

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
WE WROCŁAWIU

mgr Marcin Janusiak

„REDUKCJA OPÓŹNIONEJ BOLESNOŚCI
MIĘŚNIOWEJ Z ZASTOSOWANIEM RÓŻNYCH FORM
REGENERACJI POWYSIŁKOWEJ W MIĘŚNIU
CZWOROGŁOWYM UDA ORAZ TRÓJGŁOWYM
ŁYDKI U KOSZYKARZY”

Rozprawa doktorska wykonana w Katedrze Sportu Paraolimpijskiego
Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu

Promotor
dr hab. Adam Kawczyński
prof. AWF

WROCŁAW 2021

Serdecznie dziękuję mojemu promotorowi Panu dr hab. Adamowi Kawczyńskiemu prof. AWF za inspirację tematem badania, opiekę naukową oraz okazane mi zaufanie.

Mojemu Tacie

Pracę tę poświęcam

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW	5
I WSTĘP	6
I 1. Charakterystyka piłki koszykowej	6
I 2. Charakterystyka mięśni i rodzaj pracy mięśniowej u koszykarza	7
I 3. Opóźniona bolesność mięśniowa (DOMS)	9
I 4. Metody badania bolesności mięśniowej.....	11
I 5. Formy regeneracji powysiłkowej	11
I 5.1 Kąpiel kontrastowa	12
I 5.2 Kąpiel lodowa.....	13
I 5.3 Trening regeneracyjny	14
II CEL PRACY	15
III PYTANIA BADAWCZE	16
IV MATERIAŁ I METODY BADAWCZE	17
IV 1. Grupa badawcza.....	17
IV 2. Metoda badawcza	17
IV 3. Opis sesji badawczych.....	18
IV 3.1. I grupa badawcza	19
IV 3.2. II grupa badawcza.....	20
IV 3.3. III grupa badawcza	22
IV 3.4. IV grupa badawcza	25
IV 4. Procedura pobrania krwi.	27
IV 5. Ocena wybranych parametrów sprawności fizycznej.....	28
IV 6. Analiza statystyczna	31
V WYNIKI	32
V 1. Podstawowe statystyki opisowe mierzonych zmiennych ilościowych wraz z testem normalności rozkładu.....	32
V 2. Różnice pomiędzy terapiami oraz warunkiem bez terapii w zakresie proggu wrażliwości na ból dla mięśnia trójgłowego łydki oraz czworogłowego uda.....	35
V 3. Różnice w zakresie mioglobiny przed meczem i po meczu w zależności od warunku terapeutycznego.....	38
V 4. Różnice w zakresie mioglobiny w obserwacjach pomiędzy grupami.....	41
V 5. Różnice w zakresie kinazy kreatynowej przed meczem i po meczu w zależności od warunku terapeutycznego.....	42
V 6. Różnice w zakresie kinazy kreatynowej w obserwacjach pomiędzy grupami.	45
VI DYSKUSJA	47
VII WNIOSKI	60
VIII PIŚMIENNICTWO	61
STRESZCZENIE	65
ABSTRACT	69

SPIS RYCIN I TABEL	72
Ryciny	72
Tabele	72
ZAŁĄCZNIKI	74

WYKAZ SKRÓTÓW

BMI – body mass index (wskaźnik masy ciała)

BT – brak terapii

CK – kinaza kreatynowa

DC – direct current (prąd stały)

DOMS – delayed onset muscle soreness (opóźniona bolesność mięśniowa)

FABS – fatty acid – binding protein (białko wiążące kwasy tłuszczowe)

HR – heart rate (częstotliwość rytmu serca)

Ig – immunoglobulina

IgM – immunoglobulina M (przeciwciała typu M)

IgG – immunoglobulina G (przeciwciała typu G)

IL-6 – interleukina-6

IL-10 – interleukina-10

KK – kąpiel kontrastowa

KL – kąpiel lodowa

Mb – mioglobina

NBA – National Basketball Association (amerykańsko – kanadyjska liga koszykarska)

P1 – pierwszy pomiar

P2 – drugi pomiar

P3 – trzeci pomiar

P4 – czwarty pomiar

P5 – piąty pomiar

P6 – szósty pomiar

P7 – siódmy pomiar

PPT – pressure pain thresholds (próg wrażliwości mięśnia na ból)

TIRI – thermal infrared imaging (termiczne obrazowanie w podczerwieni)

