

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO  
WE WROCŁAWIU  
WYDZIAŁ FIZJOTERAPII

Dagmara Gąbka

WPŁYW TRENINGU OPOROWEGO NA EFEKTY  
FIZJOTERAPII CHORYCH NA PRZEWLEKłą  
OBTURACYJNą CHOROBEJ PŁUC

Rozprawa doktorska wykonana w  
Katedrze Podstaw Fizjoterapii Klinicznej  
Politechniki Opolskiej w Opolu

Promotor naukowy:  
dr hab. Jan Szczegielniak prof. nadzw.

WROCŁAW 2021

## Spis treści

I WSTĘP .....	4
I 1. POChP .....	5
I 2. Fizjoterapia chorych na POChP .....	8
I 3. Tolerancja wysiłkowa chorych na POChP .....	11
I 4. Trening oporowy w fizjoterapii chorych na POChP.....	11
I 4.1. Dynamometria izokinetyczna .....	13
II CEL PRACY I PYTANIA BADAWCZE.....	16
III MATERIAŁ I METODY BADAŃ .....	17
III 1. Grupa badana .....	17
III 2. Metody badań.....	18
III 3. Schemat badania .....	23
III 4. Program rehabilitacji pulmonologicznej .....	24
III 5. Metoda treningu oporowego .....	25
III 6. Metody statystyczne.....	27
IV WYNIKI .....	28
IV 1. Charakterystyka efektów izokinetycznego treningu oporowego wewnątrz grup .....	28
IV 1.1. Tolerancja wysiłku fizycznego .....	28
IV 1.2. Czynność wentylacyjna płuc.....	30
IV 1.3. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 60°/s.....	31
IV 1.4. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 180°/s.....	40
IV 2. Porównanie międzygrupowe.....	49
IV 2.1. Tolerancja wysiłku fizycznego .....	49
IV 2.2. Czynność wentylacyjna płuc.....	49
IV 2.3. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 60°/s.....	50
IV 2.4. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 180°/s.....	52
V Dyskusja .....	55
VI Wnioski .....	61
VII Piśmiennictwo .....	62
STRESZCZENIE .....	79

ABSTRACT..... 81

## I WSTĘP

Przewlekła Obturacyjna Choroba Płuc (POChP) stanowi jeden z interdyscyplinarnych problemów współczesnej medycyny. Przyjmuje się, że u chorych dochodzi do istotnego obniżenia jakości życia, inwalidztwa oddechowego, często przedwczesnego zgonu, stanowiąc ważny problem społeczny (Batura-Gabryel, 2010; Górecka i Puścińska, 2011; Jankowska-Polańska i wsp., 2016; Kupcewicz i Abramowicz, 2014; Kuziemski i Barczyk, 2017; Kuziemski i wsp., 2018; Lipowska i wsp., 2015; Nowak i Zasowska-Nowak, 2018; Pop i wsp., 2011; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Song i wsp., 2016; Śliwiński, 2007; Westcott, 2012).

U chorych na POChP występuje ograniczenie możliwości wysiłkowych i aktywności fizycznej. Przyczyny nietolerancji wysiłku fizycznego związane są m.in. ze zmniejszeniem masy i osłabieniem siły mięśni szkieletowych. U osób w wieku podeszłym objawy te nasilają się wraz z wiekiem i wiążą się ze znacznym ograniczeniem tolerancji wysiłkowej (Batura-Gabryel, 2010; Cichońska i wsp., 2015; Filipka, 2016; Gębka i Kędziora-Kornatowska, 2012; Mandeka i Regulska-Ilow, 2016; Romeiser, 2013; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Stelmach i wsp., 2016; Śliwiński, 2010).

W dostępnych badaniach zwraca się uwagę na konieczność poprawy siły mięśniowej w procesie fizjoterapii u chorych na POChP. Wykazano dotychczas u tych chorych ścisły związek pomiędzy brakiem możliwości kontynuacji wysiłku fizycznego, a zmęczeniem mięśnia czworogłowego uda. Zależność tę stwierdza się nawet u ¼ usprawnianych chorych na POChP (Adeloye i wsp., 2015; Gore i wsp., 2014; Mziray i wsp., 2017; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Ulenberg i wsp., 2017).

W piśmiennictwie zwraca się uwagę na zależność pomiędzy utrzymaniem odpowiedniego poziomu aktywności fizycznej chorych na POChP, a zwiększeniem siły mięśniowej, co stanowi istotny element procesu ich usprawniania (Ambrosy i wsp., 2018; Gębka i Kędziora-Kornatowska, 2012; Iborra-Egea i wsp., 2017; Jankowska-Polańska i wsp., 2016; Jones i wsp., 2011; Zembroń-Łacny i wsp., 2014).

Przyjąć należy, że indywidualny program usprawniania powinien uwzględniać możliwości wysiłkowe chorego, a celem postępowania usprawniającego jest odwrócenie tendencji do stopniowego zmniejszania siły mięśniowej, prowadzącej do ograniczenia tolerancji wysiłkowej, pogorszenia funkcjonowania oraz podwyższenia ryzyka zgonu (Budd

i Holmes, 2012; Cruz-Jentoft i wsp., 2010; Garth i wsp., 2010; Gore i wsp., 2014; Miravittles i wsp., 2014; Mziray i wsp., 2017; Siedliński i wsp., 2013; Spruit i wsp., 2013; Wick i wsp., 2011).

Przyjąć należy, że elementy treningu wytrzymałościowego i siłowego mogą być uzupełnieniem procesu fizjoterapii tych chorych, a prawidłowo dobrane ćwiczenia oporowe stanowią skuteczną i bezpieczną formę treningu w procesie usprawniania. Stosowane ćwiczenia oporowe w warunkach izokinetycznych opierają się na założeniu stałej prędkości kątowej poruszanej kończyny, za pomocą właściwego, automatycznego dopasowania oporu do siły badanego mięśnia lub grupy mięśniowej. Ruch prowadzony jest przy stałej prędkości kątowej dzięki dynamometrowi izokinetycznemu. Pozwala to na obiektywny pomiar siły testowanej kończyny oraz wdrożenie specjalistycznego treningu izokinetycznego, ukierunkowanego na zdolności motoryczne tj.: moc, wytrzymałość i siłę. Trening izokinetyczny może być uzupełnieniem programów fizjoterapii oraz sposobu obiektywizacji siły mięśniowej (Ambrosy i wsp., 2018; Bania i wsp., 2016; Batura-Gabryel, 2010; Boyd, 2012; Dallmeijer i wsp., 2017; Dębowski, 2017; Gębka i Kędziora-Kornatowska, 2014; Iborra-Egea i wsp., 2017; Kazimierczak i wsp., 2015; Kubińska i wsp., 2016; Roman-Liu, 2015; Romeiser, 2013; Wanot i wsp., 2018; Westcott, 2012; Wick i wsp., 2011; Złotnik i wsp., 2018; Żuk i wsp. 2016).

Przyjąć należy, że w procesie fizjoterapii chorych na POChP stosowane dynamiczne ćwiczenia oporowe pozwalają na bezpieczne, indywidualne dobranie programu usprawniania umożliwiając zwiększenie siły i wytrzymałości mięśni szkieletowych (Gore i wsp., 2014; Holland i wsp., 2012; Iborra-Egea i wsp., 2017; Pop i wsp., 2011).

W dotychczasowym piśmiennictwie brak kompleksowych opracowań dotyczących efektów ćwiczeń oporowych na urządzeniach izokinetycznych w stosowanych programach usprawniania u chorych na POChP. Dlatego postanowiono przeprowadzić badania ukierunkowane na poprawę siły oraz wytrzymałości mięśni szkieletowych kończyn dolnych tych chorych.

## **I 1. POChP**

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) charakteryzuje się słabo odwracalnym, postępującym zmniejszeniem przepływu powietrza przez drogi oddechowe, które rozwija

się u osób mających zwykle objawy kliniczne przewlekłego zapalenia oskrzeli (PZO) i/lub rozedmy płuc. Względny udział tych dwóch procesów jest u chorych indywidualny (Brodowska i wsp., 2015; Dahal i wsp., 2011; Gościcka, 2016; Grzegorzczak i wsp., 2013).

Według WHO w roku 2011 około 210 milionów ludzi chorowało na POChP, a w 2005 roku zmarło ponad 3 miliony chorych. Aktualne doniesienia badań epidemiologicznych i klinicznych na świecie wskazują wzrost populacji osób „niepełnosprawnych” z powodu POChP. Według najnowszych danych szacunkowych POChP zajmuje 3 miejsce wśród przyczyn zgonów na świecie. Przewidywania WHO wskazują na dalszy wzrost zachorowań na POChP (Jassem i wsp., 2010; Kozak-Szkopek, 2007; Kupcewicz i Abramowicz, 2015; Pop i wsp., 2011; Rachoń i Biernacka, 2016; Tabała i wsp., 2016; Zejda i Brożek, 2016).

Choroby płuc, wśród których POChP jest najczęstszą, są czwartą po chorobach serca i naczyń, nowotworach złośliwych i śmierci z przyczyn gwałtownych, przyczyną zgonów w Polsce. W 2009 roku, według danych Zakładu Epidemiologii Instytutu Gruźlicy i Chorób Płuc POChP, była przyczyną zgonów u 8024 obywateli Polski. Wskaźnik zgonów na przestrzeni lat zwiększał się. Prawdopodobnie liczba zgonów chorych na POChP jest niedoszacowana, co wynika z uznania innej przyczyny zgonu, np. nowotworu płuc czy nadciśnienia tętniczego. Rozpoznanie POChP w Polsce nie jest oczywiste. Najczęściej choroba rozpoznawana jest u osób z ciężką lub bardzo ciężką postacią choroby. Szacuje się, że nawet 80% chorych na POChP żyje w Polsce w nieświadomości, że są chorzy. Powodem jest łagodne lub umiarkowane stadium choroby (Śliwiński i wsp., 2014).

Badania wykonane w Polsce wykazały, że 8,5% mężczyzn i 4,9% kobiet żyje z objawami przewlekłego upośledzenia przepływu powietrza w drogach oddechowych (Jassem i wsp., 2010; Kozak-Szkopek, 2007; Kupcewicz i Abramowicz, 2015; Pop i wsp., 2011; Rachoń i Biernacka, 2016; Tabała i wsp., 2016; Zejda i Brożek, 2016).

W roku 2011 w Polsce POChP występowała u ok.10% populacji. Przyjmuje się, że częstotliwość zachorowań rośnie wraz z wiekiem. U osób po 40 roku życia dotyczy 20%, a po 70 roku życia ok. 50% osób z tych grup wiekowych (Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Taylor i wsp., 2013; Wick i wsp., 2011).

Główną przyczyną powstawania choroby jest palenie papierosów. POChP zaobserwowano u ok. 50% palaczy, z której większą część stanowili mężczyźni. Ryzyko wystąpienia POChP zwiększają również nawracające infekcje oskrzelowo-płucne,

uwarunkowania genetyczne oraz czynniki klimatyczne i środowiskowe (szkodliwe gazy i pyły) (Batura-Gabryel, 2008; Gładka i Zatoński, 2016; Górecka i Puścińska, 2011; Kleniewska i wsp., 2016; Krzeszowiak i Pawlas, 2018; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Zieliński i wsp., 2018).

Autorzy wskazują duszność, kaszel i wykrztuszanie płwociny, jako objawy charakterystyczne dla zmian lokalnych w płucach wywołanych stopniowym zmniejszeniem przepływu powietrza w drogach oddechowych. Objawia się ono obniżeniem FEV<sub>1</sub> wprost proporcjonalnym do liczby wypalonych papierosów (Dallmeijer i wsp., 2017; Krion i Kuziemski, 2017; Olesiewicz i wsp., 2017; Pop i wsp., 2011; Rogoza i Kosiak, 2016; Śliwiński, 2010; Zasowska-Nowak i Ciałkowska-Rysz, 2018).

Zmiany patomorfologiczne w przebiegu POChP nakładają się na proces starzenia się płuc. Czynniki sprzyjające powstaniu choroby w pierwszej kolejności działają na nabłonek dróg oddechowych i pęcherzyków płucnych. Dochodzi do uszkodzenia tkanki płucnej poprzez nieprawidłowe działanie procesów naprawczych i bezpośredniego działania substancji o charakterze utleniającym (de Groot i wsp., 2012; Kovalenko i Dorofieiev, 2017; Romeiser, 2013; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011).

Zmiany te są efektem procesów patologicznych, wywołujących przewlekłe zapalenie oskrzeli, chorobę drobnych oskrzeli oraz rozedmę. Zapalenie oskrzeli związane jest z obecnością neutrofilów, zwiększoną produkcją śluzu i zaburzeniem jego wydalania na skutek uszkodzenia rzęsek nabłonka oskrzelowego. Zmiany te wywołują częste infekcje bakteryjne i wirusowe. Choroba drobnych oskrzeli charakteryzuje się obecnością makrofagów w drobnych oskrzelach i monocytów w tkance śródmiąższowej, prowadząc do włóknienia i niedrożności oskrzelików. Rozedma przebiega ze zmniejszeniem ilości pęcherzyków płucnych, włókien elastycznych i zmniejszeniem powierzchni wymiany gazowej. Procesy te towarzyszą zmianom płucnym, występującemu nadciśnieniu płucnemu i duszności przy zaburzonej równowadze dotyczącej wentylacji i perfuzji. Duszność nasila się głównie podczas wysiłku fizycznego, będąc bezpośrednim powodem ograniczenia, a nawet zaprzestania aktywności fizycznej i przyjęciem siedzącego trybu życia przez chorych (Gilowska, 2014; Kubisa i wsp., 2018; Pop i wsp., 2011; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Song i wsp., 2016; Śliwiński, 2010; Załęska i wsp., 2013).

POChP jest chorobą ogólnoustrojową, mającą wpływ na funkcje wielu układów i narządów. U chorych występują zaburzenia snu, lęk, depresja, zmęczenie, zmniejszenie masy ciała oraz osłabienie siły mięśni szkieletowych. Osłabienie mięśni lokomocyjnych znacznie ogranicza tolerancję wysiłkową, pogarsza funkcjonowanie oraz zwiększa ryzyko zgonu u chorych (Kropornicka i wsp., 2014; Majsnerowska i wsp., 2018; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Śliwiński, 2007).

Na obraz kliniczny i stan ogólny chorego wpływają również choroby współistniejące, utrudniając kompleksowe leczenie, wpływając na przebieg choroby, częstość hospitalizacji, jakość życia i przeżycie chorych (Batura-Gabryel, 2008; Batura-Gabryel, 2010; Davoodi i wsp., 2018; Lembicz i wsp., 2017; Niewiadomska, 2019; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011).

Do najczęściej występujących chorób współistniejących zalicza się choroby sercowo-naczyniowe (13-65%), nowotwory złośliwe, zaburzenia metaboliczne i psychiczne, choroby przewodu pokarmowego (15-62%), choroby kostno-stawowe, kacheksje, dysfunkcje mięśniowo-szkieletowe oraz choroby oczu (Batura-Gabryel, 2010; Budd i Holmes, 2012; Dallmeijer i wsp., 2017; Damiano, 2014; de Groot S i wsp., 2012; Gore i wsp., 2014; Sawicka i Marcinkowska-Suchowierska, 2011; Wick i wsp., 2011).

Na przebieg POChP wpływają także polipragmazja, zaniedbanie w rozpoznaniu, monitorowaniu i leczeniu chorób współistniejących oraz interakcje lekowe. Przykładem są leki rozkurczające oskrzela, które mogą powodować arytmie serca, niektóre  $\beta$ -blokery pogarszające funkcję płuc, steroidy systemowe (często nadużywane w POChP) przyczyniające się do powstania cukrzycy, nadciśnienia tętniczego, dysfunkcji mięśni i osteoporozy (Batura-Gabryel, 2008; Niewiadomska i wsp., 2016; Rachoń i Biernacka, 2016; Romeiser, 2013; Sova i wsp., 2018).

## **I 2. Fizjoterapia chorych na POChP**

Wykazywana zwiększona zachorowalność na POChP wiąże się z obniżoną jakością życia chorych. Wymaga leczenia farmakologicznego i edukacji chorego związanej m.in. z zaprzestaniem palenia tytoniu oraz kompleksowej, ukierunkowanej na występujące objawy fizjoterapii (Bleakley i wsp., 2012; Damps-Kostańska i Kostrzewski, 2017; Dewhurst i wsp., 2010; Jassem i wsp., 2013; Jastrzębski, 2015; Panek i Kuna, 2016; Szymański, 2017).



Współczesna fizjoterapia, jako nowoczesna dziedzina wiedzy medycznej, stanowi niezbędną składową leczenia pulmonologicznego na każdym etapie choroby, przyczyniając się do znacznego łagodzenia występujących objawów (Gao i wsp., 2014; Gościcka, 2016; Hsu i wsp., 2014; Rosińczuk i wsp., 2016; Wick i wsp., 2011; Wyrzykowska, 2016).

Na znaczenie fizjoterapii w leczeniu chorób układu oddechowego wskazują Towarzystwa Naukowe, w tym Amerykańskie Towarzystwo Klatki Piersiowej (ATS) i Europejskie Towarzystwa Oddechowe (ERS). Ocena różnych form fizjoterapii, w tym m.in. treningu oporowego, interwałowego, przezskórnej nerwowo-mięśniowej stymulacji elektrycznej, izolowanego treningu kończyn górnych i dolnych, wykazała u chorych na POChP, bez objawów zaostrzeń choroby, poprawę tolerancji wysiłkowej i jakości życia (Dahal i wsp., 2011; Jastrzębski, 2015; Michnik i wsp., 2012; Mullerova i wsp., 2015; Suissa i wsp., 2012; Taylor i wsp., 2013).

Wzrost liczby zachorowań na POChP, większa świadomość społeczna związana ze skutkami choroby, wiąże się z rozwojem fizjoterapii pulmonologicznej, większym znaczeniem fizjoterapii oddechowej oraz interdyscyplinarnością leczenia, przyczyniającą się do znacznego poprawienia jakości życia chorych. Wykazano pozytywny wpływ indywidualnie dobranych ćwiczeń i zabiegów fizykalnych na poprawę sprawności fizycznej, psychicznej, samopoczucie oraz jakość życia chorych. Fizjoterapia pulmonologiczna przyczynia się do wzmocnienia siły mięśniowej, poprawy efektywności oddychania, zmniejszenia duszności, poprawy metabolizmu komórkowego oraz utlenowania i ukrwienia tkanek. Zarówno subiektywne, jak i obiektywne formy oceny skuteczności fizjoterapii wskazywały, że choć POChP jest chorobą nieodwracalną, to fizjoterapia poprawia jakość życia chorych i w każdym stopniu zaawansowania choroby jest niezastąpionym elementem leczenia (Agustí i wsp., 2012; Landis i wsp., 2014; Niewiadomska i wsp., 2016; Pierzchała i wsp., 2010; Pop i wsp., 2011; Song i wsp., 2016; Szczegielniak, 2016).

Wykazano korzyści płynące z fizjoterapii dotyczące poprawy maksymalnej wydolności wysiłkowej, wytrzymałości, zwiększenia szczytowego zużycia tlenu, a także zmniejszenia duszności oraz częstotliwości i liczby dni pobytu w szpitalu chorych na POChP (de Groot i wsp., 2012; Hsu i wsp., 2014; Lamprecht i wsp., 2011; Lewandowska i wsp., 2016; Lewczuk i Ogrodnik, 2013).

W związku z wykazywaną u chorych na POChP zmniejszoną siłą mięśni oddechowych, w piśmiennictwie wykazuje się zasadność wprowadzenia fizjoterapii pulmonologicznej, jako ważnego elementu leczenia już w momencie rozpoznania choroby (Gębka i Kędzióra-Kornatowska, 2012; Kurpaska i wsp., 2018; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Wick i wsp., 2011).

Stwierdzono, że zastosowanie kompleksowej fizjoterapii u chorych na POChP, w tym treningu wydolnościowego na ergometrze rowerowym ze wzrastającym obciążeniem, wykazało obniżenie stężenia IL-8 w indukowanej płwocinie i poprawę stanu klinicznego badanych chorych (Szczegielniak i wsp., 2011).

Również zastosowanie programu fizjoterapii obejmującego ćwiczenia ogólnousprawniające (z użyciem taśm thera-band, lasek gimnastycznych, ciężarków), ćwiczenia oddechowe torem przeponowym i piersiowym, jazdę na ergometrze, oklepywanie klatki piersiowej, wykazało poprawę czynności wentylacyjnej płuc u badanych chorych na POChP (Szeliga i wsp., 2011).

Obserwacja chorych na POChP, otrzymujących niską dawkę bromku aktydyny oraz trenujących na cykloergometrze, wykazała zwiększenie tolerancji wysiłkowej u badanych (Kuna i wsp., 2014).

Opisano dobre efekty wprowadzenia do programu fizjoterapii chorych na POChP treningu siłowego i wytrzymałościowego, wykazując skuteczność 6–12 tygodniowego programu treningowego poprawiającego wydolność wysiłkową i zmniejszającego występującą duszność oraz utrzymywanie się obserwowanych efektów przez okres 12–24 miesięcy (Pietrzak i wsp., 2011).

Przeprowadzone dotychczas badania u chorych na POChP wskazują na poprawę możliwości wysiłkowych oraz jakości życia tych chorych, obserwowaną po 12 tygodniach systematycznie prowadzonych ćwiczeń oporowych i treningu wytrzymałościowego. Wykazano skuteczność stosowanego kondycyjnego programu treningowego u chorych z umiarkowaną lub ciężką postacią POChP. Stwierdzono, że połączenie treningu wytrzymałościowego z treningiem siłowym powoduje większy wzrost siły mięśniowej w porównaniu do stosowania jedynie treningu wytrzymałościowego (Rocznik i wsp., 2014).

