze, jak Państwo byście chcieli?	1	2	3	4	5
4. Graniem na swoim instrumencie muzycznym lub uprawianiem sportu przez tyle czasu, ile zwykle to Państwu zajmuje?	1	2	3	4	5

Wynik modułu dodatkowego obliczamy przez: zsumowanie zakreślonych cyfr, podzielenie przez 4 (czyli liczbę pytań), odjęcie 1 i pomnożenie przez 25.

Jeżeli jakiegokolwiek pytanie zostało pozostawione bez odpowiedzi, obliczenie wyniku modułu dodatkowego nie jest możliwe.

© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Polish translation courtesy of Dominik Golicki et al, Medical University of Warsaw, Poland

Załącznik 3: Zgoda Komisji Bioetycznej



UNIwersytet Medyczny Im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym
Im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Collegium Stomatologicum
ul. Bukowska 70
60-812 Poznań

tel. (+48 61) 854 73 36
www.bioetyka.ump.edu.pl

Uchwała nr 208/19

Ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarzy i lekarzy dentysty (t.j. Dz. U. z 2018 r., poz. 617 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz. U. z 1999 r., Nr 47, poz. 480); Ustawy z dnia 6 września 2001 r. Prawo farmaceutyczne (t.j. Dz. U. z 2017 r., poz. 2211 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. z 2004 Nr 101, poz. 1034 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 18 maja 2005 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. z 2005 r., Nr 101, poz. 845); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobu prowadzenia badań klinicznych z udziałem małoletnich (Dz. U. z 2004 r., Nr 104, poz. 1100); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie zgłaszania niespodziewanego ciężkiego niepożądanego działania produktu leczniczego (Dz. U. z 2004 r., Nr 104, poz. 1107); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2016 r. w sprawie wzorów wniosków związanych z badaniem klinicznym wyrobu medycznego lub aktywnego wyrobu medycznego do implantacji oraz wysokości opłat za złożenie tych wniosków (Dz. U. z 2016 r., poz. 208); Ustawy z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (t.j. Dz. U. z 2017 r., poz. 211, z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 6 października 2010 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza klinicznego w związku z prowadzeniem badania klinicznego wyrobów (Dz. U. z 2010 r., Nr 194, poz. 1290); Ustawy z dnia 18 marca 2011 r. o Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych (t.j. Dz. U. z 2016 r., poz. 1718 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie Dobrej Praktyki Klinicznej (Dz. U. z 2012 r., poz. 489); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 12 października 2018 r. w sprawie wzorów dokumentów przedkładanych w związku z badaniem klinicznym produktu leczniczego oraz opłat za złożenie wniosku o rozpoczęcie badania klinicznego (Dz. U. z 2018 r., poz. 1994); w oparciu o Deklarację Helsińską - Zasady Etycznego Postępowania w Eksperymentach Medycznych z Udziałem Ludzi oraz przepisy ICH GCP.

Komisja Bioetyczna, na posiedzeniu w dniu 07 lutego 2019 r.

rozpatrzyła wniosek dotyczący prowadzenia badań naukowych.

Kierownik projektu: prof. dr hab. Leszek Romanowski

Miejsce prowadzenia badań:

**Katedra i Klinika Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki
Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu**

Główny badacz: lek. Maciej Bochenek

Członkowie zespołu

**badawczego: dr n. med. Marta Jokiel
dr n. med. Piotr Czarnecki**

Temat badań:

„Ocena obciążeń w układzie mięśniowo-szkieletowym kończyn górnych i ich obręczy wśród profesjonalnych skrzypków”.

Okres prowadzenia badań: luty 2019 r. – grudzień 2020 r.

Komisja wydała uchwałę o pozytywnym zaopiniowaniu tego wniosku

Przewodniczący Komisji

prof. zw. dr hab. med. Paweł Chęciński