TR – trening regeneracyjny

VO2max – maksymalny pobór tlenu

3G – mięsień trójgłowy łydki

4G – mięsień czworogłowy uda

I WSTĘP

I 1. Charakterystyka piłki koszykowej

Koszykówka jest dynamiczną grą zespołową, o charakterze siłowo - szybkościowym, której tempo i precyzja sprawiają, że akcje często rozgrywają się w ułamkach sekund (Bompa i wsp., 2013). Skuteczność gry zespołowej zależy w dużej mierze od fizycznych możliwości sportowców (Cortis i wsp., 2011). Wysoką i szybkość na krótkich odcinkach są umiejętnościami niezbędnymi, ponieważ pojedyncza gra w koszykówkę zawiera do 50 skoków na gracza, podczas gdy około 10% ruchów w czasie gry to sprinty obejmujące 10-20 metrów (Drinkwater i wsp., 2008). Najnowocześniejsza technologia śledzenia pozwoliła trenerom i statystykom obserwować wyniki graczy NBA w czasie rzeczywistym, w tym odległość przebytą podczas gry. Zawodnik spędzający średnio 34 minuty na parkiecie pokonuje dystans 3,85km (NBA.com/stats). Według strony NBAMiner.com, która śledzi zaawansowane statystyki graczy, rekordzistą w sezonie 2015/16r. był Jimmy Butler z Chicago Bulls, który pokonywał dystans 4,41km na mecz. Zatem to nie wydolność a zdolność do szybkiego poruszania się i skakania tak wysoko, jak to tylko możliwe, determinuje wydajność gracza. Równie ważna jest jakość wykonywania innych działań technicznych, które są istotne w koszykówce: kontrataki, szybkie przejścia z obrony do ataku, rzuty z wysokości, walka o zbiórkę oraz defensywne zadania. W dyscyplinie tej, moc mięśni dolnej części ciała określana na podstawie wysokości skoku i przyspieszenia podczas krótkich sprintów (Castagna i wsp., 2007; Ben Abdelkrim i wsp., 2007; Erculj i wsp., 2010; Alemdaroğlu, 2012), ma ogromne znaczenie. Ruch jaki wykonują zawodnicy jest globalny, angażuje całe ciało, a nie tylko poszczególne jego części, odbywa się dodatkowo w dynamicznej asymetrii w wielu płaszczyznach. Sprint, krok odstawno - dostawny, gwałtowne zatrzymania i starty oraz zmiany kierunku biegu, wyskoki podczas oddawania rzutów czy zbiórkach w ataku i obronie, gra jeden na jeden - to główne czynności ruchowe jakie wykonuje koszykarz. Ruchy te są dodatkowo zakłócone przez czynniki zewnętrzne, np. przez przeciwników. Zasadne zatem jest przekonanie, że implikuje to znaczne obciążenie mięśni (głównie kończyn dolnych) pracą ekscentryczną (Moreira i wsp., 2014), w czasie której odruchy powstałe na skutek rozciągania rekrutują dodatkowe jednostki motoryczne, co obciąża elementy kurczliwe i rozciągliwe mięśnia prowadząc do

uwalniania energii sprężystej. Charakter gry i stopień obciążenia kończyn dolnych bardzo często prowadzi do przeciążeń. Podczas wysoku pionowego, który nierzadko decyduje o skuteczności gry koszykarza, kluczową rolę odgrywa mięsień czworogłowy uda. Warunkuje on siłę wysoku, tzn. jego zakres. Obok niego duże zaangażowanie wykazują także mięśnie łydki. Synchronizacja pracy mięśni kończyny dolnej (włącznie z grupą tylną mięśni uda) ma kluczowe znaczenie w efektywności wykonywania skoku i generowaniu siły.

I 2. Charakterystyka mięśni i rodzaj pracy mięśniowej u koszykarza

Mięsień czworogłowy uda należy do jednego z największych mięśni organizmu. Jest położony powierzchownie na przedniej części uda. Jest najsilniejszym prostownikiem stawu kolanowego oraz odpowiada za jego stabilizację. Składa się on z czterech części:

Głowa przednia, czyli mięsień prosty uda, jest mięśniem dwustawowym działającym zarówno na staw kolanowy, jak i biodrowy. Jego przyczep początkowy znajduje się na kolcu biodrowym przednim dolnym. Dzięki wybitnie pierzastemu brzuścowi jego przekrój fizjologiczny i jego siła są duże.