### **I 3. Tolerancja wysiłkowa chorych na POChP**

U chorych na POChP obserwuje się stopniowe pogorszenie tolerancji wysiłkowej wraz ze zmęczeniem, dusznością i osłabieniem. Pogarsza się jakość życia chorych prowadząca do ich stopniowego inwalidztwa (Damiano, 2014; Nicola i wsp., 2010; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Śliwiński, 2010; Taylor i wsp., 2013).

Konsekwencją przewlekłego stanu zapalnego zaburzającego dynamikę oddychania jest następowa miopatia oraz zaburzenia czynności wentylacyjnej płuc. Powoduje to użycie większych nakładów energii w trakcie oddychania, prowadząc do duszności wysiłkowej i unikania wysiłku fizycznego przez chorych (Camiciottoli i wsp., 2012; Gao i wsp., 2014; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Śliwiński, 2007; Śliwiński, 2010).

W badaniach wykazuje się częste osłabienie siły mięśniowej i zmniejszenie wagi ciała u tych chorych. Autorzy wskazują, że upośledzenie aparatu ruchu związane z osłabieniem siły mięśni lokomocyjnych wiąże się z pogorszeniem tolerancji wysiłkowej. Niedowaga stwierdzana u chorych na POChP pogarsza rokowanie. Zależność tę wykazano w grupie chorych z wartościami FEV<sub>1</sub> mniejszymi niż 50% wartości należnej (de Groot S i wsp., 2012; Lopez-Campos i wsp., 2010; Śliwiński, 2007; Śliwiński, 2010; Vieira i wsp., 2013).

W badaniach dotyczących dysfunkcji mięśniowo-szkieletowej opisano osłabienie mięśni szkieletowych, jako podwójnego mechanizmu zmian – anatomiczny (atrofia, zaburzenie składu włókien) oraz funkcjonalny mięśni (zaburzenie aktywności enzymów). Za przyczynę osłabienia mięśni szkieletowych przyjmuje się redukcję syntezy białek i wzmożoną proteolizę na skutek znacznie zmniejszonej aktywności chorego, procesu zapalnego, ujemnego bilansu energetycznego, hipoksemii, insulinooporności oraz obniżenia stężenia hormonów anabolicznych. Wskazuje się także na ważną rolę stresu oksydacyjnego oraz leków stosowanych w POChP. Wykazywane procesy prowadzą do osłabienia siły mięśniowej, zmniejszenia tolerancji wysiłkowej oraz pogorszenia jakości życia chorych (Divo i wsp., 2012; Batura-Gabryel, 2008; Taylor i wsp., 2013).

### **I 4. Trening oporowy w fizjoterapii chorych na POChP**

POChP jest chorobą ogólnoustrojową wpływającą na osłabienie siły mięśniowej i zmniejszenie masy ciała, powodując znaczne ograniczenie tolerancji wysiłkowej, pogorszenie funkcjonowania, podwyższenie ryzyka zgonu oraz kosztów leczenia. Za

nadrzędny cel postępowania u chorych na POChP przyjmuje się odwrócenie tendencji do stopniowego pogarszania się siły mięśni szkieletowych (Christmas i wsp., 2016; Gao i wsp., 2014; Gutknecht i wsp., 2014; Korczyński i wsp., 2017; Wesołowski i wsp., 2013; Westcott, 2012).

Przyjmuje się, że wielodyscyplinarność i kompleksowość opieki nad chorymi na POChP zapewnia łagodniejszy przebieg choroby i poprawę jakości ich życia (Bleakley i wsp., 2012; Dewhurst i wsp., 2010; Grygorowicz i wsp., 2010; Grzelewska-Rzymowska i Górski, 2013; Hsu i wsp., 2014; Jassem i wsp., 2013).

W dotychczasowym piśmiennictwie autorzy wykazywali zasadność stosowania treningów polegających na częstym, długotrwałym powtarzaniu ćwiczeń fizycznych. Przyjmuje się, że brak możliwości kontynuacji wysiłku fizycznego u tych chorych jest zarówno związany z występującą dusznością, jak i zmęczeniem mięśnia czworogłowego uda (Brożek i wsp., 2015; Dewhurst i wsp., 2010; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Taylor i wsp., 2013; Vieira i wsp., 2013).

W programach rehabilitacji pulmonologicznej u chorych na POChP stosuje się ćwiczenia fizyczne poprawiające siłę mięśniową i tolerancję wysiłkową. Wdrażanymi formami usprawniania są: ćwiczenia na ergometrze nożnym i ręcznym, na bieżni, marsz po płaskim podłożu (trening wytrzymałościowy) oraz ćwiczenia przy użyciu ciężarów (trening siłowy). Zazwyczaj w programach fizjoterapii pulmonologicznej prowadzone są treningi wytrzymałościowo-siłowe lub wytrzymałościowe, trwające około 20-30 minut z wykorzystaniem przyrządów. W trakcie trwania programu stopniowo zwiększana jest intensywność treningu. W piśmiennictwie wykazywany jest różny czas usprawniania chorych, zależny od potrzeb i możliwości chorego, zazwyczaj zawarty w przedziale 6-12 tygodni. Wskazuje się na zasadność prowadzenia treningu przerywanego, związanego z naprzemiennym stosowaniem ćwiczeń z obciążeniem i ćwiczeniami bez obciążenia lub odpoczynkiem, np. 2 minuty ćwiczeń i minuta odpoczynku (Christmas i wsp., 2016; de Groot S i wsp., 2012; Hawkins i wsp., 2017; Kuna i wsp., 2014; Śliwiński, 2007; Westcott, 2012).

W piśmiennictwie wskazuje się, że trening chorych na POChP powinien obejmować ćwiczenia wytrzymałościowe różnych grup mięśniowych, rzadziej ćwiczenia siłowe (oporowe). Wysilek powinien być ukierunkowany na długotrwałe i częste powtarzanie

ćwiczeń o małym natężeniu, stopniowo wydłużanych i ze zwiększonym obciążeniem. Ćwiczenia na cykloergometrze nożnym powinny rozpoczynać się od 60% maksymalnej wartości przez minimum 20-30 minut i co 3-5 sesji dąży się do zwiększenia obciążenia, tak aby uzyskać w ostatnim tygodniu 100% wartości maksymalnej. Przyjmuje się, że podobną intensywność stosuje się w treningu na cykloergometrze ręcznym. Wykazuje się także możliwość zastosowania treningu interwałowego związanego z wchodzeniem i schodzeniem po schodach, jako formy zwiększania wydolności wysiłkowej, możliwość zastosowania ćwiczeń na bieżni ruchomej oraz ćwiczeń z wykorzystaniem atlasów i foteli do ćwiczeń oporowych. Wskazuje się na zasadność prowadzenia takiego treningu 3 razy w tygodniu, po 6-8 powtórzeń o natężeniu 60% wartości maksymalnej (Bleakley i wsp., 2012; Dahal i wsp., 2011; Dewhurst i wsp., 2010; Hawkins i wsp., 2017; Rocznik i wsp., 2014; Song i wsp., 2016).

#### **I 4.1. Dynamometria izokinetyczna**

Dynamometria izokinetyczna jest wiarygodną i bezpieczną metodą opisywaną, jako „złoty standard” w ocenie siły mięśni szkieletowych. Pozwala obiektywnie określić dynamiczną pracę wybranych grup mięśniowych w pełnym zakresie ruchomości badanego stawu przy ustalonej prędkości ruchu. Stała prędkość ruchu jest utrzymywana dzięki oporowi stawianemu przez dynamometr, który generuje opór wprost proporcjonalny do zmieniającej się siły przyłożonej przez badanego podczas całego ruchu. Jest on tym większy im wolniejsza jest prędkość ruchu. Możliwość ustawienia prędkości kątowej pozwala optymalnie dostosować wielkość oporu do potrzeb i możliwości badanego (Ayala i wsp., 2013; Dewhurst i wsp., 2010; Huang i wsp., 2013; Kristensena i wsp., 2017; Santos i wsp., 2013).

Wykorzystanie urządzenia do oceny i treningu izokinetycznego siły mięśni szkieletowych zależy od ustalonej metodyki (kalibracja sprzętu, rozgrzewka, stabilizacja ciała, protokół ćwiczenia/badania) (Cozette i wsp., 2019, Fan i wsp., 2014; Gorwa i wsp., 2017; Hsu i wsp., 2014).

W literaturze opisanych jest wiele funkcjonujących protokołów usprawniania, które zawierają, jako integralny element ocenę i trening izokinetyczny siły mięśni szkieletowych. Powstały one w oparciu o wieloletnie doświadczenia i bazują na bezpiecznej dla badanego

izokinetycznej ocenie dostosowanej do stanu chorego. Parametry treningu izokinetycznego dobierane są indywidualnie (liczba powtórzeń i serii, prędkość ruchu, intensywność, czas przerwy) (Fan i wsp., 2014; Huang i wsp., 2013; Zapparoli i Riberto, 2017).

Praca mięśni w warunkach izokinetycznych może mieć charakter skurczu koncentrycznego i ekscentrycznego oraz odbywać się w otwartych i zamkniętych łańcuchach biokinematycznych. Przykładem usprawniania w łańcuchu otwartym jest zgięcie i wyprost w stawie kolanowym, co pozwala ocenić grupę zginaczy i prostowników stawu kolanowego. W łańcuchu zamkniętym dystalny segment ciała jest ustabilizowany i przeciwstawia się zaprogramowanemu oporowi określone przez zadaną prędkość ruchu (Damiano, 2014; Huang i wsp., 2013; Szlachta i Okulski, 2014; Zapparoli i Riberto, 2017).

Powtarzalność metody umożliwia kontrolowanie efektywności procesu rehabilitacji i na bieżąco modyfikowanie metod treningu fizjoterapeutycznego stosowanego u badanych po urazach i zabiegach operacyjnych w obrębie narządu ruchu. Wynik badania dynamometrycznego jest wykresem zależności momentu siły do położenia kąтового kończyny. Uzyskane wyniki pozwalają na ocenę parametrów szybkościowo-siłowych. W trakcie treningu rejestruje się maksymalny moment siły, wskaźniki dla agonistów i antagonistów, maksymalny moment siły w odniesieniu do masy ciała badanego, wskaźniki wytrzymałości, całkowitą moc i pracę. W praktyce do oceny najczęściej wykorzystuje się wskaźniki tj.: wskaźnik mocy, pracy, maksymalny moment siły, wskaźniki bilateralne i unilateralne. Rzetelną ocenę i ocenę aktualnego stanu w odniesieniu do istniejącej normy umożliwia urządzenie Biodex System 4 Pro, które generuje liczbowe i graficzne zestawienie uzyskanych parametrów badanej grupy mięśniowej (Huang i wsp., 2013; Santos i wsp., 2013).

Ocena i trening izokinetyczny mogą stanowić integralną część kompleksowego usprawniania fizjoterapeutycznego, najczęściej stosowanego u chorych ze schorzeniami ortopedycznymi (np. po rekonstrukcji więzadeł stawów kończyn górnych i dolnych), reumatologicznymi, a także układu krążenia wymagających oceny sprawności układu ruchu badanego (Ayala i wsp., 2013; Huang i wsp., 2013; Kristensena i wsp., 2017; Santos i wsp., 2013).

Możliwość prowadzenia oceny i treningu izokinetycznego wraz z biofeedbackiem (EMG) pozwala na optymalne monitorowanie terapii, wykorzystywane w schorzeniach

neurologicznych (Ayala i wsp., 2013; Huang i wsp., 2013; Kristensena i wsp., 2017; Santos i wsp., 2013).

Autorzy opisują zasadność wykorzystania oceny i treningu izokinetycznego w sporcie, w ocenie sprawności zawodnika, skuteczności prowadzonego usprawniania oraz ryzyka wystąpienia kontuzji badanego (Ayala i wsp., 2013; Huang i wsp., 2013; Santos i wsp., 2013).

Zaletą urządzeń umożliwiających ocenę i trening siły mięśni szkieletowych jest wyeliminowanie sił kompensacyjnych działających na staw, co jest szczególnie ważne w początkowych etapach rehabilitacji (Fan i wsp., 2014; Vieira i wsp., 2013; Westcott, 2012).

Ze względu na bezpieczeństwo badań i treningu dynamometria izokinetyczna znalazła zastosowanie również w ocenie funkcjonalnej osób starszych i dzieci (Fan i wsp., 2014; Kristensena i wsp., 2017; Santos i wsp., 2013).

## II CEL PRACY I PYTANIA BADAWCZE

Metoda pomiaru siły i wytrzymałości mięśni szkieletowych w warunkach izokinetycznych może być stosowana w celach diagnostycznych oraz w ocenie skuteczności fizjoterapii chorych na POChP. Brak jednak opracowań dotyczących jej zastosowania, jako formy treningu tych chorych, w kompleksowym usprawnianiu w warunkach stacjonarnych.

Biorąc pod uwagę ograniczone możliwości wysiłkowe chorych na POChP, trening w warunkach izokinetycznych pozwala na dostosowanie obciążenia do indywidualnych możliwości chorego poprzez regulację szybkości ruchu, oporu oraz analizę szczegółowych wskaźników charakteryzujących pracę mięśni.

Celem pracy była ocena wpływu izokinetycznego treningu oporowego na tolerancję wysiłkową chorych na POChP.

Postawiono następujące pytania badawcze:

1. Czy ograniczenie tolerancji wysiłkowej chorych na POChP związane jest z osłabieniem siły wybranych mięśni szkieletowych?
2. Czy zastosowany izokinetyczny trening oporowy kończyn dolnych wpływa na sprawność mięśni szkieletowych oraz poprawę tolerancji wysiłkowej chorych na POChP?
3. Czy rodzaj treningu izokinetycznego ma wpływ na poprawę tolerancji wysiłkowej w kompleksowym programie fizjoterapii chorych na POChP?



### III MATERIAŁ I METODY BADAŃ

#### III 1. Grupa badana

Badaniami objęto 100 chorych na POChP (50 kobiet i 50 mężczyzn, średnia wieku  $58 \pm 4,34$ ), leczonych w Szpitalu Specjalistycznym MSWiA im. św. Jana Pawła II w Głuchołazach na oddziale rehabilitacji pulmonologicznej i usprawnianych w Dziale Usprawniania Leczniczego. Badania przeprowadzono w okresie od lipca 2019 roku do października 2020 roku. Do badań zakwalifikowano chorych, u których stwierdzono obturację umiarkowanego stopnia ( $50\% \leq FEV_1 < 80\%$  wartości należnej), w stabilnym okresie choroby i niepalących od co najmniej 5 lat. Średnia wartość wskaźnika  $FEV_1$  u badanych chorych wynosiła 75% wartości należnej. Czas trwania POChP ustalono na podstawie dostępnej dokumentacji (5-10 lat, średnio  $7,4 \pm 2,1$ ).

##### Kryterium włączenia chorych do badań stanowiło:

- rozpoznanie POChP,
- skierowanie na fizjoterapię,
- zgoda chorego na uczestnictwo w badaniach,
- wiek chorego między 50 a 70 rokiem życia,
- $FEV_1$  większe bądź równe 60% wartości należnej,
- zakwalifikowanie chorego do modelu usprawniania pulmonologicznego A lub B.

##### Kryteria wyłączenia chorych z badań obejmowały:

- choroby współistniejące wpływające na wydolność chorego,
- schorzenia utrudniające lokomocję chorego,
- niestandardowe leczenie farmakologiczne.

Badanych chorych losowo podzielono na trzy podgrupy:

Grupa badana (s): chorzy usprawniani zgodnie z programem fizjoterapii pulmonologicznej według modelu A i B, zakwalifikowani do treningu siłowego (n=30),

Grupa badana (w): chorzy usprawniani zgodnie z programem fizjoterapii pulmonologicznej według modelu A i B, zakwalifikowani do treningu wytrzymałościowego (n=30),

Grupa kontrolna (k): chorzy usprawniani zgodnie z programem fizjoterapii pulmonologicznej według modelu A i B, bez dodatkowych ćwiczeń oporowych (n=40) (Tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyka badanych grup

	Grupa badana (s)	Grupa badana (w)	Grupa kontrolna (k)
Ogółem (liczba)	30	30	40
Kobiety (liczba)	11	14	15
Mężczyźni (liczba)	19	16	25
Średnia wieku (lata)	61,5 (55-68)	58 (50-63)	63 (57-69)

U wszystkich chorych przeprowadzono test 6-minutowego marszu, badanie czynności wentylacyjnej płuc za pomocą aparatu Master-Lab Transfer firmy Jaeger, sprawności fizycznej oraz oceniono duszność przy użyciu 10-punktowej skali Borga w celu kwalifikacji do fizjoterapii.

U chorych zakwalifikowanych do usprawniania określono dodatkowo wskaźnik BMI oraz wykonano pomiar parametrów prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy działających na staw kolanowy prawy kończyny dolnej (dominującej) w warunkach izokinetycznych. Do badań zakwalifikowano chorych, u których wskaźnik BMI wyniósł średnio  $22,9 \pm 0,9$ .

Na przeprowadzone badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej PWSZ w Nysie nr 6/2018.

### **III 2. Metody badań**

Badania czynnościowe oraz kwalifikacja do odpowiedniego modelu rehabilitacji zostały przeprowadzone przez fizjoterapeutkę w Dziale Usprawniania Leczniczego Szpitala Specjalistycznego MSWiA im. św. Jana Pawła II w Głucholazach.

Przed przystąpieniem do badań i usprawniania obejmującego trening izokinetyczny chorzy zostali zapoznani z ich celem i sposobem przeprowadzenia oraz wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo w nich.

U chorych w pierwszym dniu usprawniania oraz po jego zakończeniu wykonano badanie czynności wentylacyjnej płuc, ocenę tolerancji wysiłkowej oraz duszności. W celu

kwalifikacji do odpowiedniego programu rehabilitacji, w pierwszym dniu usprawniania wykonano również badanie sprawności fizycznej. Dodatkowo w grupach badanych wykonano pomiar parametrów prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy działających na staw kolanowy prawy kończyny dolnej (dominującej) w warunkach izokinetycznych.

#### 1. Badanie czynności wentylacyjnej płuc

W celu oceny czynności wentylacyjnej płuc, u wszystkich badanych chorych na POChP, w pracowni badań czynnościowych Szpitala Specjalistycznego MSWiA w Głuchołazach, wykonano badanie spirometryczne. Umożliwiło ono określenie wielkości objętościowych i przepływowych charakteryzujących układ oddechowy badanego. Spirometrię wykonano przy użyciu aparatu Master-Lab Transfer firmy Jaeger. Urządzenie to pozwala on na ocenę wyników, kontrolę wykonywanych testów, ich powtarzalność oraz analizę współpracy badanego chorego z osobą przeprowadzającą badanie. Chorzy siadali na krześle z prostymi plecami, prosto ustawioną głową i stopami opartymi na podłodze. Poinformowani byli, aby szczelnie objąć ustnik, a język ułożyć pod nim. Na nos założony mieli specjalny klips. Spirometrię rozpoczęto od badania statycznego, polegającego na spokojnym oddychaniu. Chory wykonywał kilka spokojnych wdechów i wydechów, po czym proszony był o wykonanie powolnego, możliwie najgłębszego wdechu i wydechu. Czynność została powtórzona kilkakrotnie, w celu uzyskania miarodajnego wyniku. Następnie przystąpiono do dynamicznej części badania. Po maksymalnym wdechu badany chory został poproszony o jak najdłuższy (trwający co najmniej 6 sekund), najsilniejszy, gwałtowny wydech. W trakcie pomiaru motywowano chorego do wysiłku. Ta część badania została powtórzona trzykrotnie, a przynajmniej dwa z trzech wykonanych manewrów oddechowych musiały być powtarzalne, czyli takie, w których FVC i FEV<sub>1</sub> nie różniły się więcej niż 5% lub 100 ml. Najlepszy wynik został włączony do analizy badawczej. Do analizy wzięto pod uwagę wskaźnik natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (FEV<sub>1</sub>). Pomiarów dokonano w pierwszym dniu usprawniania oraz po jego zakończeniu.

#### 2. Badanie tolerancji wysiłkowej

W celu oceny tolerancji wysiłkowej, u wszystkich badanych chorych, w pierwszym dniu cyklu fizjoterapii i po jego zakończeniu, wykonano test 6-minutowego marszu. Test polegał

na szybkim marszu, w dogodnym dla badanego tempie, tak by przeszedł on jak najdłuższy dystans w ciągu 6 minut. Badanie przeprowadzono na oznakowanym 29-metrowym korytarzu szpitala.

Chory w trakcie testu nie mógł biec ani truchtać. Jeżeli w trakcie testu poczuł zmęczenie mógł zwolnić tempo lub zatrzymać się. Przed przystąpieniem do testu badany przebywał w pozycji siedzącej przez 10 minut. W tym czasie przeprowadzono wywiad, poinformowano o zasadach testu 6-minutowego marszu oraz dokonano pomiarów tętna (HR) i ciśnienia tętniczego (RR). Pomiarów dokonano również po teście. Wynik testu wysiłkowego stanowił podstawę doboru wielkości obciążeń wysiłkowych dla każdego chorego.

Pokonany przez chorego dystans zmierzony został w metrach, które następnie zostały przeliczone na MET.

Dla chorych, którzy przeszli poniżej 320 metrów wydatek energetyczny wyliczono ze wzoru:

$$\text{MET} = [(\text{prędkość marszu} \times 1,667) + 3,5] / 3,5$$

Dla chorych, którzy przeszli powyżej 320 metrów wydatek energetyczny wyliczono ze wzoru:

$$\text{PRĘDKOŚĆ MARSZU (v)} = \text{DYSTANS (W METRACH)} * 10 / 1000$$

$$\text{MET} = -0,0971 v^3 + 1,5021 v^2 - 5,3762 v + 7,9532$$

Do badań zakwalifikowano chorych, u których wydatek energetyczny wyniósł minimum 5 MET.