Głowa boczna, czyli mięsień obszerny boczny, przylega do kości udowej. Swój początek ma na powierzchni bocznej krętarza większego, kresie międzykrętarzowej, wardze bocznej kresy chropawej oraz przegrodzie międzymięśniowej bocznej uda.

Głowa przyśrodkowa - mięsień obszerny przyśrodkowy, leży na przednio - przyśrodkowej stronie uda i przyczepia się do wargi przyśrodkowej kresy chropawej kości udowej oraz ścięgna mięśnia przywodziciela długiego i wielkiego. To właśnie ta część mięśnia czworogłowego szczególnie odpowiada za stabilizację stawu kolanowego.

Głowa pośrednia, czyli mięsień obszerny pośredni jest przykryty od przodu mięśniem prostym uda, a po obu bokach głową boczną i przyśrodkową, z którymi jest częściowo zrośnięty. Jego przyczep początkowy obejmuje przednio - boczną powierzchnię trzonu kości udowej od kresy międzykrętarzowej. Wszystkie głowy mięśnia czworogłowego w okolicy rzepki przechodzą we wspólne ścięgno końcowe, a stąd jako więzadło rzepki przyczepia się do guzowatości kości piszczelowej.

Mięsień trójgłowy łydki tworzy mięsień brzuchaty łydki i mięsień płaszczkowaty. Jest on odpowiedzialny za zginanie stopy w kierunku podeszwowym oraz odwracanie jej

i przywodzenie. Dodatkowo zgina nogę w stawie kolanowym oraz zależnie od napięcia każdej z głów, obraca goleń na zewnątrz lub do środka.

Mięsień brzuchaty łydki posiada dwie głowy, które rozpoczynają się na powierzchni podkolanowej kości udowej - głowa boczna powyżej kłykcia bocznego kości udowej, a głowa przysrodkowa powyżej kłykcia przysrodkowego. Obie kierują się zbieżnie ku dołowi, łącząc się i przechodząc we wspólne ścięgno Achillesa, które przyczepia się do guza piętowego.

Mięsień płaszczkowaty z kolei, stanowi głęboką warstwę mięśnia trójgłowego. Jego przyczep początkowy obejmuje głowę i górną część trzonu kości strzałkowej oraz kresę mięśnia płaszczkowatego na tylnej powierzchni kości piszczelowej. Przyczep końcowy dołącza się do wspólnego ścięgna Achillesa (Jarvinen T.A., 2005).

Mięśnie szkieletowe posiadają zdolność rozwijania siły, dzięki czemu mogą wykonywać pracę. W fizjologii wyróżniamy trzy podstawowe rodzaje pracy: koncentryczną, statyczną i ekscentryczną. Wszystkie one występują podczas gry w koszykówkę.

Praca statyczna jest sytuacją, kiedy mięśnie nie ulegają wydłużeniu i skróceniu, ale zachodzi ich praca, ponieważ wzrasta ich napięcie. Nie obserwujemy ruchu kończyny. Dochodzi do napięcia danej grupy mięśniowej/mięśnia, czyli do skurczu izometrycznego. W koszykówce pozycje statyczne występują podczas rzutów wolnych, przy zastawieniu zbiórki i wprowadzeniu piłki do gry.

Praca koncentryczna z kolei, to praca mięśniowa, w której mięśnie zbliżają swoje przyczepy do siebie (skracają się), pokonując przy tym zewnętrzny opór. Reagują one w ten sposób, gdy siła działającego mięśnia jest większa od danego mu obciążenia. Jest to podstawowa praca mięśni, polegająca na pracy dynamicznej. Wykorzystuje ona dużo energii, ale i ulega szybkiemu zmęczeniu.

Skurczem odwrotnym do skurczu koncentrycznego jest skurcz ekscentryczny. Przyczepy mięśniowe wówczas oddalają się od siebie (wydłużają się), reagując na opór wewnętrzny (przeciwstawnie do swojego antagonisty) przy jednoczesnym utrzymywaniu stałego napięcia (czyli mięsień nie rozluźnia się). Mięśnie reagują skurczem ekscentrycznym, gdy siła działającego mięśnia jest mniejsza od danego mu obciążenia, dzięki czemu ulega on powolnemu zmęczeniu. Tego rodzaju skurcz wykorzystywany jest

przy długotrwałych czynnościach.

Podczas pracy ekscentrycznej rekrutowane są głównie jednostki motoryczne szybkokurczliwe (Nardone i Schieppati, 1988), co powoduje, że siła rozwijana podczas pracy ekscentrycznej jest o około 30-40% większa niż podczas pracy koncentrycznej (Komi i Rusko, 1974). Ten charakterystyczny dla pracy ekscentrycznej wzorzec rekrutacji powoduje, że włókna szybkokurczliwe poddawane są znacznym obciążeniom, co znajduje odzwierciedlenie w efektach ćwiczeń ekscentrycznych (Friden i wsp., 1983).

Główne efekty ćwiczeń ekscentrycznych to: zmniejszenie siły skurczu, mikrouszkodzenia włókien mięśniowych, opóźniona bolesność mięśniowa, przykurcze mięśniowe (Bajaj i wsp., 2002; Komi i wsp., 2000; Ebbeling i Clarkson, 1989).

I 3. Opóźniona bolesność mięśniowa (DOMS)

Bolesność mięśniowa jest powszechnym i niepokojącym zjawiskiem zarówno w sporcie wyczynowym, amatorskim, jak i w rekreacji ruchowej. Ból mięśniowy wywołany wysiłkiem można sklasyfikować jako ostry lub opóźniony. Ostra bolesność mięśni występuje podczas wysiłku i może się utrzymać do 6 godzin od jego zakończenia. Opóźniona bolesność mięśniowa (DOMS) z kolei pojawia się już 8 godzin po zakończeniu wysiłku w postaci bólów mięśniowych, osiągając najwyższy poziom między 24 a 48 godziną po treningu (Kawczyński i wsp., 2013), a ustępuje całkowicie po 5-7 dniach. Współczesna medycyna sportowa stawia sobie za cel walkę z bolesnością mięśniową jako dolegliwością niezwykle uciążliwą, powodującą poważne konsekwencje zdrowotne. Opanowaniem jej są zainteresowani nie tylko ludzie związani bezpośrednio z medycyną (lekarze, fizjoterapeuci i masażyści), ale i sami sportowcy.

Pierwszy szczegółowy opis opóźnionej bolesności mięśniowej (DOMS) przedstawił Theodore Hough w 1902 roku. Od tego czasu powstało wiele prac oraz teorii mających na celu zgłębienie mechanizmu powstania DOMS. Większość badaczy główny powód upatruje w ekscentrycznej pracy mięśnia, gdzie obciążenie zewnętrzne przekracza możliwości mięśnia do stawiania oporu, jest on wówczas wydłużany i generowane jest aktywne napięcie (Cheung, 2003). Działania ekscentryczne wywołują mikrouszkodzenia o większej częstotliwości i nasileniu niż inne rodzaje czynności mięśniowych. Mostki poprzeczne zostają wówczas rozrywane, co skutkuje zaburzeniami utkania połączeń kompleksu aktywa-

miozyna i struktury sarkomeru. Powiązane jest to z reakcją zapalną tkanek i produkcją reaktywnych form tlenu, co następnie prowadzi do nagromadzenia neutrofilii oraz zwiększenia produkcji utleniających enzymów, cytokin i chemokin. Gromadzenie się zbędnych produktów przemiany materii znacznie opóźnia proces regeneracji. Według Cheung'a (2003) szczególnie narażone na uszkodzenie są białka strukturalne włókien mięśniowych typu II, które posiadają węższe i słabsze linie Z, będące granicą sarkomeru.

Do typowych objawów DOMS zaliczana jest hiperalgezia mięśnia, czyli jego zwiększona wrażliwość na ucisk, często ból spoczynkowy, zmniejszenie zakresu ruchu, zwiększona sztywność mięśni, a także osłabienie maksymalnej siły skurczu dowolnego. Wśród wskaźników biochemicznych krwi można wyróżnić dehydrogenazę mleczanową (uznaną za markery uszkodzeń strukturalnych), wzrost kinazy keratynowej i mioglobiny, które są symptomem wzrostu przepuszczalności błon komórkowych lub ich uszkodzenia. Konsekwencją tego jest pojawienie się bólu, który znacznie nasila się podczas ruchu. Wszystkie te aspekty skutkują zmniejszeniem siły i mocy mięśnia (Glasgow i wsp., 2014). Spadek siły mięśniowej powoduje, że podczas wykonywania pewnej standardowej pracy, należy zwiększyć znacznie intensywność, aby wykonać ją na normalnym indywidualnym poziomie.