### 3. Ocena duszności

Dodatkowo u każdego chorego wykonano pomiar natężenia duszności wg 10-stopniowej skali Borga. Zastosowana skala Borga jest najczęściej używaną skalą duszności. Metoda ta pozwala na porównanie bezwzględnego poziomu odczuć pacjentów przy danej intensywności wysiłku. Do badań włączono chorych, u których duszność w 10-stopniowej skali Borga została oceniona <8 (Tab. 2).

Tab. 2. Skala subiektywnej 10-cio stopniowej oceny duszności wg skali Borga

0	zupełny brak
0,5	bardzo, bardzo lekka
1	bardzo lekka
2	lekka
3	umiarkowana
4	średnio ciężka
5	ciężka
6	bardzo ciężka
7	
8	
9	prawie maksymalna
10	maksymalna

4. Pomiar parametrów prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy działających na staw kolanowy prawy kończyny dolnej (dominującej) w warunkach izokinetycznych

Do pomiaru parametrów prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy działających na staw kolanowy prawy kończyny dolnej (dominującej) wykorzystano dynamometr izokinetyczny - Biodex System 4 Pro. W jego skład wchodzi: dynamometr, ramię dźwigni, fotel testowy, pasy stabilizujące oraz panel sterujący połączony z komputerem.

Chorzy zostali posadzeni w fotelu testowym tak, aby oś obrotu stawu kolanowego pokrywała się z osią dynamometru. Badane udo, klatka piersiowa oraz miednica unieruchomione były pasami stabilizującymi. Po wypełnieniu protokołu z podstawowymi danymi personalnymi, dla każdego chorego ustawiony został zakres ruchu zginania i prostowania w stawie kolanowym prawym (dominującym). W celu wyizolowania siły ciężkości badana kończyna dolna została zważona w zgięciu pod kątem 30°.

Chorzy, poinstruowani o sposobie wykonania badania, poddani zostali dwóm próbom o różnym obciążeniu w postaci prędkości kątowej. Uwzględniając stan zdrowia, jednostkę chorobową oraz wiek chorych, test przeprowadzany był w kolejności od największego do najmniejszego obciążenia.

Zastosowano prędkości kątowe:

- $\omega_1 = 60^\circ/\text{s}$
- $\omega_2 = 180^\circ/\text{s}$

Czas przerwy pomiędzy pomiarami wynosił 2 minuty, które przeznaczone były na restytucję i kontrolę samopoczucia chorych.

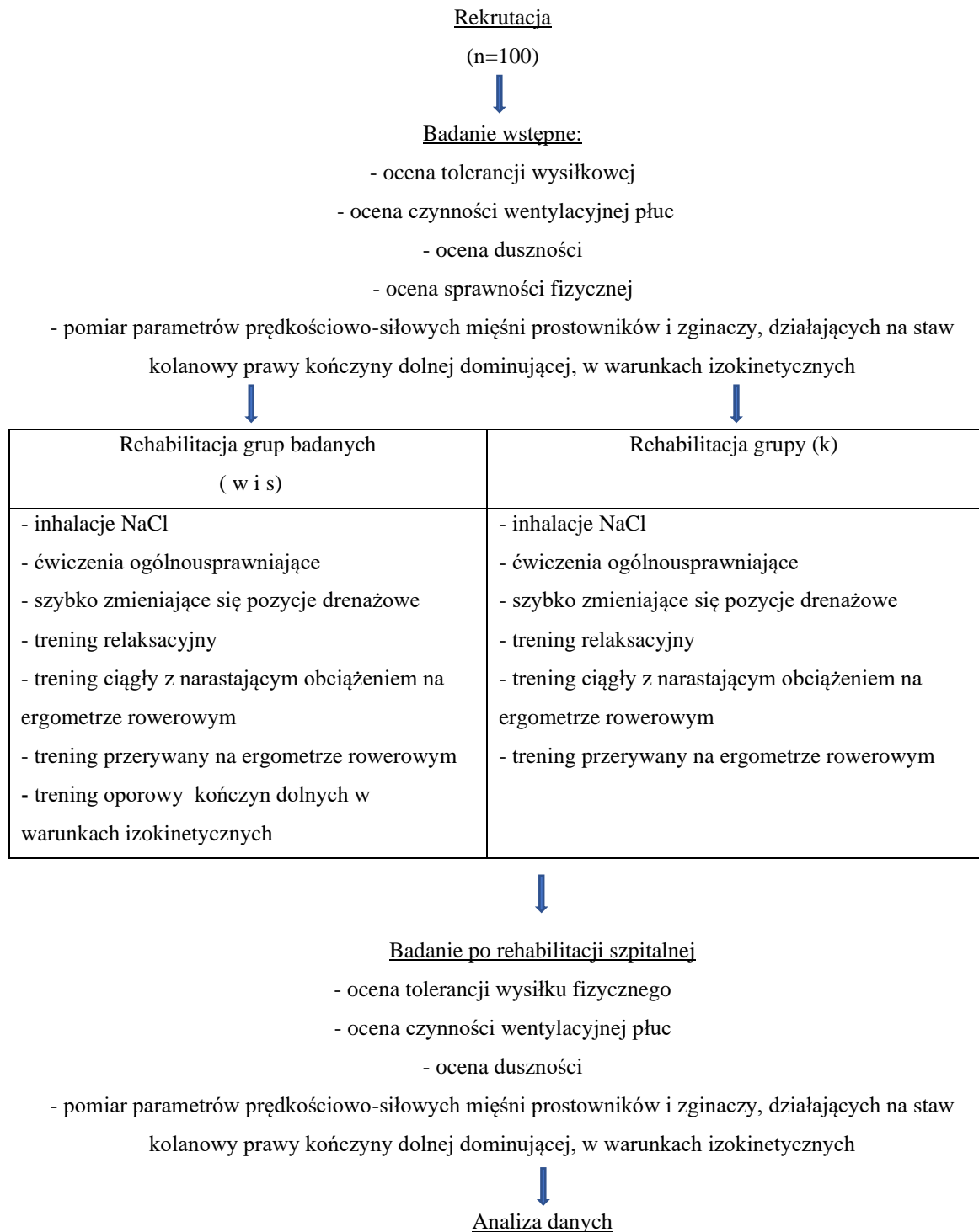
Chorzy wykonywali odpowiednio 5 naprzemiennych ruchów zgięcia i wyprostu w stawie kolanowym. Zadanie polegało na wykonaniu każdego testu z maksymalną siłą i w jak najkrótszym czasie.

Każdy test poprzedzony był próbą w postaci trzech submaksymalnych ruchów zgięcia i wyprostu w stawie kolanowym oraz jednego maksymalnego, w celu zapoznania się z zadaniem obciążeniem.

W ocenie własności prędkościowo-siłowych mięśni dla prawej kończyny dolnej dominującej analizowano parametry:

- praca całkowita dla maksymalnego powtórzenia mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego (J),
- praca całkowita mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego (J),
- średnia moc mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego (WAT),
- szczytowy moment obrotowy mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego (NM).

### III 3. Schemat badania



Ryc. 1. Schemat badania (opracowanie własne)

### III 4. Program rehabilitacji pulmonologicznej

Chorzy na POChP zakwalifikowani zostali do odpowiedniego modelu rehabilitacji pulmonologicznej (A lub B) na podstawie wyniku submaksymalnej próby testu 6-minutowego marszu, oceny sprawności fizycznej, duszności oraz czynności wentylacyjnej płuc (Tab. 3).

Tab. 3. Kwalifikacja do fizjoterapii pulmonologicznej wg Szczegielniaka

Test	< 3 MET	3 - 4,9 MET	5 – 6,9 MET	≥ 7 MET
wysiłkowy/spirometria	< 50 W	50 – 75 W	75 – 100 W	≥ 100 W
<30% FEV <sub>1</sub>	model D	model D	model C	model B
30 – 50% FEV <sub>1</sub>	model D	model D lub C	model C lub B	model B lub A
50 – 80% FEV <sub>1</sub>	model D	model C	model B	model A
>80% FEV <sub>1</sub>	model D	model C	model B	model A

Dodatkowo w kwalifikacji do rehabilitacji brano pod uwagę:

- wiek - powyżej 75 lat kwalifikuje się chorego o jedną grupę niżej,
- duszność wg 10-stopniowej skali Borga powyżej 8 punktów - kwalifikuje się chorego o jedną grupę niżej,
- sprawność fizyczna 0 – kwalifikuje się chorego o jedną grupę niżej. Sprawność była oceniana na podstawie prostego ćwiczenia w skali 0-1. Chory, który potrafił położyć się na materacu i wstać z niego w ciągu 25 sekund otrzymywał 1 pkt, jeśli nie potrafił tego wykonać w ciągu 25 sekund, otrzymuje 0 pkt (Szczegielniak, 2016).

Po zakwalifikowaniu do odpowiedniego modelu rehabilitacji rozpoczęto właściwy proces usprawniania trwający 3 tygodnie, 6 dni w tygodniu. Obciążenie wysiłkiem fizycznym dostosowano do każdego chorego indywidualnie.

Program fizjoterapii chorych na POChP w modelu A i B obejmował:

- Ćwiczenia wzmacniające przeponę, ćwiczenia rozluźniające, ćwiczenia wydłużonego wydechu, ćwiczenia zwiększające ruch oddechowy dolnożebrowy,



- Ćwiczenia ogólnie usprawniające, ćwiczenia równowagi i koordynacji, ćwiczenia rozciągające z wykorzystaniem taśm elastycznych, poduszek sensorycznych, piłek rehabilitacyjnych,
- Inhalacje z 0,9% roztworu NaCl na aparatach ultradźwiękowych,
- Trening na ergometrze rowerowym lub bieżni ruchomej prowadzony do uzyskania tętna treningowego:

Model A - 80% tętna submaksymalnego (tętno submaksymalne = 85% tętna maksymalnego)

Model B - 70% tętna submaksymalnego (tętno submaksymalne = 85% tętna maksymalnego)

- Trening relaksacyjny,
- Szybko zmieniające się pozycje drenażowe i oklepywanie klatki piersiowej,
- Spacerory grupowe z fizjoterapeutą na trasach okalających szpital (Szczegielniak, 2016).

### **III 5. Metoda treningu oporowego**

U chorych na POChP, zakwalifikowanych losowo do grup badanych s i w, zaplanowano i przeprowadzono 3-tygodniowy trening oporowy kończyn dolnych w warunkach izokinetycznych.

Trening odbywał się 5 dni w tygodniu, w godzinach popołudniowych, po zakończeniu cyklu zabiegów wchodzących w skład programu rehabilitacji pulmonologicznej. Czas trwania treningu wynosił ok.30 minut dziennie.

Trening rozpoczynał się częścią wstępną, która trwała ok. 5 minut. W trakcie jej trwania wykonywane były pomiary RR i HR, prowadzony był instruktaż treningu oraz chory wykonywał ćwiczenia rozciągające i oddechowe, przygotowującego go do właściwej części treningu.

Po zakończonej rozgrzewce chory siadał w fotelu testowym, który ustawiano tak, aby oś stawu kolanowego pokrywała się z osią dynamometru i zabezpieczano go pasami stabilizującymi. Badani zakwalifikowani do treningu siłowego wykonywali 5 serii, po 5 ruchów zgięcia i wyprostu stawu kolanowego prawego i lewego przy prędkości kątowej 60°/s. Badani zakwalifikowani do treningu wytrzymałościowego wykonywali 5 serii, po 20 ruchów zgięcia i wyprostu stawu kolanowego prawego i lewego przy prędkości kątowej 180°/s. Pomiędzy seriami występowała 2-minutowa przerwa (Tab. 4).

Po skończonym treningu dane były zapisywane w programie komputerowym, a chory wykonywał ćwiczeni rozluźniające, oddechowe oraz ponownie wykonywano pomiar RR i HR (Tab.5).

Tab. 4. Plan 3-tygodniowego treningu izokinetycznego

Trening siłowy $\omega_1 = 60^\circ/s$		Trening wytrzymałościowy $\omega_2 = 180^\circ/s$	
Tydzień	Liczba serii X Liczba powtórzeń	Tydzień	Liczba serii X Liczba powtórzeń
1	5x5	1	5x20
2	5x5	2	5x20
3	5x5	3	5x20

Tab. 5. Metodyka prowadzenia treningu izokinetycznego

Część wstępna (5-10 minut)	Trening (ok. 30 minut)  grupy badane (s i w)	Część końcowa (5-10 minut)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- pomiar parametrów hemodynamicznych (HR i RR przed przystąpieniem do treningu),</li> <li>- instruktaż,</li> <li>- ćwiczenia oddechowe,</li> <li>- ćwiczenia rozciągające.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- trening oporowy izokinetyczny mięśni prostowników i zginaczy działających na stawy kolanowe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pomiar parametrów hemodynamicznych (HR i RR po zakończonym treningu),</li> <li>- ćwiczenia oddechowe,</li> <li>- ćwiczenia rozluźniające.</li> </ul>

### III 6. Metody statystyczne

W wypadku każdego analizowanego parametru obliczono średnią i odchylenie standardowe dla pomiarów uzyskanych w każdej spośród trzech badanych grup: kontrolnej, z treningiem siłowym oraz z treningiem wytrzymałościowym, zarówno przed, jak i po zakończonym 3-tygodniowym usprawnianiu. Obliczono różnicę średnich zmierzonych po, jak i przed terapią oraz względną zmianę badanej wielkości w każdej z badanych grup wyrażoną w %. Za pomocą testu Studenta zbadano, czy rozważana różnica średnich jest istotna statystycznie.

Następnie przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji w celu sprawdzenia, czy średnie różnic przed i po zastosowanym usprawnianiu różnią się w badanych grupach. Jeśli jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała różnicę pomiędzy badanymi grupami, przy użyciu testu Tukeya ustalono istotność statystyczną różnic.

W wypadku wszystkich testów przyjęto poziom istotności 0.05, co oznacza, że wynik uznano za istotny, jeśli p-wartość była mniejsza od 0.05. Ponadto przedstawienie p-wartości, jako 0.0000 oznacza, że p-wartość była mniejsza niż 0.0001.

## **IV WYNIKI**

### **IV 1. Charakterystyka efektów izokinetycznego treningu oporowego wewnątrz grup**

#### **IV 1.1. Tolerancja wysiłku fizycznego**

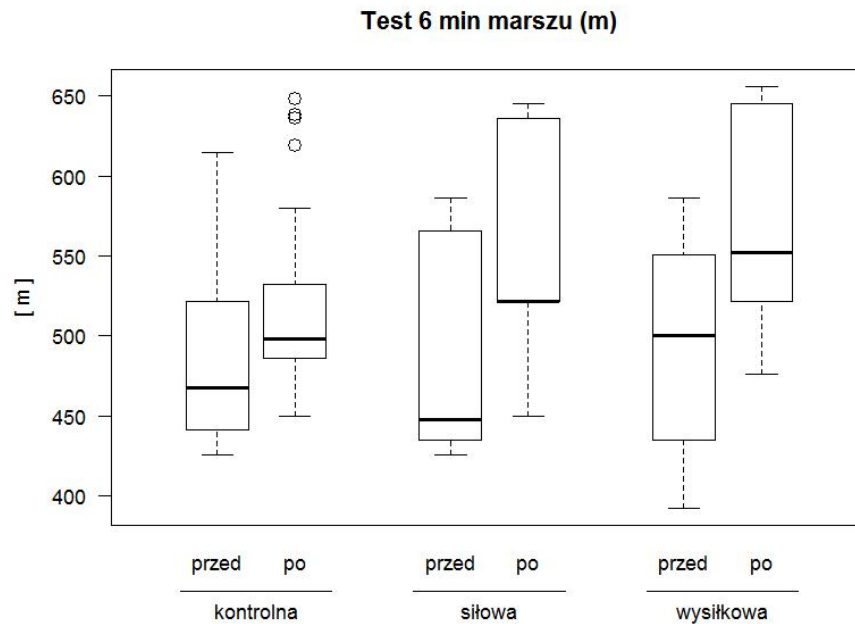
Analiza badań wykazała, że dystans pokonany w teście 6-minutowego marszu, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania, w grupie kontrolnej wyniósł  $492,62 \pm 37,4$  m, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $525,7 \pm 26,4$  m. Różnica pokonanego dystansu wyniosła 33,08 m, co stanowiło 6,72%.

Wykazano, że dystans pokonany w teście 6-minutowego marszu, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania, w grupie badanej (s) wyniósł  $485,13 \pm 17,2$  m, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $558,53 \pm 20,9$  m. Analiza wykazała różnicę 73,40 m, co stanowiło 15,13%.

W badaniach stwierdzono, że dystans pokonany w teście 6-minutowego marszu, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania, w grupie badanej (w) wyniósł  $495,47 \pm 31,6$  m, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $573,97 \pm 13,2$  m. Wykazano różnicę 78,50 m, co stanowiło 15,84%.

Dystans pokonany w teście 6-minutowego marszu, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania we wszystkich 3 grupach był podobny, co świadczy o jednorodności grup.

Stwierdzono, że wykazane różnice dystansu pokonanego w pierwszym dniu usprawniania i po jej zakończeniu we wszystkich badanych grupach były istotne statystycznie (Ryc. 2).



Ryc. 2. Dystans marszu w teście 6-minutowego marszu, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

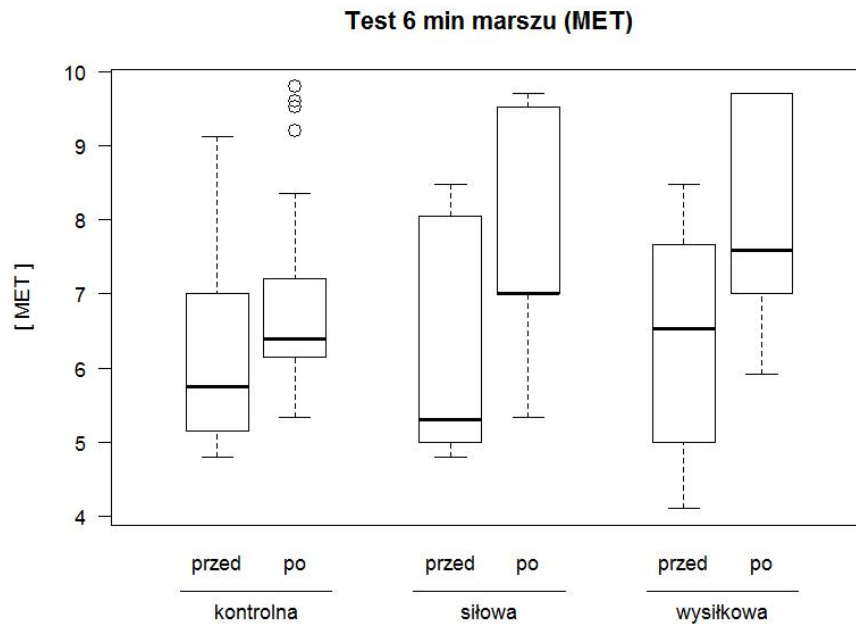
Przeprowadzona analiza wydatku energetycznego, uzyskanego w teście 6-minutowego marszu, przeliczonego na wydatek energetyczny w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania w grupie kontrolnej wykazała  $6,32 \pm 1,7$  MET, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $7,05 \pm 1,2$  MET. Różnica wyniosła  $0,73$  MET, co stanowiło  $11,55\%$ .

W badaniach stwierdzono, że wynik testu 6-minutowego marszu przeliczonego na wydatek energetyczny w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania w grupie badanej (s) wyniósł  $6,16 \pm 1,6$  MET, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $7,80 \pm 1,5$  MET. Wykazano różnicę  $1,64$  MET, co stanowiło  $26,62\%$ .

Wykazano, że wynik testu 6-minutowego marszu przeliczonego na wydatek energetyczny w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania w grupie badanej (w) wyniósł  $6,41 \pm 1,3$  MET, a po zakończeniu programu usprawniania  $8,04 \pm 2$  MET. Analiza wykazała różnicę  $1,63$  MET, co stanowiło  $25,43\%$ .

Analiza badań wykazała, że podobny wydatek energetyczny w każdej z badanych grup, świadczy o ich jednorodności.

Wzrost wartości wydatku energetycznego był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 3).



Ryc. 3. Wartość wydatku energetycznego w grupach chorych na POChP, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

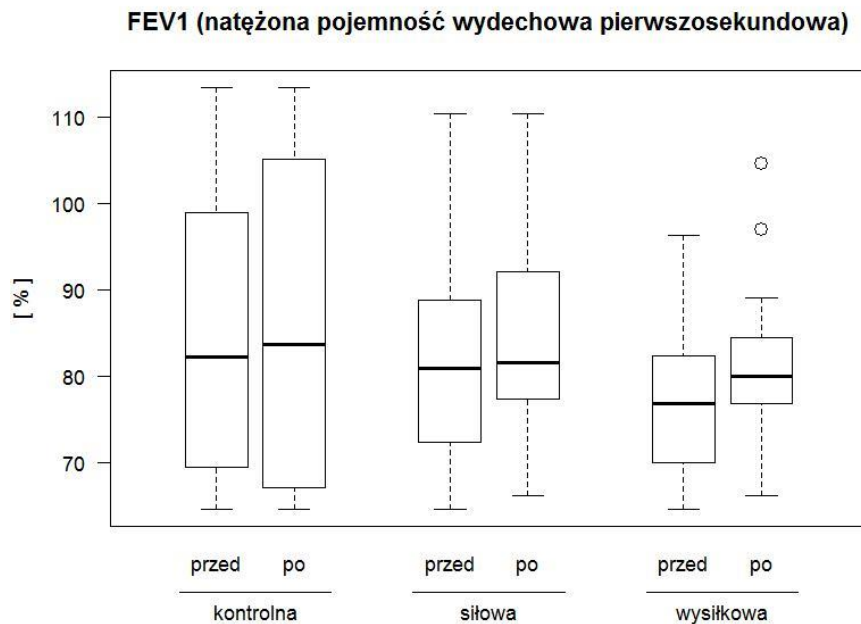
#### IV 1.2. Czynność wentylacyjna płuc

Wykazano, że wynik natężonej pojemności wydechowej pierwszosekundowej, wyniósł w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania w grupie kontrolnej  $75,60 \pm 1,6\%$ , a po zakończeniu programu fizjoterapii  $76,95 \pm 1,24\%$ . Analiza wykazała różnicę  $1,35\%$ , stanowiącą  $1,58\%$ .