Bywają przypadki, w których ból powoduje tak duże ograniczenia, że może wyłączyć zawodnika nawet na kilka dni z normalnego treningu. W miarę adaptowania się do danych ćwiczeń odpowiedź naszego organizmu na wysiłek w postaci DOMS zmniejsza się, jednak intensywność objawów i długość ich trwania uzależniona jest od indywidualnych predyspozycji i uwarunkowań zawodników, nawet jeśli ich poziom wytrenowania jest podobny. Przedwczesny powrót do treningu i nasilające się zjawisko opóźnionej bolesności może przyczynić się do powstania kontuzji. Regularne powtarzanie danego rodzaju ćwiczeń prowadzi natomiast do zmian adaptacyjnych na dany wysiłek, które chronią mięsień przed kolejnymi uszkodzeniami.

Większość dotychczasowych badań dotyczących DOMS była przeprowadzana w warunkach laboratoryjnych, które nie odzwierciedlają jednak tych realnie panujących podczas walki sportowej na boisku, gdzie praca wykonywana przez zawodnika jest dużo bardziej złożona i dodatkowo pojawia się czynnik stresowy związany z koniecznością uzyskania wyniku sportowego (Kawczyński i wsp., 2013).

I 4. Metody badania bolesności mięśniowej

W dotychczasowych badaniach nad DOMS, wielu badaczy korzystało z różnych metod jego pomiaru. Część z nich bolesność mięśniową określała przy pomocy odpowiednich kwestionariuszy (np: kwestionariusz McGill'a), kolejni używali mierników nacisku i analogowej skali wizualnej (Bajaj i wsp., 2001). Powszechnym sposobem jest również badanie wskaźników biochemicznych krwi, takich jak: dehydrogenaza mleczanowa, kinaza kreatynowa, mioglobiny i Ph krwi. Najnowszą metodą zmierzenia DOMS jest termiczne obrazowanie w podczerwieni (TIRI).

I 5. Formy regeneracji powysiłkowej

Naukowcy z australijskiego Instytutu Sportu, profesjonalni trenerzy i trenerzy przygotowania motorycznego postulowali, że odnowa biologiczna jest ważnym czynnikiem w osiągnięciach sportowych, a optymalna regeneracja może zapobiec gorszym osiągnięciom (Kellmann, 2002). Żeby wyniki sportowe były utrzymywane przez cały sezon, konieczne jest zachowanie optymalnej równowagi między obciążeniem treningowym a regeneracją (Tessitore, 2008). Treningi często generują przeciążenia wysiłkowe. W gronie naukowców zajmujących się sportem popularna jest zasada overload, żeby spowodować wzrost wydajności zawodnika. Przeważnie jednak przetrenowanie skutkuje spadkiem formy (Bishop i wsp., 2008), a co za tym idzie wyników sportowych. Przeprowadzono ograniczoną ilość badań oceniających hydroterapię i jej wpływ na wyniki w sporcie zespołowym (Ingram i wsp., 2009; Rowsell i wsp., 2009). Mało też jest obserwacji wpływu treningu regeneracyjnego. Naukowcy nie ustają w poszukiwaniu oceny ostrej odpowiedzi na regenerację. Jednak dla badań niezbędna jest analiza cyklu cotygodniowej aktywności zawodowej, szczególnie w odniesieniu do szczytkowego zmęczenia (Reilly i wsp., 2005). Powysiłkowa odnowa biologiczna jest kluczowa nie tylko w rehabilitacji, ale przede wszystkim w sporcie. W zawodowym sporcie okresy odpoczynku między treningami są krótkie, a szybka regeneracja mięśni jest ważnym czynnikiem prowadzącym do osiągnięcia lepszych wyników. Powysiłkowe napięcie mięśni powoduje szybsze ich zmęczenie, które definiowane jest jako utrata zdolności do utrzymania oczekiwanej siły lub mocy (Gandevia S.C., 2001), co może prowadzić do niestabilności stawów, a tym samym do zwiększenia ryzyka kontuzji podczas aktywności sportowej. Nic więc dziwnego, że wśród zawodowych

sportowców, rozwinęła się świadomość prewencji urazów. Coraz większe ich grono wydaje dużo pieniędzy inwestując je w swoje ciało, co ma ich uchronić od kontuzji i zapewnić możliwość zarobku w długim okresie czasu. Najlepszy w ostatnich latach koszykarz świata LeBron James w jednym z wywiadów ujawnił, że przeznacza na swoje ciało 1,5 miliona dolarów. Różne formy regeneracyjne, które stanowią, dużą i nieodzowną część jego treningów, mają na celu odbudowanie go po meczu. Koszykarz ten przyznaje, że kąpiel kontrastowa jest jedną z jego ulubionych metod regeneracji i czuje się po niej wyjątkowo dobrze. Jest on też jednym z pierwszych zawodników, który zainwestował w komorę kriogeniczną, która jest zaawansowaną i bardziej wydajną wersją kąpeli lodowej. W różnych mediach społecznościowych można też zaobserwować, że dla James'a nie są obce również treningi regeneracyjne. Która zatem metoda regeneracyjna jest najbardziej skuteczna i najefektywniej zwalcza DOMS?

I 5.1 Kąpiel kontrastowa

Terapeutyczne wykorzystanie wody ma długą historię sięgającą starożytności. Terapie wodne zostały sklasyfikowane w medycynie tradycyjnej jako:

- Hydroterapia - techniki obejmujące kąpiele terapeutyczne i używanie wody;
- Balneoterapia – kąpiele w leczniczych i termalnych źródłach;
- Thalassoterapia - kąpiele terapeutyczne w morzu i używanie produktów morskich.

Hydroterapia stała się najpopularniejszą terapią wodną. Hahn, Oertel, Priessnitz, Rausse i Kneipp opracowali w XVIII i XIX wieku stosowanie kuracji wodnych w Europie.

Hydroterapia zalecana jest w wielu odmianach, takich jak kąpiele Kneipp, kąpiele Schlenz, kąpiele Sitz i wanny Stanger. Rejestrowano szereg zaburzeń jako leczonych i wspomaganych przez takie kąpiele, w tym fibromyalgia, zapalenie kości i stawów, bezsenność i reumatoidalne zapalenie stawów.

Hydroterapia swój późniejszy rozwój zawdzięczała kąpeli galwanicznej, która została wprowadzona przez Serę i dalej rozwijana przez Stanger. Wanny galwaniczne skonstruowano z elektrodami i obwodem prądu stałego o niskim napięciu (DC). Stwierdzono, że wytworzone pole elektromagnetyczne przyczynia się do poprawy krążenia na obrzeżach ciała i sprzyja "detoksykacji".

Fizyczne terapie nadal zalecają prowadzenie kuracji wodą. Najczęstszą jej formą jest „kąpiel kontrastowa”. Polega ona na wielokrotnym stosowaniu gorącej/ciepłej wody naprzemiennie z zimną wodą. Zabieg ten zwiększa przepływ krwi i zmniejsza sztywność stawów (Lehmann i wsp., 1990). Woodmansey z kolei dowodził, że łagodzi on ból, sztywność i obrzęk, wywołując zewnętrznie rozszerzenie i zwężenie naczyń krwionośnych, które jest zwykle wytwarzane przez normalnie kurczące się mięśnie. Ponadto uważa się, że naprzemienna temperatura wody zwiększa przepływ krwi do dotkniętego obszaru i wywołuje efekt "pompowania naczyń", w efekcie czego dochodzi do zwężania naczyń, zmniejszania obrzęków i wzrostu ruchomości. Zabieg ten w praktyce klinicznej zalecany jest w leczeniu objawów związanych z miejscowym stanem zapalnym i reakcją na urazy tkanek. Coraz częstsze jest też zastosowanie terapii kontrastowej w walce z oznakami i objawami opóźnionej bolesności mięśniowej, szczególnie u sportowców.

Nie można znaleźć jednolitych procedur zabiegu. Rozbieżności u wielu autorów badań dotyczą czasu zanurzenia każdej kąpieli, kolejności rozpoczęcia od zimna do gorąca, czasu trwania zabiegu i faktycznej temperatury wody. Najczęściej wskazywany stosunek czasu w gorącej wodzie do zimnej wody wynosił 3 : 1 i to od niej rozpoczyna się zabieg. Duże odchylenia dotyczą również temperatury zabiegowej wody. Autorzy badań ustawiali ją na poziomie od 27°C do 43°C dla gorącej i od 10°C do 20°C dla zimnej. Według najnowszych badań, najlepszy efekt terapeutyczny ma zabieg, który trwa od 15 do 20 minut. Zwrócono również uwagę na potrzebę monitorowania temperatury wody podczas przebiegu całego leczenia.