W grupie badanej (s) wykazano, że natężona pojemność wydechowa pierwszosekundowa wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania  $73,34 \pm 0,8\%$ , a po zakończeniu programu fizjoterapii  $76,64 \pm 3,6\%$ . Wykazano różnicę  $3,3\%$ , co stanowiło  $3,96\%$ .

W grupie badanej (w) stwierdzono, że wartość natężonej pojemności wydechowej pierwszosekundowej w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania wyniosła  $77,46 \pm 6,5\%$ , a po zakończeniu programu fizjoterapii  $81,02 \pm 2,2\%$ . Różnica wyniosła  $3,56\%$ , co stanowiło  $4,6\%$ .

Analiza badań wykazała istotny statystycznie wzrost wartości natężonej pojemności wydechowej pierwszosekundowej w każdej badanej grupie (Ryc. 4).



Ryc. 4. Wartość natężonej pojemności wydechowej pierwszosekundowej, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

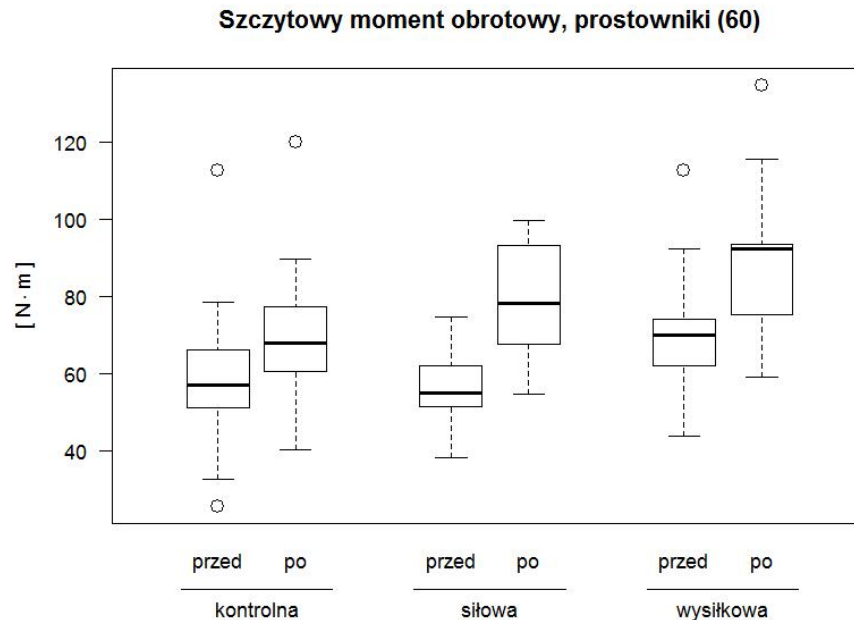
#### **IV 1.3. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 60°/s**

Analiza wartości szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wykazała w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $59,15 \pm 5,6$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $69,67 \pm 3,3$  NM. Różnica wyniosła 10,52 NM, co stanowiło 17,79%.

Analiza badań wykazała, że wartości szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $56,68 \pm 8,34$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $78,90 \pm 8,11$  NM. Analiza wykazała różnicę 22,22 NM, co stanowiło 39,2%.

W badaniach stwierdzono, że wartości szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $69,66 \pm 10,12$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $87,04 \pm 9,56$  NM. Różnica wyniosła 17,38 NM, co stanowiło 24,95%.

Wykazano istotny statystycznie wzrost wartości szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 5).



Ryc. 5. Wartość szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

W badaniach przeprowadzono analizę wartości szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s i stwierdzono, że w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej wykazała  $79,05 \pm 3,07$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $94,86 \pm 10,34$  NM. Różnica wyniosła 15,81 NM, co stanowiło 20%.

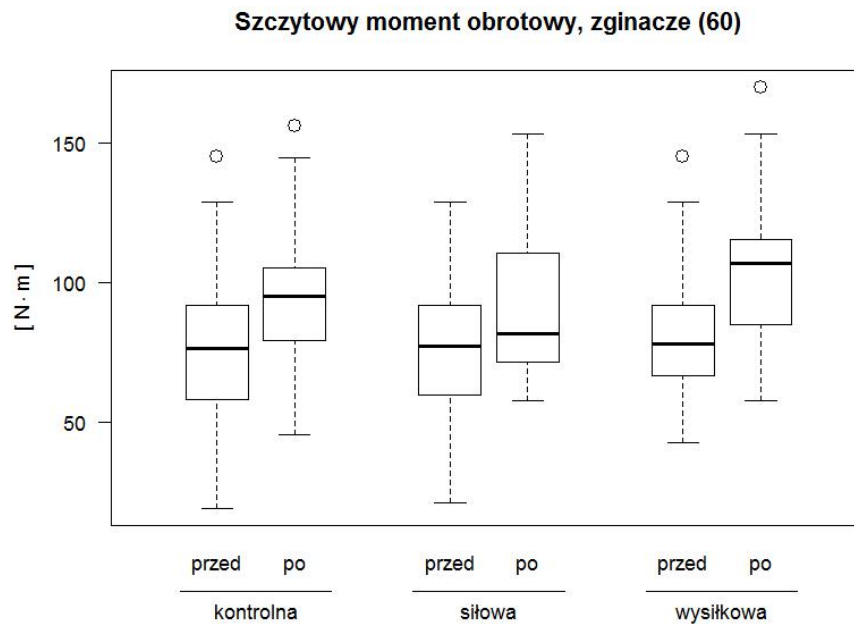
Wykazano, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $79,32 \pm 2,13$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $93,46 \pm 3,05$  NM. Wykazano różnicę 14,14 NM, co stanowiło 17,83%.

Analiza badań wykazała, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)



83,66±4,56 NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii 106,07±2,03 NM. Analiza wykazała różnicę 22,41 NM, co stanowiło 26,79%.

Wzrost wartości szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 6).



Ryc. 6. Wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

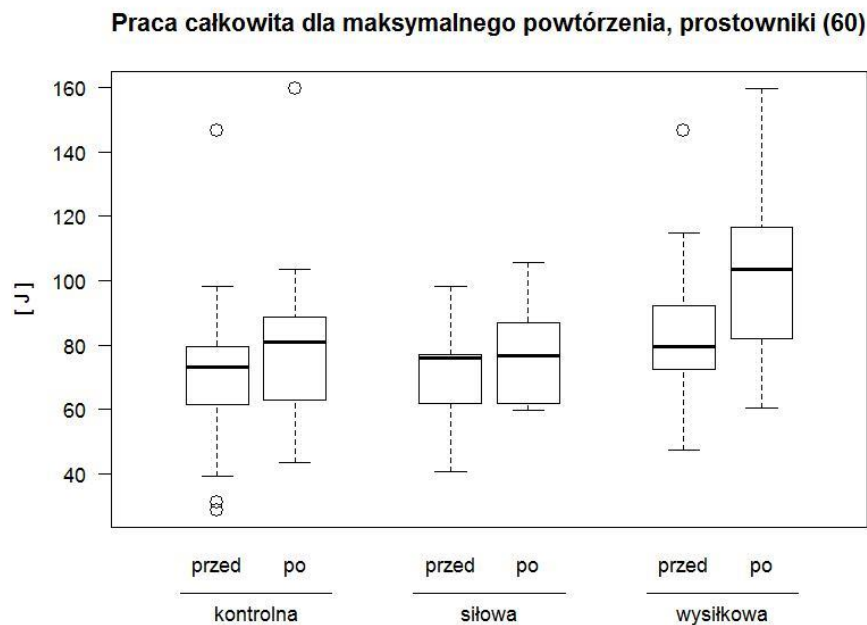
Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej 72±5 J, a po zakończeniu programu fizjoterapii 79,81±11 J. Różnica wyniosła 7,81 J, co stanowiło 10,85%.

W badaniach stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s) 69,82±7,46 J, a po zakończeniu programu fizjoterapii 76,56±13,04 J. Analiza wykazała różnicę 6,74 J, co stanowiło 9,65%.

Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości

kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $84,05 \pm 6,32$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $102,09 \pm 31,11$  J. Wykazano różnicę 18,04 J, co stanowiło 21,46%.

Analiza badań wykazała istotny statystycznie wzrost wartości pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 7).



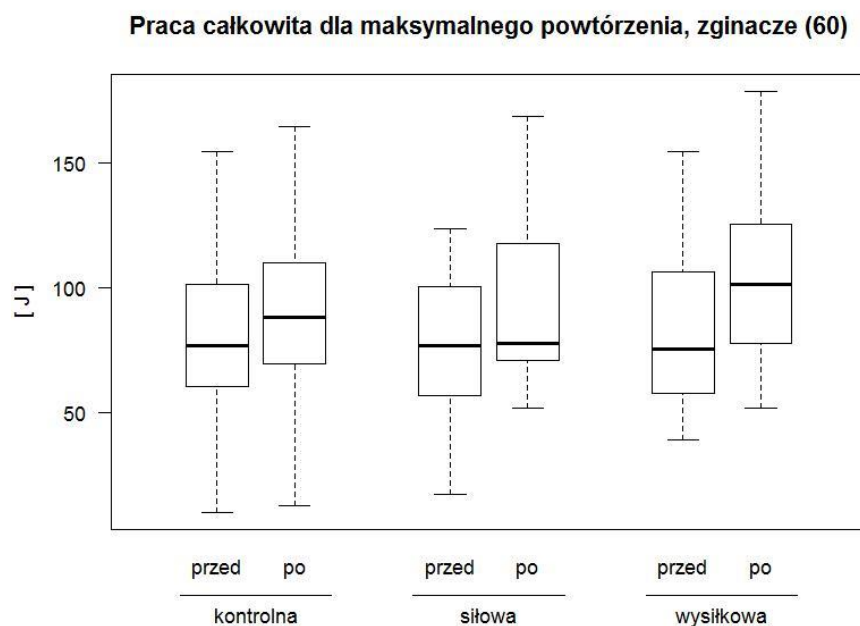
Ryc. 7. Wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $81,53 \pm 3,17$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $92,40 \pm 8,86$  J. Wykazano różnicę 10,87 J, co stanowiło 13,33%.

Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $78,94 \pm 2,65$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $93,45 \pm 5,6$  J. Różnica wyniosła 14,51 J, co stanowiło 18,38%.

Analiza badań wykazała, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $83,80 \pm 5,3 \text{ J}$ , a po zakończeniu programu fizjoterapii  $106,94 \pm 13 \text{ J}$ . Analiza wykazała różnicę  $23,14 \text{ J}$ , co stanowiło  $27,61\%$ .

Wykazano, że wzrost średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 8).



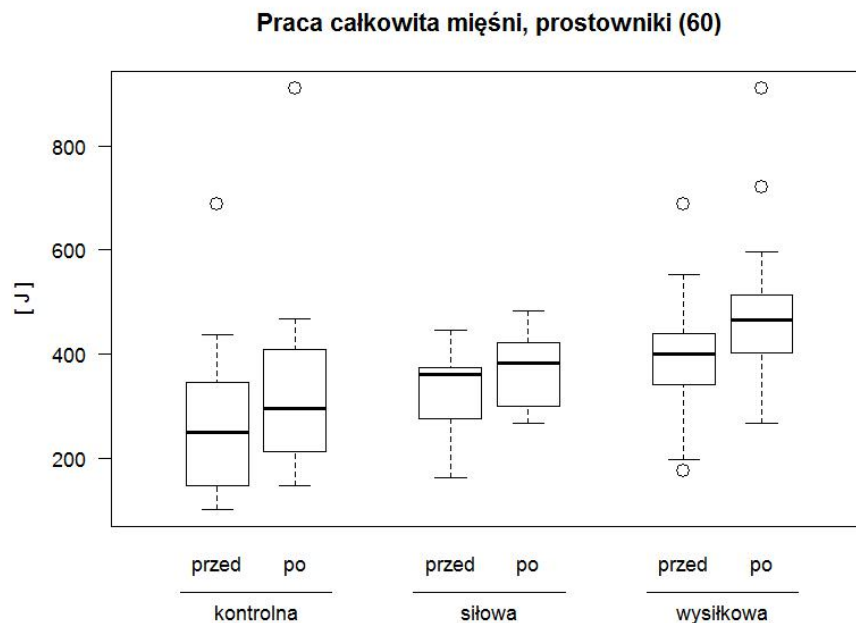
Ryc. 8. Wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

Analiza średniej wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wykazała w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $266,61 \pm 60,4 \text{ J}$ , a po zakończeniu programu fizjoterapii  $329,47 \pm 34,5 \text{ J}$ . Różnica wyniosła  $62,86 \text{ J}$ , co stanowiło  $23,58\%$ .

Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $324,74 \pm 32,86 \text{ J}$ , a po zakończeniu programu fizjoterapii  $367,45 \pm 16,7 \text{ J}$ . Wykazano różnicę  $42,71 \text{ J}$ , co stanowiło  $13,15\%$ .

W badaniach wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $394,96 \pm 60,4$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $479,28 \pm 80$  J. Różnica wyniosła  $84,32$  J, co stanowiło  $21,35\%$ .

Wykazano, że wzrost średnia wartości pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 9).



Ryc. 9. Wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

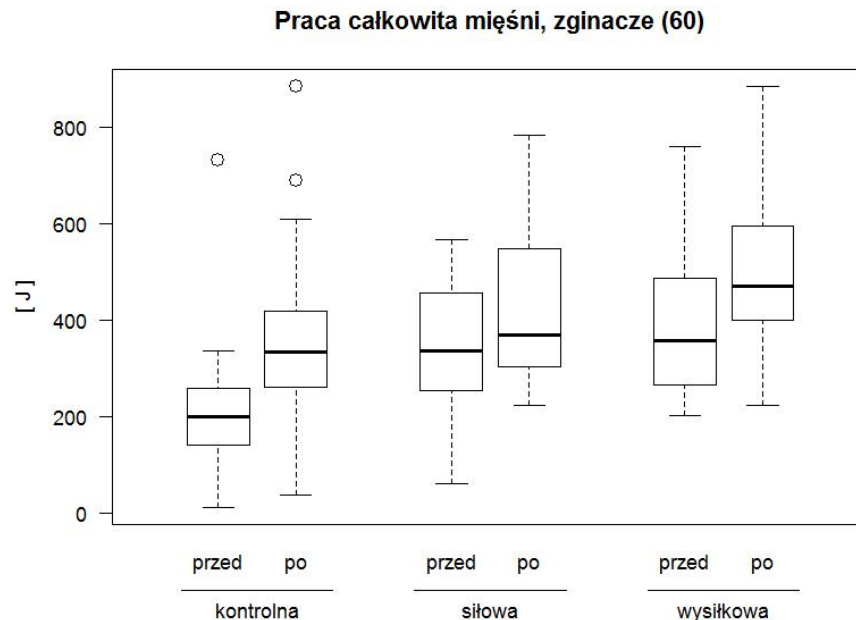
Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $200,54 \pm 60,5$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $360,05 \pm 98$  J. Różnica wyniosła  $159,51$  J, co stanowiło  $79,54\%$ .

Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $357,25 \pm 35$  J, a po zakończeniu

programu fizjoterapii  $447,35 \pm 50,6$  J. Analiza wykazała różnicę  $90,10$  J, co stanowiło  $25,22\%$ .

Analiza badań wykazała, że średnia wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $401,58 \pm 23$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $504,88 \pm 24$  J. Wykazano różnicę  $103,30$  J, co stanowiło  $25,72\%$ .

W badaniach stwierdzono, że wzrost średniej wartości pracy całkowitej dla prostowników dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 10).



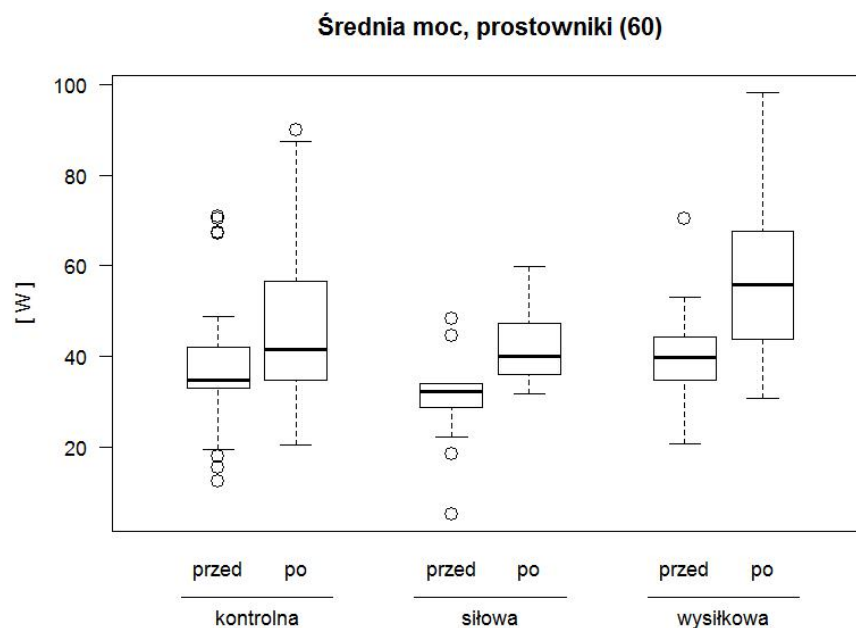
Ryc. 10. Wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

W badaniach stwierdzono, że wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $38,54 \pm 7,8$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $47,60 \pm 5$  WAT. Różnica wyniosła  $9,06$  WAT, co stanowiło  $23,51\%$ .

Wykazano, że wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s) 31,13±3 WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii 42,12±5,5 WAT. Wykazano różnicę 10,99 WAT, co stanowiło 35,30%.

Stwierdzono, że wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w) 39,01±8,3 WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii 56±5 WAT. Analiza wykazała różnicę 17,49 WAT, co stanowiło 43,55%.

Analiza badań wykazała, że wzrost wartości średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 11).



Ryc. 11. Wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

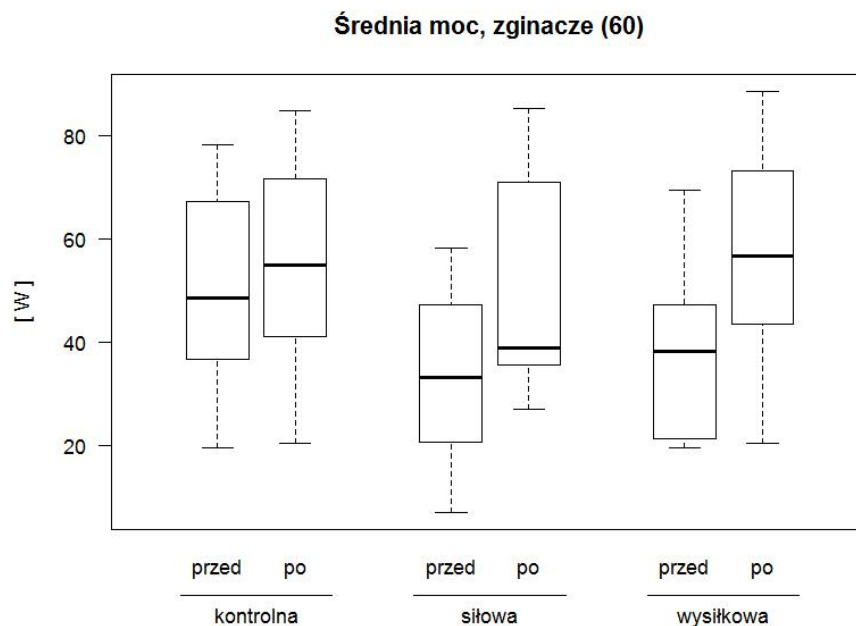
Stwierdzono, że wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 60°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-

tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $49,02 \pm 2$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $55,39 \pm 6,3$  WAT. Różnica wyniosła  $6,37$  WAT, co stanowiło  $12,99\%$ .

W badaniach wykazano, że wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/s$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $35,36 \pm 7,3$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $48,91 \pm 4,3$  WAT. Wykazano różnicę  $13,55$  WAT, co stanowiło  $38,32\%$ .

Wykazano, że wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/s$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $37,19 \pm 3$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $56,01 \pm 4,2$  WAT. Analiza wykazała różnicę  $18,82$  WAT, co stanowiło  $50,61\%$ .

Analiza badań wykazała, że wzrost wartości średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 12).