I 5.2 Kąpiel lodowa

Kąpiel lodowa (krioterapia) jest stosowana zarówno w rehabilitacji w leczeniu ostrych urazów, jak i w sporcie w celu zminimalizowania wszelkich negatywnych konsekwencji treningów czy zawodów sportowych. Jest wiele opcji skorzystania z takiego zabiegu. Zaczynając od kąpieli lodowych w wannie, przez lodowate prysznice, komory kriogeniczne, studnie lodowe, a skończywszy na naturalnych formach regeneracji, czyli kąpieli w strumykach górskich, jeziorach, rzekach i morzach. Za sprawą swojej prostoty i dostępności, ale przede wszystkim z powodu swoich fizycznych właściwości zyskuje coraz większą popularność wśród atletów. Dzięki kąpieli lodowej w organizmie sportowca

dochodzi do zwężenia naczyń krwionośnych i zmniejszenia tym samym przepuszczalności komórkowej, limfatycznej i włosniczkowej, co prowadzi do redukcji odpowiedzi zapalnej uszkodzonego mięśnia, obrzęku i odczuwania bólu. Stając się tym samym jedną z głównych strategii walki z DOMS.

I 5.3 Trening regeneracyjny

Trening regeneracyjny to jedna z najbardziej zaniebywanych metod odnowy biologicznej. Dla każdego sportowca amatorskiego czy zawodowego, koniec treningu/zawodów równoznaczny jest z końcem aktywności fizycznej. W rzeczywistości jest to idealny moment do wprowadzenia aktywnych działań przyspieszających regenerację. Ćwiczeń aerobowych o niskiej intensywności, które przyspieszą ogólnoustrojowy przepływ krwi, usprawnią proces usuwania mleczanu poprzez utlenianie i glukoneogenezę. Chroniąc tym samym mięśnie przed DOMS.

II CEL PRACY

Celem pracy jest ocena skuteczności różnych form regeneracji powysiłkowej na redukcję opóźnionej bolesności mięśniowej w mięśniu czworogłowym uda i trójgłowym łydki u koszykarzy.

III PYTANIA BADAWCZE

1. Która z form regeneracji sprawi, że po upływie 24h od wysiłku meczowego wartość PPT wróci do poziomu początkowego?
2. Czy we wszystkich grupach badawczych po upływie 48h od meczu wartość PPT wróci do poziomu przed wysiłkiem?
3. Czy wybrane metody regeneracyjne mają wpływ na redukcję opóźnionej bolesności mięśniowej?
4. Która z form regeneracji jest najskuteczniejszą metodą redukcji opóźnionej bolesności mięśniowej?
5. Po zastosowaniu której metody regeneracyjnej poziom PPT najszybciej powrócił do poziomu przedmeczowego?
6. Czy meczowy wysiłek u koszykarzy powoduje obniżenie wartości PPT?
7. Czy mięsień czworogłowy uda potrzebuje więcej czasu od mięśnia trójgłowego łydki, żeby wartość jego PPT wróciła do poziomu przedmeczowego?
8. Czy wysiłek meczowy ma odzwierciedlenie w obrazie krwi?

IV MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

IV 1. Grupa badawcza

W badaniu uczestniczyło 20 koszykarzy zespołu Śląska Wrocław, biorących udział w rozgrywkach ekstraklasowych. Przedział wiekowy zawodników zawierał się w przedziale między 18 rokiem życia a 35 rokiem życia, a średnia wieku badanych wynosiła 24,75 roku, średnia wysokość ciała 194,7 cm, masa ciała 91,62 kg, a współczynnik BMI 23,96. Wszyscy badani zostali zakwalifikowani do udziału w badaniu przez fizjoterapeutę zespołu.

Kryteria włączenia:

- udział w jednostce meczowej dłuższy niż 20 minut
- doświadczenie koszykarskie dłuższe niż 8 lat

Kryteria wyłączenia:

- uraz w obrębie kończyn dolnych
- udział w jednostce meczowej krótszy niż 20 minut
- doświadczenie koszykarskie krótsze niż 8 lat