Ryc. 12. Wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $60^\circ/s$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

#### **IV 1.4. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 180°/s**

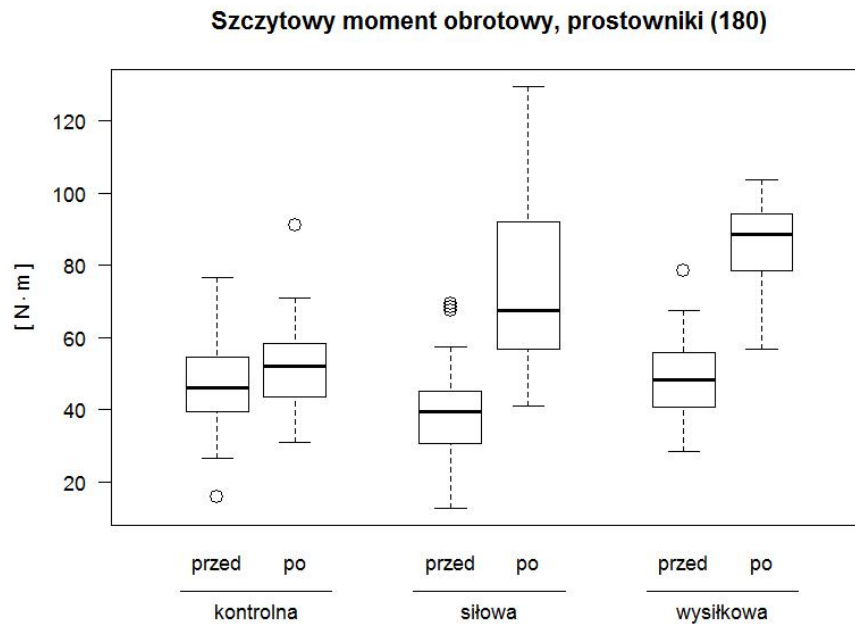
Wykazano, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $47,45 \pm 5,6$  NM, a zakończeniu programu fizjoterapii  $52,98 \pm 14,5$  NM. Różnica wyniosła 5,53 NM, co stanowiło 11,65%.

Stwierdzono, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $39,94 \pm 7$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $73,78 \pm 4,2$  NM. Wykazano różnicę 33,84 NM, co stanowiło 84,73%.

Analiza badań wykazała, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $48,99 \pm 4,2$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $85,78 \pm 6,7$  NM. Analiza wykazała różnicę 36,79 NM, co stanowiło 75,10%.

W badaniach wykazano istotny statystycznie wzrost wartości szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 13).





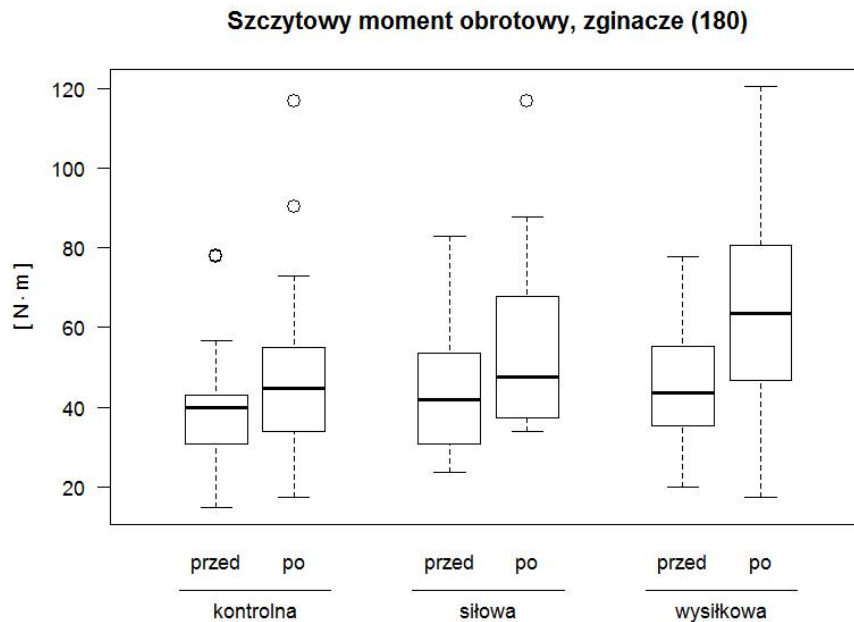
Ryc. 13. Wartość szczytowego momentu obrotowego dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

Analiza badań wykazała, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $40 \pm 4,2$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $47,57 \pm 7,8$  NM. Różnica wyniosła 7,57 NM, co stanowiło 18,93%.

Stwierdzono, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $44,71 \pm 4,5$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $57,16 \pm 9,1$  NM. Różnica wyniosła 12,45 NM, co stanowiło 27,85%.

Wykazano, że średnia wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $45,97 \pm 1,3$  NM, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $64,26 \pm 5,8$  NM. Analiza wykazała różnicę 18,29 NM, co stanowiło 39,79%.

W badaniach stwierdzono, że wzrost wartości szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 14).



Ryc. 14. Wartość szczytowego momentu obrotowego dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

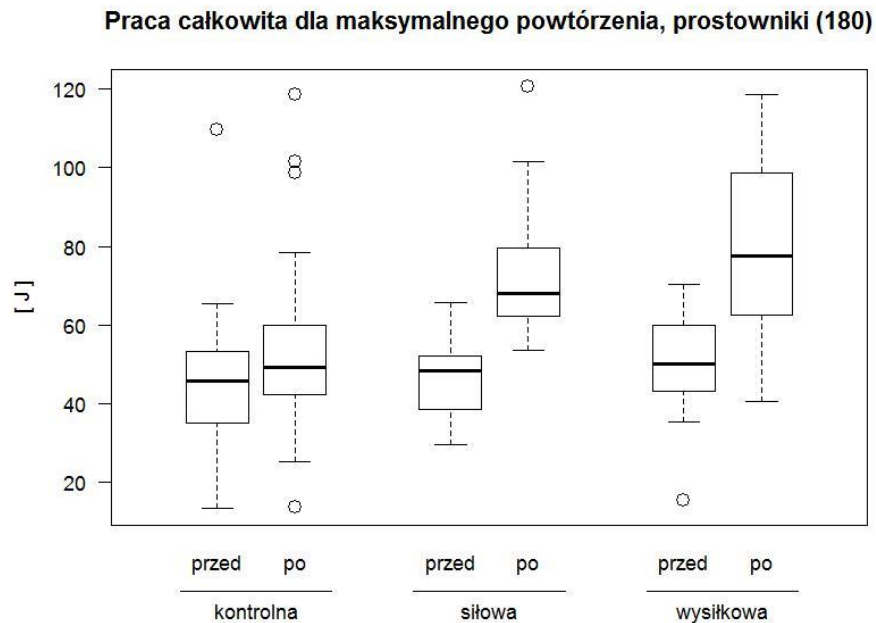
Analiza badań wykazała, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $46,41 \pm 2,3$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $53,83 \pm 13,5$  J. Różnica wyniosła 7,42 J, co stanowiło 15,99%.

Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $46,91 \pm 1,9$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $74,42 \pm 19,8$  J. Wykazano różnicę 27,51 J, co stanowiło 58,64%.

Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej

(w)  $50,68 \pm 1$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $77,95 \pm 4,2$  J. Analiza wykazała różnicę  $27,27$  J, co stanowiło  $53,81\%$ .

W badaniach wykazano istotny statystycznie wzrost średniej wartości pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 15).



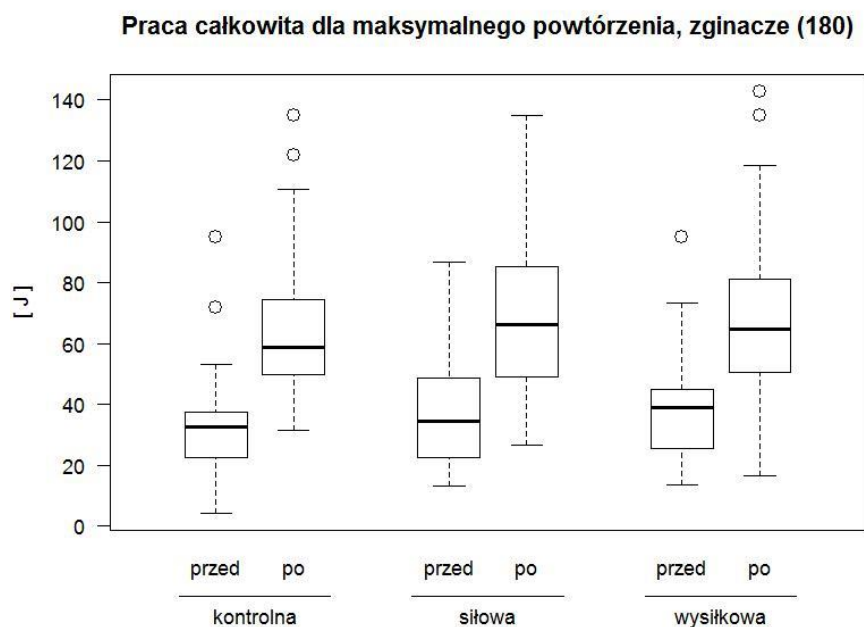
Ryc. 15. Wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/s$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/s$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $33 \pm 3,3$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $67,42 \pm 3,7$  J. Różnica wyniosła  $34,42$  J, co stanowiło  $104,3\%$ .

Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/s$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $37,19 \pm 2,6$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $70,12 \pm 3,2$  J. Analiza wykazała różnicę  $32,93$  J, co stanowiło  $88,55\%$ .

Badania wykazały, że średnia wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowym usprawnianiem dla grupy badanej (w) 37,11±4,2 J, a po zakończeniu programu fizjoterapii 72,22±1,4 J. Wykazano różnicę 35,11 J, co stanowiło 94,61%.

Analiza badań wykazała istotny statystycznie wzrost średniej wartości pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 16).



Ryc. 16. Wartość pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

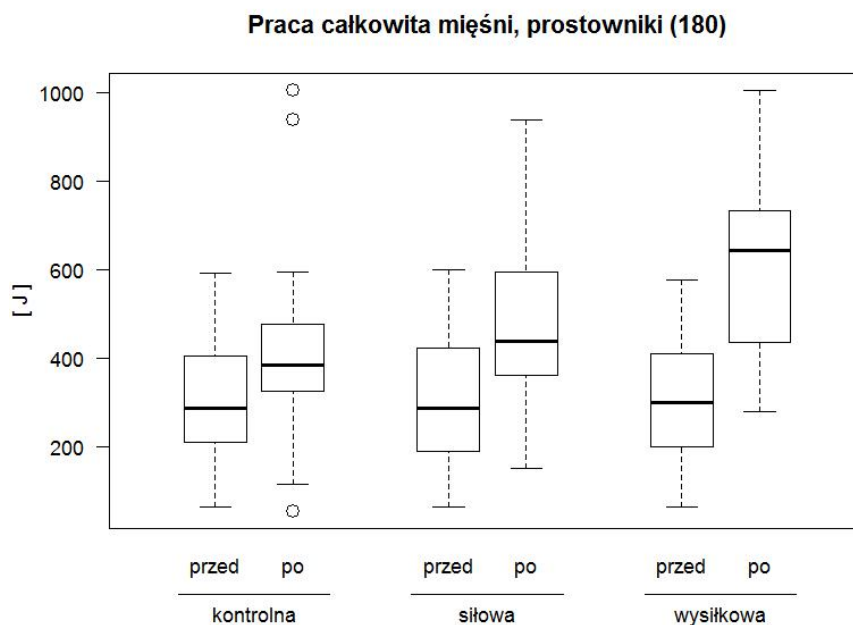
Stwierdzono, że średnia wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej 309,99±10,3 J, a po zakończeniu programu fizjoterapii 412,27±30,2 J. Różnica wyniosła 102,28 J, co stanowiło 32,99%.

Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej 180°/s, wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s) 318,23±7,9 J, a po

zakończeniu programu fizjoterapii  $470,90 \pm 25,8$  J. Wykazano różnicę  $152,67$  J, co stanowiło  $47,97\%$ .

Badania wykazały, że średnia wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $308,20 \pm 7,3$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $594,31 \pm 60,5$  J. Analiza wykazała różnicę  $286,11$  J, co stanowiło  $92,83\%$ .

Analiza wykazała istotny statystycznie wzrost średniej wartości pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 17).



Ryc. 17. Wartość pracy całkowitej dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

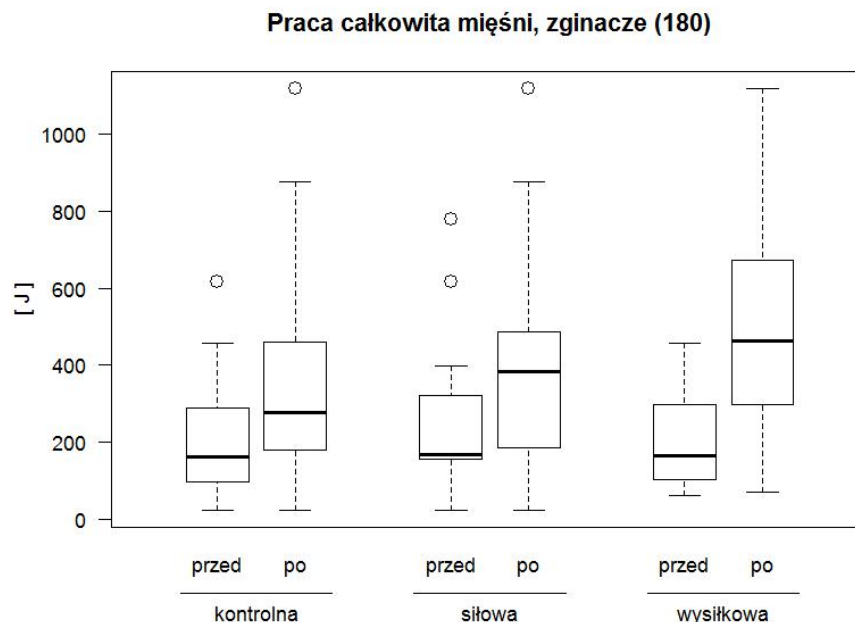
Badania wykazały, że średnia wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $197,82 \pm 50,8$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $339,50 \pm 90,7$  J. Różnica wyniosła  $141,68$  J, co stanowiło  $71,62\%$ .

Wykazano, że średnia wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w

pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $259,89 \pm 47,9$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $414,67 \pm 27,9$  J. Wykazano różnicę  $154,78$  J, co stanowiło  $59,56\%$ .

Analiza badań wykazała, że średnia wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $194,95 \pm 23,3$  J, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $476,63 \pm 50,6$  J. Różnica wyniosła  $281,68$  J, co stanowiło  $144,49\%$ .

Analiza badań wykazała istotny statystycznie wzrost średnia wartości pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 18).



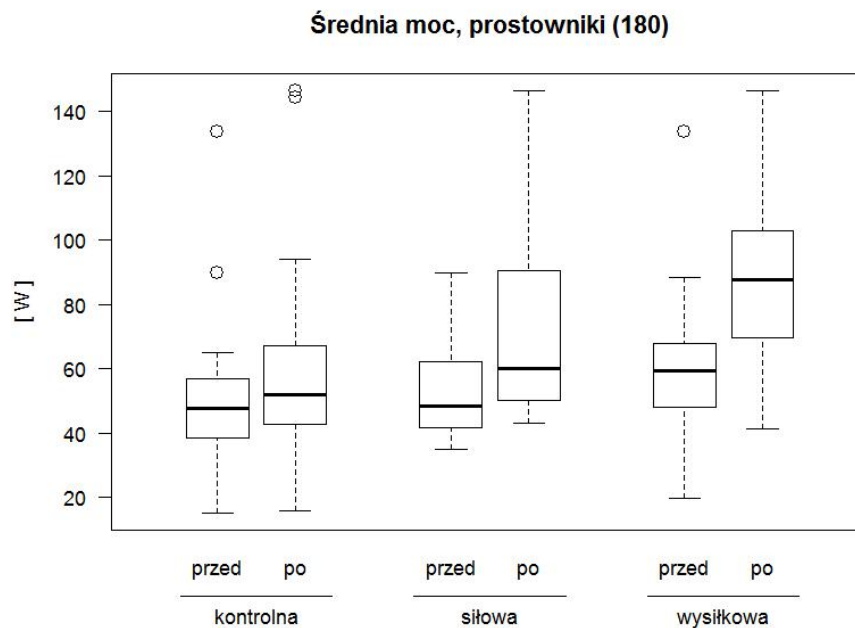
Ryc. 18. Wartość pracy całkowitej dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

Badania wykazały, że wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $51,64 \pm 12,8$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $59,19 \pm 15,8$  WAT. Różnica wyniosła  $7,55$  WAT, co stanowiło  $14,62\%$ .

Stwierdzono, że wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $53,24 \pm 14,3$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $70,46 \pm 9,6$  WAT. Analiza wykazała różnicę  $17,22$  WAT, co stanowiło  $32,34\%$ .

Wykazano, że wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $61,49 \pm 7,7$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $88,65 \pm 17,8$  WAT. Różnica wyniosła  $27,16$  WAT, co stanowiło  $44,17\%$ .

W badaniach dotyczących wartości średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) wykazano, że wzrost był istotny statystycznie w każdej badanej grupie (Ryc. 19).



Ryc. 19. Wartość średniej mocy dla prostowników stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii

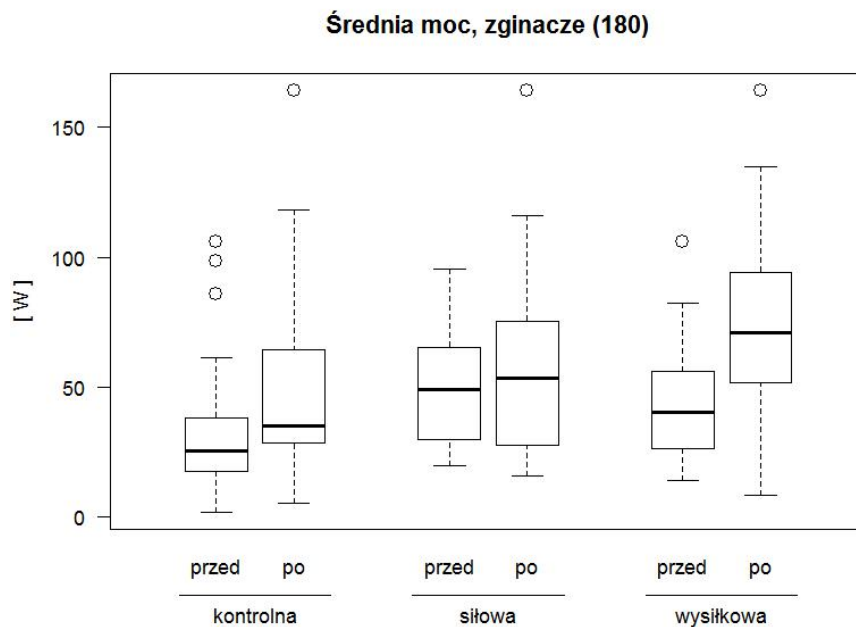
Analiza badań wykazała, że wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy kontrolnej  $33,42 \pm 10,8$  WAT, a po

zakończeniu programu fizjoterapii  $50,53 \pm 15,6$  WAT. Różnica wyniosła 17,11 WAT, co stanowiło 51,20%.

Stwierdzono, że wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (s)  $51,03 \pm 13,2$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $60,47 \pm 7,7$  WAT. Analiza wykazała różnicę 9,44 WAT, co stanowiło 18,50%.

Wykazano, że wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego), trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , wyniosła w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania dla grupy badanej (w)  $42,44 \pm 8,4$  WAT, a po zakończeniu programu fizjoterapii  $72,69 \pm 17,3$  WAT. Wykazano różnicę 30,25 WAT, co stanowiło 71,28%.

Badania wykazały istotny statystycznie wzrost wartości średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) w każdej badanej grupie (Ryc. 20).



Ryc. 20. Wartość średniej mocy dla zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) trenowanego przy prędkości kątowej  $180^\circ/\text{s}$ , w pierwszym dniu 3-tygodniowego usprawniania i po zakończeniu programu fizjoterapii



## **IV 2. Porównanie międzygrupowe**

### **IV 2.1. Tolerancja wysiłku fizycznego**

#### *Test 6-minutowego marszu (m)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0000. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna - 0.0000, grupa badana (w)-kontrolna - 0.0000, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.6785. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą kontrolną i grupą badaną (s) oraz grupą badaną (w), nie ma natomiast różnicy między grupą badaną (s) i grupą badaną (w).

#### *Test 6-minutowego marszu (MET)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0000. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna - 0.0000, grupa badana (w)-kontrolna - 0.0000, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.9922. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą kontrolną i grupą badaną (s) oraz grupą badaną (w), nie ma natomiast różnicy między grupą badaną (s) i grupą badaną (w).

### **IV 2.2. Czynność wentylacyjna płuc**

#### *Natężona pojemność wydechowa pierwszosekundowa (FEV<sub>1</sub>)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0489. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna - 0.1257, grupa badana (w)-kontrolna - 0.0712, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.9675. Oznacza to, że nie ma różnicy między żadną z badanych grup.

#### **IV 2.3. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 60°/s**

##### *Szczytowy moment obrotowy (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0002. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna - 0.0002, grupa badana (w)-kontrolna - 0.0400, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.2380. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą kontrolną i grupą badaną (s) oraz grupą badaną (w), nie ma natomiast różnicy między grupą badaną (s) i grupą badaną (w).

##### *Szczytowy moment obrotowy (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0902. Różnicę tę uznano za statystycznie nieistotną.

##### *Praca całkowita dla maksymalnego powtórzenia (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0026. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna - 0.9446, grupa badana (w)-kontrolna - 0.0078, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.0058. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą kontrolną i grupą badaną (w) oraz grupą badaną (s) i grupą badaną (w), nie ma natomiast różnicy między grupą badaną (s) i grupą kontrolną.

##### *Praca całkowita dla maksymalnego powtórzenia (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0217. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.6844, grupa badana (w)-

kontrolna – 0.0171, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.1633. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (w) i grupą kontrolną, nie ma natomiast różnic między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą badaną (s).

*Praca całkowita mięśni (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.1995. Różnicę tę uznano za statystycznie nieistotną.

*Praca całkowita mięśni (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0787. Różnicę tę uznano za statystycznie nieistotną.

*Średnia moc (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0279. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.7929, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0239, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.1471. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (w) i grupą kontrolną, nie ma natomiast różnic między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą badaną (s).

*Średnia moc (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0002. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.0402, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0001, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.2115. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą kontrolną, nie ma natomiast różnic między grupą badaną (w) i grupą badaną (s).

#### **IV 2.4. Czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątovej 180°/s**

##### *Szczytowy moment obrotowy (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0000. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.0000, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0000, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.6867. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą kontrolną, nie ma natomiast różnic między grupą badaną (w) i grupą badaną (s).

##### *Szczytowy moment obrotowy (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0521. Różnicę tę uznano za statystycznie nieistotną.

##### *Praca całkowita dla maksymalnego powtórzenia (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0000. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.0004, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0004, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.9988. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą kontrolną, nie ma natomiast różnic między grupą badaną (w) i grupą badaną (s).

##### *Praca całkowita dla maksymalnego powtórzenia (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.9536. Różnicę tę uznano za statystycznie nieistotną.

*Praca całkowita mięśni (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0003. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.4935, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0002, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.0160. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (w) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą badaną (s), nie ma natomiast różnic między grupą badaną (s) i grupą kontrolną.

*Praca całkowita mięśni (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0129. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.9621, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0155, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.0479. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (w) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą badaną (s), nie ma natomiast różnic między grupą badaną (s) i grupą kontrolną.

*Średnia moc (prostowniki)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0067. Różnicę tę uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.2509, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0046, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.2786. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (w) i grupą kontrolną, nie ma natomiast różnic między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą badaną (s).

*Średnia moc (zginacze)*

P-wartość jednoczynnikowej analizy wariancji dla zbadania istotności statystycznej różnic między poszczególnymi grupami w zmianie średniej wyniosła 0.0080. Różnicę tę

uznano za statystycznie istotną i w dalszej kolejności przeprowadzono test Tukeya, aby przekonać się, które grupy różnią się istotnie. Przy porównaniu poszczególnych grup uzyskano następujące p-wartości: grupa badana (s)-kontrolna – 0.4333, grupa badana (w)-kontrolna – 0.0905, grupa badana (w)-grupa badana (s) - 0.0062. Oznacza to, że występuje statystycznie istotna różnica między grupą badaną (w) i grupą badaną (s), nie ma natomiast różnic między grupą badaną (s) i grupą kontrolną oraz grupą badaną (w) i grupą kontrolną.

Badania własne wykazały zwiększenie tolerancja wysiłku fizycznego, czynności wentylacyjnej płuc, czynność mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego (dominującego) przy prędkości kątowej 60°/s i 180°/s we wszystkich badanych grupach chorych na POChP.

Największe efekty związane z poprawą sprawności mięśni szkieletowych oraz zwiększeniem tolerancji wysiłkowej uzyskano w badanej grupie chorych na POChP zakwalifikowanych do treningu wytrzymałościowego.

## V DYSKUSJA

POChP to jedna z najczęściej występujących, nieuleczalnych, przewlekłych chorób płuc, która stopniowo prowadzi do upośledzenia czynności wentylacyjnej. Jej konsekwencją są zmiany ogólnoustrojowe związane także ze zmniejszeniem masy i osłabieniem mięśni szkieletowych (Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Szeliga i wsp., 2011).

Utrata masy ciała, a szczególnie masy mięśniowej, w POChP wiąże się z upośledzeniem zarówno czynności mięśni oddechowych, jak i mięśni szkieletowych. W tkance mięśniowej zachodzą zmiany jakościowe pogarszające funkcje mięśni. Autorzy wyodrębnili oddzielne zjawisko patofizjologiczne w POChP związane z dysfunkcją mięśni szkieletowych i występującym ograniczeniem wydolności wysiłkowej, upośledzeniem sprawności w zakresie codziennych czynności życiowych oraz obniżeniem jakości życia chorych (Klimiuk i wsp., 2011).

Na dysfunkcję związaną z osłabieniem mięśni i zmniejszoną tolerancję wysiłku fizycznego zwracała uwagę w swoich badaniach Ewa Szeliga i wsp. (2011).

Dużym mięśniem, często osłabionym u chorych na POChP jest mięsień czworogłowy uda. Jego wzmocnienie jest kluczowe, ze względu na jego znaczący wpływ na możliwości wysiłkowe chorego i powinno stanowić ważny cel treningu wysiłkowego będącego elementem fizjoterapii tych chorych (Rodrigues i wsp., 2017).

Autorzy zwracają uwagę na spadek ekonomii chodu u chorych na POChP. Przyczynia się do tego osłabienie koordynacji nerwowo-mięśniowej oraz siły mięśniowej. W dostępnym piśmiennictwie zwraca się uwagę na wdrożenie formy treningu oporowego i wytrzymałościowego. Wykazano, że ten rodzaj treningu może prowadzić do poprawy wydatku energetycznego chodu, zwiększenia długotrwałej aktywności fizycznej i poprawy możliwości wykonywania codziennych aktywności (Giulio i wsp., 2016).

W dostępnym piśmiennictwie nie odnaleziono natomiast badań dotyczących wpływu izokinetycznego treningu oporowego na tolerancję wysiłkową chorych na POChP, definiowanego, jako wykorzystanie specjalistycznego oprzyrządowania pozwalającego na aktywność fizyczną oraz pomiar parametrów charakteryzujących wybrane mięśnie szkieletowe.

W badaniach własnych stwierdzono osłabienie siły mięśnia czworogłowego uda u wszystkich badanych chorych. Wykazane osłabienie wpływa na zmniejszenie tolerancji

wysiłkowej. Tolerancję wysiłkową oceniono na podstawie testu 6-minutowego marszu, a siłę mięśniową zmierzono przy użyciu urządzenia Biodex System 4 Pro. W pracy dokonano analizy parametrów dotyczących pracy całkowitej dla maksymalnego powtórzenia mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego, pracy całkowitej mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego, średniej mocy mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego, szczytowego momentu obrotowego mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego przy dwóch prędkościach kątowych -  $60\omega/s$  i  $180\omega/s$  dla prawej kończyny dolnej (dominującej). Powtórne badania wykonano po 3-tygodniowym kompleksowym programie usprawniania, uzupełnionym o izokinetyczny trening oporowy. Analiza wyników badań własnych wykazała istotną zależność między zwiększeniem siły mięśniowej, a wydłużeniem dystansu w teście 6-minutowego marszu.

Należy przyjąć, że poprawa siły mięśni szkieletowych u chorych na POChP powinna być ważnym elementem fizjoterapii pulmonologicznej (Kropornicka i wsp., 2014; Majsnerowska i wsp., 2018; Sawicka i Marcinowska-Suchowierska, 2011; Śliwiński, 2007).

W badaniach innych autorów również stwierdzono poprawę możliwości wysiłkowych po przeprowadzonym treningu kończyny dolnych. Przeprowadzone badania przez Marciniaka i wsp. (2020) wykazały że trening Nordic Walking z kijkami ze zintegrowanym amortyzatorem oporowym istotnie poprawia sprawność funkcjonalną kobiet w wieku powyżej 60 lat. Podobne wnioski dotyczące poprawy możliwości wysiłkowych po treningu kończyn dolnych przedstawili Takeshima i wsp. (2013), Lee i Park (2015) oraz Song i wsp. (2013).

Rezultaty z zastosowanego treningu siłowego opisali także Martone i wsp. (2017). Autorzy zaobserwowali skuteczne utrzymanie prawidłowej masy ciała, siły oraz równowagi dynamicznej u osób starszych (Clemson i wsp., 2010).

Podobną zależność wykazali Martins i wsp. (2011), którzy opisali marsz, jako formę fizjoterapii zapobiegającą pogarszaniu się sprawności chorych wynikającej z sarkopenii. Wykazali pozytywny wpływ treningu siłowego i aerobowego na sprawność fizyczną osób starszych.

Badania własne wykazały, że zastosowany w programie fizjoterapii izokinetyczny trening oporowy wpływa na poprawę sprawności mięśni szkieletowych oraz poprawę tolerancji wysiłkowej badanych chorych na POChP. Stwierdzono również i określono



znaczenie rodzaju wykorzystanego treningu izokinetycznego. Wykazano, że chorzy, u których zastosowano wytrzymałościowy trening izokinetyczny, pokonali dłuższy dystans w końcowym teście 6-minutowego marszu w porównaniu z badanymi chorymi z grup zakwalifikowanych do treningu siłowego i grupy kontrolnej.

Na podstawie dostępnego piśmiennictwa należy przyjąć, że usprawnianie chorych na POChP może przybierać różne formy dotyczące wykorzystania środków i metod fizjoterapii, w tym określonych treningów z zastosowaniem oporu. Skuteczność treningu wytrzymałościowego u chorych z nasilonymi objawami choroby POChP, wykazał Klimiuk i wsp. (2011).

W dostępnym piśmiennictwie wskazuje się na wpływ poprawy wydolności mięśni szkieletowych na zwiększenie tolerancji wysiłkowej u chorych na POChP, podkreślając, że fizjoterapia prowadzi do zwiększenia aktywności fizycznej, zmniejsza duszność, korzystnie wpływa na zespół wyczerpania i znacząco poprawia jakość życia chorych na POChP. Autorzy zalecają fizjoterapię ogólnie usprawniającą i specyficzne ćwiczenia oddechowe wszystkim chorym, którzy odczuwają duszność oraz zalecają aktywność opartą na marszu po płaskim terenie w swoim tempie (Damps-Kostańska i wsp., 2012; Klimiuk i wsp., 2011).

Badania w warunkach izokinetycznych opisywane są jako testy, w których praca mięśni charakteryzuje się stałą prędkością ruchu i samoregulującym się zmiennym oporem w zależności od siły generowanej przez chorego. Pozwoliły one ocenić siłę mięśni szkieletowych. Na podstawie dostępnego piśmiennictwa należy przyjąć, że urządzenia do oceny izokinetycznej mogą być używane w ocenie jak i określonym treningu mięśni. W dostępnym piśmiennictwie wykazano korzyści wynikające z różnych form treningu fizycznego, w tym treningu obciążającego kończyny dolne, w wielu jednostkach chorobowych. W badaniach wpływu treningu izokinetycznego na moment siły mięśni prostowników i zginaczy kolana dotyczących chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego, Fabiś (2007) wykazał zwiększenie momentu siły mięśni zginaczy kolana i mięśnia czworogłowego uda średnio o 20% i 24% oraz stwierdził, że badanie izokinetyczne momentów siły mięśni zginaczy i prostowników kolana powinno być standardem w obiektywizacji procesu rehabilitacji chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego.

Korzyści zastosowania określonego wysiłku fizycznego u chorych po leczonym interwencyjnie ostrym zespole wieńcowym, przedstawili Krzywicka-Michałowska i wsp. (2015). Na podstawie przeprowadzonego testu 6-minutowego marszu autorzy wykazali istotną poprawę wydolności fizycznej, po zastosowaniu treningu fizycznego z zastosowaniem dodatkowego obciążenia kończyn dolnych, w trakcie wczesnej rehabilitacji u tych badanych.

Korzyści wynikające z treningu fizycznego u chorych z niewydolnością serca opisała Ewa Straburzyńska-Migaj (2009), a Gąsior i wsp., opisał korzystny efekt treningu siłowego wykazując wzrost siły mięśniowej oraz poprawę aktywności, mobilności i uczestnictwa w życiu społecznym u dorosłych z zaburzeniami neurologicznymi. Autorzy zalecają trening ze stałym obciążeniem oraz trening interwałowy, indywidualnie dostosowany do potrzeb i możliwości chorych.

W badaniach własnych odpowiednia kwalifikacja do określonych modeli rehabilitacji umożliwiła dostosowanie usprawniania do indywidualnych potrzeb chorego. Na podkreślenie zasługują dodatkowe efekty związane z poprawą możliwości wysiłkowych, oparte na przeprowadzeniu badania i wprowadzeniu treningu izokinetycznego do kompleksowego programu usprawniania badanych chorych na POChP. Stwierdzono wydłużenie dystansu pokonanego w teście 6-minutowego marszu po zakończonym procesie usprawniania oraz zwiększenie analizowanych parametrów siły mięśniowej. Wprowadzenie i zastosowanie w programie rehabilitacji pulmonologicznej treningu izokinetycznego może przyczynić się nie tylko do zwiększenia tolerancji wysiłkowej, ale w dalszej perspektywie do poprawy jakości życia chorych na POChP i zmniejszenia częstości pobytu tych chorych w szpitalu.

W dostępnym piśmiennictwie wykazuje się potrzebę kompleksowości fizjoterapii wskazując na wykorzystanie jej, jako nefarmakologicznej formy leczenia chorych na POChP i mającej korzystny wpływ na fizyczną i intelektualną aktywność tych chorych, ich jakość życia oraz zmniejszenie liczby zaostrzeń choroby (Jassem i Damps-Kostańska, 2014).

W badaniach własnych wykazano zasadność zastosowania treningu izokinetycznego w fizjoterapii chorych na POChP. Przyjmuje się, że POChP może wpływać na zmianę właściwości strukturalnych i metabolicznych mięśni szkieletowych chorych. Ocena siły

mięśniowej powinna więc być istotnym elementem badań czynnościowych u chorych na POChP przed wdrożeniem procesu usprawniania.

W piśmiennictwie wykazano, że ocena siły mięśniowej może być istotnym elementem badań czynnościowych wykorzystywanych w procesie fizjoterapii. Jej zaletą jest możliwość oceny różnych grup mięśniowych działających na poszczególne stawy, dokładność wyników, pomiar pracy, mocy, siły oraz możliwość powtórzenia badań w takich samych warunkach, co pozwala na ocenę zmian, jakie zaszły w przebiegu usprawniania. Dynamometria izokinetyczna pozwala na ocenę siły wybranych grup mięśniowych oraz umożliwia ich efektywny trening (Ciemniewska-Gorzal, 2010; Min Son i wsp., 2013). Zasadność użycia urządzenia umożliwiającego ocenę wpływu treningu fizycznego na funkcję mięśni i dystans chodu wykazano m.in. w objawowej chorobie tętnic obwodowych u osób starszych, wykazując możliwość obiektywnej oceny siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego oraz mięśni zginaczy grzbietowych i podszwowych stawu skokowego (Kropielnicka i wsp., 2018).

W badaniach własnych, po zakończeniu 3-tygodniowego programu kompleksowej fizjoterapii pulmonologicznej, wzbogaconej o izokinetyczny trening oporowy, u badanych chorych odnotowano poprawę wyników pomiarów prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy działających na staw kolanowy prawy kończyny dolnej (dominującej) w warunkach izokinetycznych. Wyniki badań własnych wykazały istotną zależność między siłą mięśniową, a tolerancją wysiłkową.

W piśmiennictwie wykazywano poprawę równowagi z wykorzystaniem treningu oporowego stawu skokowego. Opisywano wpływ jednostronnego izokinetycznego treningu siłowego stawu skokowego na równowagę stojąc na jednej nodze kończyny dolnej ipsilateralnej. Wyniki wskazywały na istotną poprawę siły (zgięcie podszwowe, grzbietowe, odwrócenie, nawrócenie) oraz stabilności stawów skokowych w grupie badanej (Ciemniewska-Gorzal, 2010; Min Son i wsp., 2013).

Şen i wsp. (2015) wykazali wpływ obustronnego izokinetycznego treningu wzmacniającego na parametry funkcjonalne, chód oraz jakość życia pacjentów po udarze. Odnotowano wzrost siły mięśniowej po obu stronach ciała, co przyczyniło się do poprawy parametrów funkcjonalnych, poprawy lokomocji, równowagi oraz jakości życia.

Badania własne, przeprowadzone w grupie chorych na POChP, wykazały, że włączenie do programu usprawniania oceny i treningu izokinetycznego przyczyniło się do istotnej poprawy możliwości wysiłkowych badanych. U badanych, po 3-tygodniowym okresie usprawniania, wykazano istotny wzrost wartości FEV<sub>1</sub> oraz istotne zwiększenie siły mięśnia czworogłowego uda, mogące wpływać na zmniejszenie ograniczeń dotyczących wysiłku fizycznego podejmowanego przez chorych. Stwierdzono korzystny wpływ treningu oporowego na poprawę tolerancji wysiłkowej. Przyjąć należy, że korzystne byłoby włączenie elementów izokinetycznego treningu wytrzymałościowego do programów usprawniania i modeli rehabilitacji chorych na POChP. Celowe wydaje się także uwzględnienie oceny siły mięśniowej w kwalifikacji do programu rehabilitacji chorych na POChP.

Prezentowana praca ma także swoje ograniczenia. Dotyczą one przede wszystkim możliwości oceny efektów usprawniania, w tym zastosowania treningu izokinetycznego u chorych na POChP i porównania z grupą chorych niepoddanych usprawnianiu. Nie jest to jednak możliwe w warunkach szpitalnego oddziału rehabilitacji pulmonologicznej. Poza tym istotna wydaje się także ewentualna kontynuacja badań związanych z oceną poszczególnych grup mięśniowych u chorych na POChP i zastosowania treningu izokinetycznego w dłuższym czasie, przekraczającym 3 tygodnie usprawniania. Wydaje się także ciekawym możliwość wykorzystania dynamometrii izokinetycznej w kwalifikacji chorych do modeli rehabilitacji pulmonologicznej.

## VI WNIOSKI

1. W badaniach wykazano, że osłabienie siły wybranych mięśni szkieletowych kończyn dolnych wpływa na zmniejszenie tolerancji wysiłkowej badanych chorych na POChP. Wyniki wykazały istotną zależność między badaną siłą mięśniową, a tolerancją wysiłkową tych chorych.
2. Stwierdzono, że zastosowany w programie fizjoterapii izokinetyczny trening oporowy wpływa na poprawę wskaźników prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego kończyny dolnej dominującej w warunkach izokinetycznych. Chorzy, którzy uczestniczyli w treningach izokinetycznych, pokonywali istotnie dłuższy dystans w końcowym teście 6-minutowego marszu.
3. W badaniach wykazano, że zastosowany rodzaj treningu izokinetycznego ma wpływ na poprawę tolerancji wysiłkowej w kompleksowym programie fizjoterapii chorych na POChP. Największą poprawę, dotyczącą pokonanego dystansu w końcowym teście 6-minutowego marszu, osiągnęli chorzy zakwalifikowani do treningu wytrzymałościowego.

## VII PIŚMIENNICTWO

1. Adeloje D, Chua S, Lee C, Basquill C, Papan A, Theodoratou E, Nair H, Gasevic D, Sridhar D, Campbell H, Chan KY, Sheikh A, Rudan I. Global and regional estimates of COPD prevalence: Systematic review and meta-analysis. *J Global Health* 2015, 5(2): 020415.
2. Agustí A, Soler J.J, Molina J, Muñoz M.J, Garcia-Losa M, Roset M, Jones P.W, Badia X. Is the CAT questionnaire sensitive to changes in health status in patients with severe COPD exacerbations? *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 2012, 9(5): 492–498.
3. Ambrosy A.P, Mentz R.J, Fiuzat M, Cleland J.G.F, Greene S.J, O'Connor C.M, Teerlink J.R, Zannad F, Solomon S.D. The role of angiotensin receptor-neprilysin inhibitors in cardiovascular disease-existing evidence, knowledge gaps, and future directions. *Eur J Heart Fail* 2018; 20(6): 963–972.
4. Ayala F, Croix D.S, Baranda S, Santonja F. Absolutna wiarygodność izokinetycznych pomiarów zgięcia i wyprostowania kolana w pozycji na brzuchu. *Obrazowanie funkcji Clin Physiol* 2013, 33(1): 45-54.
5. Bania T.A, Dodd K.J, Baker R.J, Graham H.K, Taylor N.F. The effects of progressive resistance training on daily physical activity in young people with cerebral palsy: a randomised controlled trial. *Disabil Rehabil* 2016, 38(7): 620-626.
6. Batura-Gabryel H. Wpływ POChP na choroby współistniejące. *Terapia* 2008, 9: 72-75.
7. Batura-Gabryel H. POChP jako choroba systemowa. *Terapia* 2010, 9: 6-11.
8. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter G, Hopkins J.T, Davison G.W. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev* 2012, 15(2): CD008262.
9. Boyd R.N. Functional progressive resistance training improves muscle strength but not walking ability in children with cerebral palsy. *J Physiother* 2012, 58(3): 197.
10. Brodowska A, Dulko J, Jurczak A, Szkup M, Stanisławska M, Grochans E. Leczenie uzdrowiskowe a jakość życia pacjentów z przewlekłymi schorzeniami

- układu oddechowego. *Współczesne Pielęgniarstwo i Ochrona Zdrowia* 2015, 4(1): 2.
11. Brożek B, Damps-Konstańska I, Schiller M, Krajnik M. Czynniki wpływające na prognozowanie w przewlekłej obturacyjnej chorobie płuc (POChP). *Medycyna Paliatywna w praktyce* 2015, 9(1): 39-45.
  12. Budd D.C, Holmes A.M. Targeting TGF $\beta$  superfamily ligand accessory proteins as novel therapeutics for chronic lung disorders. *Pharmacol Ther* 2012, 135(3): 279–291.
  13. Camiciottoli C, Bigazzi F, Bartolucci M, Cestelli L, Paoletti M, Diciotti S, Cavigli E, Magni C, Buonasera L, Mascalchi M, Pistolesi M. BODE-index, modified BODE-index and ADO-score in chronic obstructive pulmonary disease: relationship with COPD phenotypes and CT lung density changes. *COPD* 2012, 9(3): 297–304.
  14. Christmas K.M, Patik J.C, Khoshnevis S, Diller K.R, Brothers R.M. Sustained cutaneous vasoconstriction during and following cyrotherapy treatment: Role of oxidative stress and Rhokinase, *Microvascular Research*. *Microvasc Res* 2016, 106: 96-100.
  15. Cichońska M, Maciąg D, Pypeć U, Wasilewska J. Postawy zdrowotne i zachowania chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc, a ich wiek. *Polish Journal of Health and Fitness* 2015, 1: 13-32.
  16. Ciemniwska-Gorzela S, Funkcja stawu kolanowego po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego: rozprawa doktorska, Poznań 2010.
  17. Clemson L, Singh M.F, Bundy A, Cumming R.G, Weissel E, Munro J, Manollaras K, Black D. U osób starszych. *Aust Zajmij Ther J* 2010, 57: 42-50.
  18. Cozette M, Lepretre P.M, Doyle C, Weissland T. Wskaźniki wytrzymałości izokinetycznej: metody konwencjonalne, aktualne ograniczenia i perspektywy. *Przód fizjoterapii* 2019, 21(10): 567.
  19. Cruz-Jentoft A.J, Baeyens J.P, Bauer J.M, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin F.C, Michel J.P, Rolland Y, Schneider S.M, Topinkova E, Vandewoude M, Zamboni M. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis:

- Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010, 39(4): 412-423.
20. Dahal B.K, Heuchel R, Pullamsetti S.S, Wilhelm J, Ghofrani H.A, Weissmann N, Seeger W, Grimminger F, Schermuly R.T. Hypoxic pulmonary hypertension in mice with constitutively active platelet-derived growth factor receptor- $\beta$ . *Pulm Circ* 2011, 1(2): 259–268.
  21. Dallmeijer A.J, Rameckers E.A, Houdijk H, Groot S, Scholtes V.A, Becher J.G. Isometric muscle strength and mobility capacity in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation* 2017, 39(2): 135-142.
  22. Damiano D.L. Progressive resistance exercise increases strength but does not improve objective measures of mobility in young people with cerebral palsy. *J Physiother* 2014, 60(1): 58.
  23. Damps-Konstańska I, Cynowska B, Kuziemski K, Krakowiak P, Jassem E. Zintegrowany model opieki nad chorymi na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP) w praktyce lekarza rodzinnego. *Forum Medycyny Rodzinnej* 2012, 6(1): 14–23.
  24. Damps-Konstańska I, Kostrzewski R. Opieka paliatywna u chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc. *Medycyna Paliatywna w Praktyce* 2017, 11(3): 91–95.
  25. Davoodi M, Rezvankhah B, Moghadam K.G, Taheri A.P.H. Występowanie i czynniki predykcyjne zatorowości płucnej u chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc w okresie zaostrzenia. *Adv Respir Med* 2018, 86: 168-171.
  26. de Groot S, Dallmeijer A.J, Bessems P.J, Lamberts M.L, van der Woude L.H, Janssen T.W. Comparison of muscle strength, sprint power and aerobic capacity in adults with and without cerebral palsy. *J Rehabil Med* 2012, 44(11): 932–938.
  27. Dewhurst S, Macaluso A, Gizzi L, Felici F, Farina D, De Vito G. Effects of altered muscle temperature on neuromuscular properties in young and older women. *European Journal of Applied Physiology* 2010, 108(3): 451-458.
  28. Dębowski T. Minimalna różnica istotna klinicznie (MCID) dla zmniejszenia częstości zaostrzeń przewlekłej obturacyjnej choroby płuc – czyli, która terapia jest w rzeczywistości odczuwana przez chorego. *Alergologia Polska – Polish Journal of Allergology* 2017, 4(1): 32-38.



29. Divo M, Cote C, de Torres J.P, Casanova C, Marin J.M, Pinto-Plata V, Zulueta J, Cabrera C, Zagaceta J, Hunninghake G, Celli B. Comorbidities and risk of mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2012, 186(2): 155–161.
30. Fabiś J. Wpływ treningu izokinetycznego na moment siły mięśni prostowników i zginaczy kolana u chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego za pomocą ścięgien zginaczy. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2007, 5(6), 9: 527-531.
31. Fan J.Z, Liu X, Ni G.X. Prędkość kątowna wpływa na siłę mięśni tułowia i aktywację EMG podczas izokinetycznej rotacji osiowej. *Biomed Res Int* 2014: 623191.
32. Filipaska K. Wybrane aspekty opieki pielęgniarskiej w opiece nad pacjentem w podeszłym wieku z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc - studium przypadku. *Innowacje w Pielęgniarstwie i Naukach o Zdrowiu* 2016, 4(1): 41-49.
33. Gao F, Chambon P, Offermanns S, Tellides G, Kong W, Zhang X, Li W. Disruption of TGF- $\beta$  signaling in smooth muscle cell prevents elastase-induced abdominal aortic aneurysm. *Biochem Biophys Res Commun* 2014, 454(1): 137-143.
34. Garth A.K, Newsome C.M, Simmance N, Crowe T.C. Nutritional status, nutrition practices and post complications in patients with gastrointestinal cancer. *J. Hum. Nutr. Diet* 2010, 23(4): 393–401.
35. Gąsior J. S, Jeleń P, Pawłowski M, Bonikowski M. Trening siłowy w rehabilitacji osób dorosłych z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Aktualności neurologiczne* 2016, 16(1): 29-36.
36. Gębka D, Kędziora-Kornatowska K. Korzyści z treningu zdrowotnego u osób w starszym wieku. *Probl Hig Epidemiol* 2012, 93(2): 256-259.
37. Gilowska I. CXCL8 (interleukina 8) – główny mediator stanu zapalnego w przewlekłej obturacyjnej chorobie płuc? *Postepy Hig Med Dosw (online)* 2014, 68: 842-850.
38. Gładka A, Zatoński T. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na choroby układu oddechowego. *Problemy Nauk Biologicznych* 2016, 65(4), 313: 573-582.

39. Giulio V, Giovanni B.A, Roelof W.K. Wieloskładnikowy trening fitness poprawia ekonomię chodzenia u starszych osób. *Medycyna i nauka w sporcie i ćwiczeniach* 2016, 48(7): 1365-1370.
40. Gore B, Izikki M, Mercier O, Dewachter L, Fadel E, Humbert M, Darteville P, Simonneau G, Naeije R, Lebrin F, Eddahibi S. Key role of the endo-thelial TGF- $\beta$ /ALK1/endoglin signaling pathway in humans and rodents pulmonary hypertension. *PLoS One* 2014, 9(6): e100310.
41. Gorwa J, Kabacińska J, Murawa M, Mączyński J, Dworak L. Parametry wysokości pionowego a wartości momentów siły mięśniowej kończyn dolnych tancerzy zawodowych. *Aktualne Problemy Biomechaniki* 2017, 13: 21-28.
42. Gościcka M. Ocena akceptacji choroby przewlekłej na przykładzie pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc. *Innowacje w Pielęgniarstwie i Naukach o Zdrowiu* 2016, 2: 63-78.
43. Górecka D, Puścińska E. Profilaktyka przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Pneumonologia i Alergologia Polska* 2011, 79(3): 239-245.
44. Grygorowicz M, Głowacka A, Wiernicka M, Kamińska E. Kompleksowa ocena fizjoterapeutyczna podstawą profilaktyki pierwotnej urazów sportowych. *Nowiny Lekarskie* 2010, 79(3): 240-244.
45. Grzegorzczak M, Dubaniewicz A, Żak A, Żak M. Cyfrowa analiza szmerów oddechowych u osób zdrowych i w przewlekłej obturacyjnej chorobie płuc. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 2013, 19(2): 89–94.
46. Grzelewska-Rzymowska I, Górski P. Całościowa ocena przewlekłej obturacyjnej choroby płuc według raportu GOLD 2011. *Pediatrics i Medycyna Rodzinna* 2013, 9(2): 135–143.
47. Gutknecht P, Trzeciak B.G, Siebert J. Wiedza pacjentów na temat przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Family Medicine & Primary Care Review* 2014, 16(2): 99-100.
48. Hawkins N.M, Khosla A, Virani S.A, McMurray J.J.V, FitzGerald J.M. B-type natriuretic peptides in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *BMC Pulm Med* 2017, 17(1): 11.

49. Holland A.E, Hill C.J, Jones A.Y, McDonald C.F. Breathing exercises for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2012, 17(10): CD008250.
50. Hsu J.H, Liou S.F, Yang S.N, Wu B.N, Dai Z.K, Chen I.J, Yeh J.L, Wu J.R. B-type natriuretic peptide inhibits angiotensin II-induced proliferation and migration of pulmonary arterial smooth muscle cells. *Pediatr Pulmonol* 2014, 49(8): 734–744.
51. Huang T.T, Wentylator L.H, Gao D, Xia Q, Zhang M. Postępy w technologii izokinetycznej w testowaniu i treningu do oceny funkcji mięśni. *Fa Yi Xue Za Zhi* 2013, 29(1): 49-52.
52. Iborra-Egea O, Gálvez-Montón C, Roura S, Perea-Gil I, Prat-Vidal C, Soler-Botija C, Bayes-Genis A. Mechanisms of action of sacubitril/valsartan on cardiac remodeling: a systems biology approach. *NPJ Syst Biol Appl* 2017, 3: 12.
53. Jankowska-Polańska B, Kasprzyk M, Chudziak A, Uchmanowicz I. Wpływ akceptacji choroby na jakość życia pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc (POChP). *Pneumonol Alergol Pol* 2016, 84: 3-10.
54. Jassem E, Górecka D, Krakowiak P, Kozielski J, Słomiński J.M, Krajnik M, Fal A.M. Zintegrowana opieka medyczna u chorych na zaawansowaną przewlekłą obturacyjną chorobę płuc. *Pneumonol. Alergol. Pol* 2010, 78(2): 126–132.
55. Jassem E, Damps-Kostańska I, Janowiak P. Założenia zintegrowanej opieki dla chorych na zaawansowaną przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP). *Medycyna Paliatywna w Praktyce* 2013, 7(2): 37-40.
56. Jassem E, Damps-Kostańska I. Rola specjalisty medycyny paliatywnej w leczeniu chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc. *Medycyna Paliatywna w Praktyce* 2014, 8(4): 152–156.
57. Jastrzębski D. Rehabilitacja oddechowa – nowe możliwości. *Rehabilitacja w praktyce* 2015, 3: 28-29.
58. Jones P.W, Price D, van der Molen T. Role of clinical questionnaires in optimizing every day care in chronic obstructive pulmonary disease. *Int. J. COPD* 2011, 6: 289–296.

59. Kaźmierczak U, Radziwińska A, Dzierżanowski M, Bułatowicz I, Strojek K, Srokowski G, Zukow W. Korzyści z podejmowania regularnej aktywności fizycznej przez osoby starsze = The benefits of regular physical activity for the elderly. *Journal of Education, Health and Sport* 2015, 5(1): 56-68.
60. Kleniewska A, Walusiak-Skorupa J, Piotrowski W, Marcinkiewicz A, Szcześniak K, Wiszniewska M. Physicians' knowledge on the work-related chronic obstructive pulmonary disease. *Med Pr* 2016, 67(3): 375-384.
61. Klimiuk K, Wojszel Z.B, Gałuj E, Bień B. Problemy diagnostyczne i terapeutyczne wybranych chorób układu oddechowego u osób w podeszłym wieku. *Geront. Pol* 2011, 19(1): 7-1.
62. Korczyński P, Górka K, Jankowski P, Kosiński J, Kudas A, Sułek K, Jankowska M, Jaśkiewicz K, Krenke R. Akcja spirometrii w przestrzeni publicznej dla wczesnego wykrywania POChP — szansa czy złudna nadzieja? *Adv Respir Med* 2017, 85: 143-150.
63. Kovalenko S.V, Dorofiejew A.E. Ekspresja antygenów mucyn MUC 2, 3 i 4 w błonie śluzowej oskrzeli chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc w okresie zaostrzenia — doniesienie wstępne. *Adv Respir Med* 2017, 85: 3-7.
64. Kozak-Szkopek E. Ocena kliniczna chorego w podeszłym wieku z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc. *Gerontologia Polska* 2007, 15(3): 61-68.
65. Krion R, Kuziemska K. Rozpowszechnienie palenia tytoniu i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc w Polsce. *Forum Medycyny Rodzinnej* 2017, 11(6): 263-269.
66. Kristensena O.H, Stenager E, Dalgas U. Siła mięśni i hemiplegia po udarze: systematyczny przegląd oceny siły mięśni i upośledzenia siły mięśni. *Arch Phys Med Rehabil* 2017, 98(2): 368-380.
67. Kropielnicka K, Dziubek W, Bulińska K, Stefańska M, Wojcieszczyk-Latos J, Jasiński R, Pilch U, Dąbrowska G, Skórkowska-Telichowska K, Kałka D, Janus A, Zywar K, Paszkowski R, Rachwałik A, Woźniewski M, Szuba A. Wpływ treningu fizycznego na funkcję mięśni i dystans chodzenia w objawowej chorobie tętnic obwodowych u osób starszych. *Biomed Res Int* 2018, 2018: 1937527.

68. Kropornicka B, Baczevska B, Czerwonka E, Nowicka E, Daniluk J. Zachowania zdrowotne pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie* 2014, 15, 12(2): 99-112.
69. Krzeszowiak J, Pawlas K. Pył zawieszony (PM<sub>2,5</sub> oraz PM<sub>10</sub>), właściwości oraz znaczenie epidemiologiczne ekspozycji krótko i długookresowej dla chorób układu oddechowego oraz krążenia. *Medycyna Środowiskowa - Environmental Medicine* 2018, 21(2): 7-13.
70. Krzywicka-Michałowska M, Dylewicz P, Wilk M, Borowicz-Bieńkowska S, Przywarska I, Sobczak D. Ocena efektów treningu fizycznego z zastosowaniem dodatkowego obciążenia kończyn w trakcie wczesnej rehabilitacji pacjentów po leczonym interwencyjnie ostrym zespole wieńcowym. *Folia Cardiologica* 2015, 10(6): 395-400.
71. Kubińska Z, Pańczuk A, Baj-Korpak J. Wybrane aspekty aktywności fizycznej podejmowanej przez uczestników Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Białej Podlaskiej. *Rozprawy Społeczne* 2016, 10(1): 73-79.
72. Kubisa A.M, Kubisa B.K, Grodzki T.P, Piotrowska M, Peregud-Pogorzelska M. Zmiany w sercu po przeszczepieniu płuc z powodu włóknienia z towarzyszącym nadciśnieniem płucnym. *Folia Cardiologica* 2018, 13(1): 59-63.
73. Kuna P, Batura-Gabryel H, Fal A, Jassem E, Filiak K.J, Michalak M, Radziszewski P, Wardyn, Życińska K. Bromek aklidyny w leczeniu POChP-opinia interdyscyplinarnej grupy roboczej. *Pneumonol. Alergol. Pol* 2014, 82(3): 1-10.
74. Kupcewicz E, Abramowicz A. Ocena jakości życia chorych z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc. *Hygeia Public Health* 2014, 49(4): 805-812.
75. Kupcewicz E, Abramowicz A. Wpływ wybranych czynników socjodemograficznych na stopień akceptacji choroby i poziom satysfakcji z życia u pacjentów leczonych z powodu przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Hygeia Public Health* 2015, 50(1): 142-148.
76. Kurpaska M, Krzesiński P, Gielerak G, Stańczyk A, Piotrowicz K, Uziębło-Życzkowska, Skrobowski A. Korzystny wpływ terapii hipotensyjnej na zdolność

- do wykonania wysiłku ocenianą w 6-minutowym teście marszowym w obserwacji rocznej. *Folia Cardiologica* 2018, 13(2): 128-136.
77. Kuziemski K, Barczyk A. Tiotropium w leczeniu POChP — historia i perspektywy. *Adv Respir Med* 2017, 85: 26–37.
  78. Kuziemski K, Chazan R, Doboszyńska A, Domagała-Kulawik J, Jassem E, Porzezińska M, Kuna P, Kędziora K, Ziara D. Terapia trójlekowa przewlekłej obturacyjnej choroby płuc z jednego inhalatora a przestrzeganie zaleceń terapeutycznych. *Adv respir Med* 2018, 86: 42-49.
  79. Lamprecht B, McBurnie M.A, Vollmer W.M, Gudmundsson G, Welte T, Nizankowska-Mogilnicka E, Studnicka M, Bateman E, Anto J.M, Burney P, Mannino D.M, Buist S.A. COPD in never-smokers: results from the population-based BOLD study. *Chest* 2011, 139(4): 752–763.
  80. Landis S.H, Muellerova H, Mannino D.M, Menezes A.M, Han M.K, van der Molen T, Ichinose M, Aisanov Z, Oh YM, Davis K.J. Continuing to Confront COPD International Patient Survey: Methods, COPD prevalence, and disease burden in 2012–2013. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2014, 6(9): 597–611.
  81. Lee H.S, Park J.H. Wpływ nordic walking na funkcje fizyczne i depresję u osób słabych w wieku 70 lat i starszych. *J Phys Ther Sci* 2015, 27: 2453-2456.
  82. Lembicz M, Gabryel P, Brajer-Luftmann B, Dyszkiewicz W, Batura-Gabryel H. Choroby współistniejące u chorych operowanych z powodu raka płuc. Czy mamy odpowiednie narzędzia do ich oceny? *Adv Respir Med* 2017, 85: 55-63.
  83. Lewandowska A, Leśniak A, Wiencko A, Osmólski M, Skiepmo M. Przydatność skal MRC oraz CAT w ocenie skuteczności rehabilitacji u pacjentów z POChP. *Rehabilitacja w praktyce* 2016, 4: 69-71.
  84. Lewczuk T, Ogrodnik J. Problemy pielęgnacyjne osób starszych chorych na Przewlekłą Obturacyjną Chorobę Płuc. *Zeszyty Naukowe Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży* 2013, 51: 49-56.
  85. Lipowska M, Bidzan M, Mazurkiewicz N, Lipowski M. Jakość życia w przewlekłej widocznej chorobie a poczucie stygmatyzacji u młodych kobiet. *Przegląd Psychologiczny* 2015, 58(3): 303-323.

86. Lopez-Campos J.L, Cejudo P, Marquez E. Modified BODE indexes: Agreement between multidimensional prognostic system based on oxygen uptake. *Inter J of COPD* 2010, 133–140.
87. Majsnerowska A, Skoczylas I, Nowowiejska-Wiewióra A, Poloński L. Nadciśnienie płucne w przebiegu chorób płuc. *Choroby Serca i Naczyń* 2018, 15(2): 86-90.
88. Mandecka A, Regulska-Ilow B. Stan odżywienia i planowanie interwencji dietetycznych u pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc. *Probl Hig Epidemiol* 2016, 97(3): 187-196.
89. Marciniak K, Maciaszek J, Cyma-Wejchenig M, Szecklicki R, Maćkowiak Z, Sadowska D, Stemplewski R. Wpływ treningu Nordic Walking z kijkami ze zintegrowanym amortyzatorem oporowym na sprawność funkcjonalną kobiet w wieku powyżej 60 lat. *Int J Environ Res Public Health* 2020, 17(7): 2197.
90. Martins R.A, Coelho-e-Silva M.J, Pindus D.M, Verissimo M.T. Wpływ treningu siłowego i aerobowego na sprawność funkcjonalną, nastrój i związek otluszczenia z nastrojem u osób starszych. *J Sports Med Fiz Dopasowanie* 2011, 51: 489-496.
91. Martone A.M, Marzetti E, Calvani R, Picca A, Tosato M, Santoro L, Di Giorgio A, Nesci A, Sisto A, Landi F. Ćwiczenia i spożycie białka: synergistyczne podejście do sarkopenii. *BioMed Res Int* 2017: 2672435.
92. Michnik R, Jurkojc J, Czapla K. Biomechaniczna ocena zdolności siłowych siatkarek. *Modelowanie inżynierskie* 2012, 44: 217-222.
93. Miłkowska-Dymanowska J, Białas A.J, Laskowska P, Górski P, Piotrowski W.J. Zaburzenia funkcji tarczycy w przewlekłej obturacyjnej chorobie płuc. *Adv Respir Med* 2017, 85: 28-34.
94. Miravittles M, Worth H, Cataluña J.J.S, Price D, De Benedetto F, Roche N, Godtfredsen N.S, van der Molen T, Löfdahl C.G, Padullés L, Ribera A. Observational study to characterise 24-hour COPD symptoms and their relationship with patient-reported outcomes: results from the ASSESS study. *Respiratory Res* 2014, 15(1): 122.

95. Mullerova H, Maselli D.J, Locantore N, Vestbo J, Hurst J.R, Wedzicha J.A, Bakke P, Agusti A, Anzueto A. Hospitalized exacerbations of COPD: risk factors and outcomes in the ECLIPSE cohort. *Chest* 2015, 147(4): 999–1007.
96. Mziray M, Żuralska R, Książek J, Domagała P. Malnutrition among the elderly, the methods of asses-sment, prevention and treatment. *Ann. Acad. Med. Gedan* 2016, 46: 95-105.
97. Mziray M, Żuralska R, Siepsiak M, Domagała P. Sarkopenia – marginalizowany problem wieku podeszłego. *Pielęgniarstwo Polskie* 2017, 3(65): 506-513.
98. Nicola A.H, Gulshan S, Sharafkhaneh A. COPD in the elderly patient. *Semin Respir Crit Care Med* 2010, 31(5): 596-606.
99. Niewiadomska E, Kowalska M, Zejda J.E. Choroby współistniejące w przypadku śródmiąższowych chorób płuc u dorosłych mieszkańców województwa śląskiego. *Medycyna Pracy* 2016, 67(6): 751-763.
100. Niewiadomska E. Choroby współistniejące z astmą i przewlekłą obturacyjną chorobą płuc w populacji dorosłych mieszkańców województwa śląskiego. *Annales Academiae Medicae Silesiensis* 2019, 73: 96-106.
101. Nowak P, Zasowska-Nowak A. Zapalenie płuc u chorych w opiece paliatywnej. Część I - zasady diagnostyki i leczenia, szpitalne i pozaszpitalne zapalenie płuc. *Medycyna Paliatywna* 2018, 10(4): 159-175.
102. Olesiewicz T, Knapp M, Tycińska A, Sawicki T, Lisowska A. Zastosowanie ultrasonografii przezklatkowej płuc w różnicowaniu kardiologicznych i niekardiologicznych przyczyn duszności. *Folia Cardiologica* 2017, 12(5): 459-466.
103. Panek M, Kuna P. Najnowsze leki stosowane w farmakoterapii wziewnej chorób obturacyjnych układu oddechowego. *Lekarz POZ* 2016, 1: 69-75.
104. Pierzchała W, Barczyk A, Górecka D, Śliwiński P, Zieliński J. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Chorób Płuc rozpoznawania i leczenia przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP). *Pneumonologia i Alergologia Polska* 2010, 78(5): 323-326.



105. Pietrzak J, Sinkiewicz W, Świątkiewicz I, Balak W, Banach J. Niewydolność serca i współistniejąca przewlekła obturacyjna choroba płuc — problemy diagnostyczne i terapeutyczne. *Folia Cardiologica Excerpta* 2011, 6(1): 28-35.
106. Pop T, Kwasizur K, Zajkiewicz K. Rehabilitacja chorych z Przewlekłą Obturacyjną chorobą płuc (POChP). *Young Sport Science of Ukraine* 2011, 3: 201-210.
107. Rachoń M, Biernacka B. Ocena poziomu wiedzy studentów pielęgniarstwa I roku studiów licencjackich i I roku studiów magisterskich na temat Przewlekłej Obturacyjnej Choroby Płuc. *Aspekty Zdrowia i Choroby* 2016, 1(4): 17-29.
108. Rocznik W, Babuška-Rocznik M, Łabuda A, Rocznik A. Recommendations for rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Problemy Medycyny Rodzinnej* 2014, 16(1-2): 55-61.
109. Rodrigues F.M, Demeyer H, Hornikx M, Camillo C.A, Calik-Kutukcu E, Burtin C, Janssens W, Troosters T, Osadnik C. Trafność i rzetelność pomiaru tensometrycznego siły woli mięśnia czworogłowego u chorych na POChP. *Chron Respir Dis* 2017, 14(3): 289-297.
110. Rogoza K, Kosiak W. Przydatność ultrasonograficznego badania płuc w rozpoznawaniu przyczyn nasilenia przewlekłej duszności. *Pneumonol Alergol Pol* 2016, 84: 38-46.
111. Roman-Liu D. Zapobieganie rozwojowi dolegliwości mięśniowo-szkieletowych w populacji pracowników starszych. *Bezpieczeństwo Pracy: nauka i praktyka* 2015, 4: 18-21.
112. Romeiser L.L. Children with cerebral palsy are just like everyone else: what you train is what you get. *Dev Med Child Neurol* 2013, 55(9): 777.
113. Rosińczuk J, Kazimierska-Zajac M, Kojtych-Dubec K. Opieka logopedyczna nad dzieckiem z zespołem Guillaina–Barré’a. *Forum logopedyczne* 2016, 24: 115-121.
114. Rysiak E, Osińska M, Kazberuk A. Rehabilitacja oddechowa w POChP. *Farmacja współczesna* 2017, 10: 115-120.

115. Santos A.N, Pavao S.L, Avivila M.A, Salvini T.F, Rocha N. Wiarygodność oceny izokinetycznej w trybie pasywnym dla zginaczy i prostowników kolana u dzieci zdrowych. *Braz J. Phys Ther* 2013, 17(2): 112-120.
116. Sawicka A, Marinowska-Suchowierska E. Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) w wieku podeszłym. *Postępy Nauk Medycznych* 2011, 24(5): 435-439.
117. Şen S.B, Demir S.Ö, Ekiz T, Özgirgin N. Wpływ obustronnego izokinetycznego treningu wzmacniającego na parametry funkcjonalne, chód i jakość życia pacjentów po udarze. *Int J Clin Exp Med* 2015, 8(9): 16871-16879.
118. Siedliński M, Tingley D, Lipman P.J, Cho M.H, Litonjua A.A, Sparrow D, Bakke P, Gulsvik A, Lomas D.A, Anderson W, Kong X, Rennard S.I, Beaty T.H, Hokanson J.E, Crapo J.D, Lange C, Silverman E.K. Dissecting direct and indirect genetic effects on obstructive pulmonary disease (COPD) susceptibility. *Hum Genet* 2013, 132(4): 431–441.
119. Son S.M, Kang K.W, Lee N.K, Nam S.H, Kwon J.W, Kim K. Wpływ izokinetycznego treningu siłowego jednostronnego stawu skokowego na ipsilateralną równowagę stojącą na jednej nodze u dorosłych. *J Phys ther Sci* 2013, 25(10): 1313-1315.
120. Song M.S, Yoo Y.K, Choi C.H, Kim N.C. Wpływ nordic walking na skład ciała, siłę mięśni i profil lipidowy u starszych kobiet. *Pielęgniarki azjatyckie Res* 2013, 7: 1-7.
121. Song S, Zhang M, Yi Z, Zhang H, Shen T, Yu X, Zhang C, Zheng X, Yu L, Ma C, Liu Y, Zhu D. The role of PDGF-B/TGF-b1/neprilysin network in regulating endothelial-to-mesenchymal transition in pulmonary artery remodeling. *Cell Signal* 2016; 28(10): 1489–1501.
122. Sova M, Genzor S, Kolek V, Čtvrtlik F, Asswad H.G, Zela O, Tauber Z. Nasierdziowa tkanka tłuszczowa u chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc jako wskaźnik wysokiego ryzyka zachorowania na choroby układu sercowo-naczyniowego. *Adv Respir Med* 2018, 86: 314-318.
123. Spruit M.A, Singh S.J, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, Hill K, Holland A.E, Lareau S.C, Man W.D, Pitta F, Sewell L, Raskin J, Bourbeau J, Crouch R, Franssen F.M, Casaburi R, Vercoulen J.H, Vogiatzis I, Gosselink R,

- Clini E.M, Effing T.W, Maltais F, van der Palen J, Troosters T, Janssen D.J, Collins E, Garcia-Aymerich J, Brooks D, Fahy B.F, Puhan M.A, Hoogendoorn M, Garrod R, Schols A.M, Carlin B, Benzo R, Meek P, Morgan M, Rutten-van Mölken M.P, Ries A.L, Make B, Goldstein R.S, Dowson C.A, Brozek J.L, Donner C.F, Wouters E. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013, 188(8): e13-e64.
124. Stelmach A, Wanot B, Biskupek-Wanot A. Przewlekła obturacyjna choroba płuc – niedoceniany problem. *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej* 2016, 17(2): 69-79.
125. Straburzyńska-Migaj E. Trening fizyczny w niewydolności serca. *Kardiologia po Dyplomie* 2009, 8(10): 73-78.
126. Suissa S, Dell'Aniello S, Ernst P. Long-term natural history of chronic obstructive pulmonary disease: severe exacerbations and mortality. *Thorax* 2012, 67(11): 957–963.
127. Szczegielniak J. (red.) Fizjoterapia w przewlekłej obturacyjnej chorobie płuc (POChP). Opole 2016.
128. Szczegielniak J, Bogacz B, Łuniewski J, Majorczyk E, Tukiendorf A, Czerwiński M. Wpływ fizjoterapii na stężenie interleukiny-8 u chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc. *Pneumonol. Alergol. Pol* 2011, 79(3): 184–188.
129. Szeliga E, Bal-Bocheńska M, Czenczek E. Porównanie różnych metod rehabilitacji u pacjentów z POChP. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie* 2011, 4: 439–451.
130. Szlachta P, Okulski W. Dynamometria izokinetyczna. *Człowiek, czas, przestrzeń wzajemne oddziaływania* 2014: 19-20.
131. Szymański F.M. Choroby układu sercowo-naczyniowego w grupie pacjentów z POChP lub astmą — o czym warto pamiętać w codziennej praktyce? *Forum Medycyny Rodzinnej* 2017, 11(4): 156-167.
132. Śliwiński P. Rehabilitacja oddechowa. *Pneumonologia i Alergologia Polska* 2007, 75(2): 113-114.

133. Śliwiński P. Rehabilitacja – najskuteczniejsza metoda leczenia chorych na POChP. *Terapia* 2010, 9: 55-60.
134. Śliwiński P, Górecka D, Jassem E, Pierzchała W. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Chorób Płuc dotyczące rozpoznania i leczenia przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Pneumonologia i Alergologia Polska* 2014, 82(3): 227–263.
135. Tabala K, Wrzesińska M, Stecz P, Kocur J. Cechy osobowości, poziom lęku i style radzenia sobie ze stresem u osób chorych na astmę oskrzelową i przewlekłą obturacyjną chorobę płuc – analiza porównawcza. *Psychiatr. Pol* 2016, 50(6): 1167-1180.
136. Takeshima N, Islam M.M, Rogers M.E, Rogers N.L, Sengoku N, Koizumi D, Kitabayashi Y, Imai A, Naruse A. Wpływ nordic walking w porównaniu z konwencjonalnym marszem i ćwiczeniami oporowymi na kondycję osób starszych. *J Sport Sci Med* 2013, 12: 422-430.
137. Taylor N.F, Dodd K.J, Baker R.J, Willoughby K, Thomason P, Graham H.K. Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 2013, 55: 806–812.
138. Ulenberg A, Ulenberg, Felsmann M, Humańska M, Ponczek D, Dąbrowska M. Education as an important aspect in the care of a patient with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). *Journal of Education, Health and Sport* 2017, 7(8): 1324-1335.
139. Vieira A, Oliveira A.B, Costa J.R, Herrera E, Salvini T.F. Cold modalities with different thermodynamic properties have similar effects on muscular performance and activation, *Int. J. Sports Med* 2013, 34(10): 873-880.
140. Wanot B, Stelmach A, Biskupek-Wanot A. Chronic Obstructive Pulmonary Disease – therapy and rehabilitation. *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej* 2018, 31(6): 136-142.
141. Wesołowski A, Kamzol-Kończak D, Maćkowiak M, Wesołowska I. Efektywność kosztowa rehabilitacji oddechowej w leczeniu Przewlekłej

- Obturacyjnej Choroby Płuc z perspektywy płatnika i świadczeniodawcy w systemie ochrony zdrowia. *Nowiny Lekarskie* 2013, 82(4): 303–309.
142. Westcott W.L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep* 2012, 11(4): 209–216.
143. Wick M.J, Buesing E.J, Wehling C.A, Loomis Z.L, Cool C.D, Zamora M.R, Miller Y.E, Colgan S.P, Hersh L.B, Voelkel N.F, Dempsey E.C. Decreased neprilysin and pulmonary vascular remodeling in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2011, 183(3): 330–340.
144. Wyrzykowska N. Rehabilitacja po implantacji protezy onkologicznej z powodu mięsaka kości udowej – opis przypadku. *Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania* 2016, 2(19): 52-74.
145. Załęska M, Błasińska-Przerwa K, Onish K, Roszkowska-Śliż B, Roszkowski-Śliż K. Włóknienie śródpiersia z nadciśnieniem płucnym, jako rzadkie powikłanie sarkoidozy. *Pneumonol. Alergol. Pol* 2013, 81: 273-280.
146. Zapparoli F.J, Riberto M. Ocena izokinetyczna mięśni zginaczy i prostowników biodra: przegląd systematyczny *System. Rehabilitacja sportowa* 2017, 26(6): 556-566.
147. Zasowska-Nowak A, Ciałkowska-Rysz A. Kaszel – diagnostyka i terapia u chorych objętych opieką paliatywną. *Medycyna Paliatywna* 2018, 10(1): 19-23.
148. Zejda J, Brożek G. Przewlekła obturacyjna choroba płuc w Polsce – potrzeba populacyjnych badań epidemiologicznych. *Pneumonol Alergol Pol* 2016, 84(5): 1-2.
149. Zembroń-Łacny A, Dziubek W, Rogowski W, Skorupka E, Dąbrowska G. Sarcopenia: monitoring, molecular mechanisms, and physical intervention. *Physiological Research* 2014, 63: 683-691.
150. Zieliński M, Gąsior M, Jastrzębski D, Desperak A, Ziora D. Wpływ pyłowych zanieczyszczeń powietrza na zaostrzenia przewlekłej obturacyjnej choroby płuc w zależności od średnicy aerodynamicznej i czasu od ekspozycji w grupie pacjentów z chorobami układu sercowo-naczyniowego. *Adv Respir Med* 2018, 86: 227-233.

151. Złotnik A, Bloch A, Kałużna A, Hagner-Derengowska M, Kałużny K, Zukow W. The impact of pulmonary rehabilitation on the parameters of spirometric examination and six-minute walk test of patients with respiratory dysfunctions (chronic obstructive pulmonary disease or asthma) aged 50-70 years hospitalized at the Pulmonary Rehabilitation Ward in the Pulmonary-Cardiological Specialistic Hospital in Torzym. *Journal of Education, Health and Sport* 2018, 8(12): 911-918.
152. Żuk M, Dębiec-Bąk A, Pawik Ł, Skrzek A. Wpływ masażu głębokiego na mięsień czworogłowy piłkarzy nożnych, w badaniach izokinetycznych i termowizyjnych = Influence of massage deep in quadriceps soccer players, in isokinetic testing and thermography. *Journal of Education, Health and Sport* 2016, 6(7): 236-251.

## **STRESZCZENIE**

### **WPLYW TRENINGU OPOROWEGO NA EFEKTY FIZJOTERAPII CHORYCH NA PRZEWLEKŁĄ OBTURACYJNĄ CHOROBE PŁUC**

**SŁOWA KLUCZOWE:** fizjoterapia, POChP, trening izokinetyczny, tolerancja wysiłku

**WSTĘP:** U chorych na POChP występuje ograniczenie możliwości wysiłkowych i aktywności fizycznej. Przyczyny nietolerancji wysiłku fizycznego związane są m.in. ze zmniejszeniem masy i osłabieniem siły mięśni szkieletowych. Wykazano dotychczas u tych chorych ścisły związek pomiędzy brakiem możliwości kontynuacji wysiłku fizycznego, a zmęczeniem mięśnia czworogłowego uda. W dostępnych badaniach zwraca się uwagę na konieczność poprawy siły mięśniowej w procesie fizjoterapii u chorych na POChP. Elementy treningu wytrzymałościowego i siłowego mogą być uzupełnieniem procesu fizjoterapii tych chorych, a prawidłowo dobrane ćwiczenia oporowe stanowić skuteczną i bezpieczną formę treningu w procesie usprawniania.

W dotychczasowym piśmiennictwie brak kompleksowych opracowań dotyczących efektów ćwiczeń oporowych na urządzeniach izokinetycznych w stosowanych programach usprawniania u chorych na POChP. Dlatego postanowiono przeprowadzić badania ukierunkowane na poprawę siły oraz wytrzymałości mięśni szkieletowych kończyn dolnych tych chorych.

**CEL PRACY:** Biorąc pod uwagę ograniczone możliwości wysiłkowe chorych na POChP, trening w warunkach izokinetycznych pozwala na dostosowanie obciążenia do indywidualnych możliwości chorego poprzez regulację szybkości ruchu, oporu oraz analizę szczegółowych wskaźników charakteryzujących pracę mięśni.

Celem pracy była ocena wpływu izokinetycznego treningu oporowego na tolerancję wysiłkową chorych na POChP.

**MATERIAŁ I METODY BADAŃ:** Badaniami objęto 100 chorych na POChP (50 kobiet i 50 mężczyzn, średnia wieku  $58 \pm 4,34$ ), leczonych w Szpitalu Specjalistycznym MSWiA im. św. Jana Pawła II w Głuchołazach na oddziale rehabilitacji pulmonologicznej i usprawnianych w Dziale Usprawniania Leczniczego. U wszystkich badanych w pierwszym dniu usprawniania oraz po jego zakończeniu wykonano badanie czynności wentylacyjnej płuc, tolerancji wysiłkowej, duszności oraz pomiar parametrów prędkościowo-siłowych

mięśni prostowników i zginaczy działających na staw kolanowy prawy kończyny dolnej dominującej w warunkach izokinetycznych. Wszyscy chorzy poddani zostali 3-tygodniowemu programowi kompleksowej fizjoterapii pulmonologicznej, a w grupie badanej s i w dodatkowo przeprowadzono izokinetyczny trening oporowy.

**WYNIKI:** W badaniach własnych stwierdzono osłabienie siły mięśnia czworogłowego uda u wszystkich badanych chorych. Wykazane osłabienie wpływa na zmniejszenie tolerancji wysiłkowej. Wprowadzenie i zastosowanie w programie rehabilitacji pulmonologicznej treningu izokinetycznego przyczyniło się do zwiększenia tolerancji wysiłkowej badanych chorych. W badaniach własnych wykazano zasadność zastosowania treningu izokinetycznego w fizjoterapii chorych na POChP. Ocena siły mięśniowej powinna być istotnym elementem badań czynnościowych u chorych na POChP przed wdrożeniem procesu usprawniania.

**WNIOSKI:**

1. W badaniach wykazano, że osłabienie siły wybranych mięśni szkieletowych kończyn dolnych wpływa na zmniejszenie tolerancji wysiłkowej badanych chorych na POChP. Wyniki wykazały istotną zależność między badaną siłą mięśniową, a tolerancją wysiłkową tych chorych.
2. Stwierdzono, że zastosowany w programie fizjoterapii izokinetyczny trening oporowy wpływa na poprawę wskaźników prędkościowo-siłowych mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego kończyny dolnej dominującej w warunkach izokinetycznych. Chorzy, którzy uczestniczyli w treningach izokinetycznych, pokonywali istotnie dłuższy dystans w końcowym teście 6-minutowego marszu.
3. W badaniach wykazano, że zastosowany rodzaj treningu izokinetycznego ma wpływ na poprawę tolerancji wysiłkowej w kompleksowym programie fizjoterapii chorych na POChP. Największą poprawę, dotyczącą pokonanego dystansu w końcowym teście 6-minutowego marszu, osiągnęli chorzy zakwalifikowani do treningu wytrzymałościowego.



## **ABSTRACT**

THE INFLUENCE OF THE RESISTANCE TRAINING ON PHYSIOTHERAPIST EFFECTS AND ITS PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

KEY WORDS: physiotherapy, COPD, isokinetic training, tolerance exertion

**INTRODUCTION:** Performance capacity and physical activity are limited among patients with COPD. The reason of physical activity intolerance is connected with, among others limitation of muscles' energy and weakness of skeletal muscles. Close link between a lack of physical activity continuation and fatigue of quadriceps were found up to now. All available research points out necessity of muscle energy improvement in physiotherapy among patients with COPD. Parts of endurance and strength workouts can be addition to physiotherapy among the patients. Properly adjusted resistance exercises represent safe and effective training in the process of recovery.

The recent literature shows the lack of complex publications that refer to the effects of resistance exercises on isokinetic equipment in applied recovery programmes for patients with COPD. That is why the research aimed to improvement of strength and resistance of lower limbs' skeletal muscles were conducted among the patients.

**OBJECTIVE:** Taking into consideration limitation of performance capacity among patients with COPD, isokinetic training enables to adjust load to individual patients' abilities by speed and resistance adjustment and analysis of detailed indicators featuring the work of the muscles.

The aim of the dissertation is the influence of isokinetic resistance training on exercise tolerance among patients with COPD.

**MATERIAL AND METHODS:** The study involved 100 patients with COPD (50 women and 50 men, the average age  $58 \pm 8,34$ ), treated in Specialised Hospital MSWiA by John Paul II in Głuchołazy in the pulmonary rehabilitation ward and treated in the Therapeutic Centre. All patients on the first and final rehabilitation day were subject to examination of the lung function, tolerance exertion, strength and speed measurement of flexor and extensor muscles operating on right ankle joint of the lower dominant limb in isokinetic conditions. The patients were subject to 3 weeks isokinetic training and complex pulmonary physiotherapy.

**RESULTS:** In our studies weakness of quadriceps among all examined patients was found. Indicated weakness has influence on increase tolerance exertion. Introduced and applied isokinetic training in pulmonology physiotherapy resulted in increased tolerance exertion among examined patients. In our studies reasonableness of applied isokinetic training in physiotherapy among patients with COPD is shown. Evaluation of muscular energy should be an essential element of the functional test among patients with COPD before applying recovery process.

**CONCLUSIONS:**

1. Research has shown that weakness of selected skeleton muscles of lower limbs has influence on reduced toleration exertion among patients with COPD. After completed 3 weeks of the complex pulmonary physiotherapy programme enriched with isokinetic training, improvement of strength and speed measurement of flexor and extensor muscles operating on right ankle joint of the lower dominant limb in isokinetic conditions has been observed. The results of the research prove significant dependence between muscles strength and tolerance exertion.
2. It is stated that in the physiotherapy programme, isokinetic resistance training has influence on skeleton muscles improvement and tolerance exertion among patients with COPD. The patients who took part in isokinetic training were able to cover a longer distance in a final 6 minutes walking check.
3. Research has shown that applied isokinetic training has influence on tolerance exertion improvement in the complex physiotherapy programme for patients with COPD. The biggest improvements refer to cover the distance in a final 6 minutes walking check achieved by the patients qualified for a strength training.