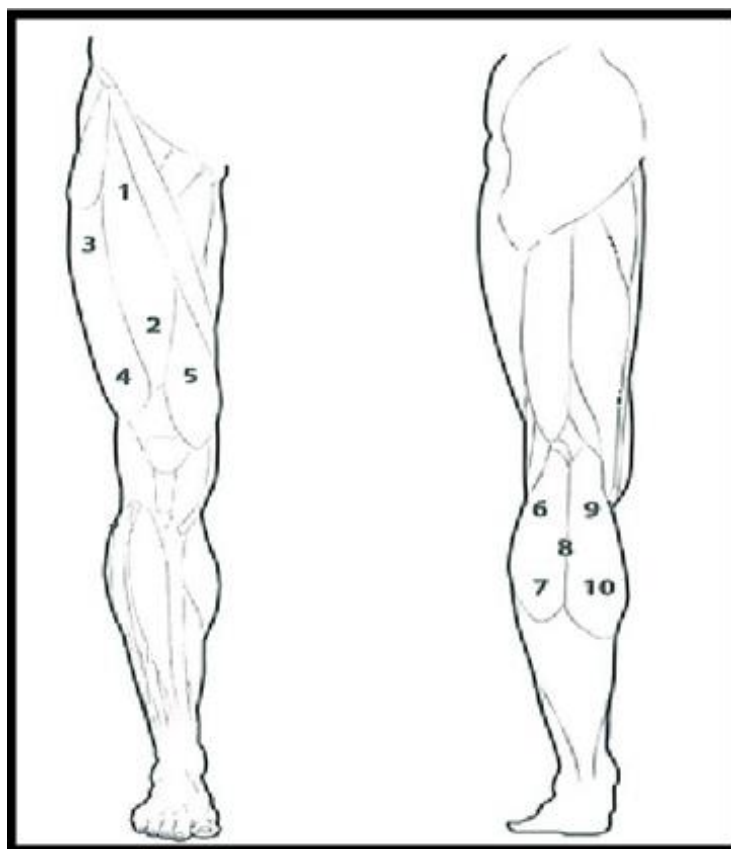
Pacjenci zostali poinformowani o celu i przebiegu badań oraz o możliwości wycofania się na każdym etapie badania bez podania przyczyny. Uzyskana została również zgoda pisemna od zawodników, w której potwierdzili swoją chęć udziału w badaniu. Zgoda na przeprowadzenie badań została udzielona przez Komisję Bioetyczną przy Akademii Medycznej we Wrocławiu na podstawie opinii Nr KB – 19/2018.

IV 2. Metoda badawcza

Pomiar progu wrażliwości mięśnia na ból (PPT) wyznaczony został za pomocą algometru ciśnieniowego (Somedic Algometer typ 2, Szwecja). Urządzenie posiadało końcówkę do uciskania określonych punktów na mięśniu, które miało kauczukową nakładkę o grubości 2 mm, sama zaś końcówka miała średnicę 10 mm. Tempo i siła nacisku były wystandaryzowane i wynosiły 30 kPa/s. Dzięki ręcznemu przyciskowi, badany mógł zasygnalizować, kiedy nacisk jest na tyle duży, że wywołuje ból. Wartość odczytywana była

na monitorze znajdującym się na algometrze i była ona równoznaczna z progiem bólowym. Przyjęto, że im większa średnia wartość PPT, tym mniejszy jest poziom DOMS. Badaniom zostali poddani koszykarze.

Punkty pomiaru progu wrażliwości na ból zostały wyznaczone przed badaniem i zaznaczone permanentnym markerem. Na mięśniu czworogłowym były to odpowiednio punkty: 1-2 (mięsień prosty uda), 3-4 (mięsień obszerny boczny), 5 (mięsień obszerny przyśrodkowy). Na mięśniu trójgłowym łydki: 6-7 (głowa boczna mięśnia brzuchatego łydki), 9-10 (głowa przyśrodkowa mięśnia brzuchatego łydki) i 8 (mięsień płaszczkowaty).



Rycina 1 Schemat punktów badania progu wrażliwości na ból.
Źródło: Kawczyński i wsp., 2013.

IV 3. Opis sesji badawczych

Dla każdej grupy badanie zostało przeprowadzone na przełomie 3 dni.

1. Pierwszy dzień - dzień meczowy
2. Drugi dzień - 24h po meczu
3. Trzeci dzień - 48h po meczu

I grupa badawcza: 20 zawodników niepoddanych żadnej formie regeneracji.

II grupa badawcza: 20 zawodników poddanych kąpieeli kontrastowej.

III grupa badawcza: 20 zawodników poddanych treningowi regeneracyjnemu.

IV grupa badawcza: 20 zawodników poddanych kąpieeli lodowej.

IV 3.1. I grupa badawcza

1. Dzień meczowy

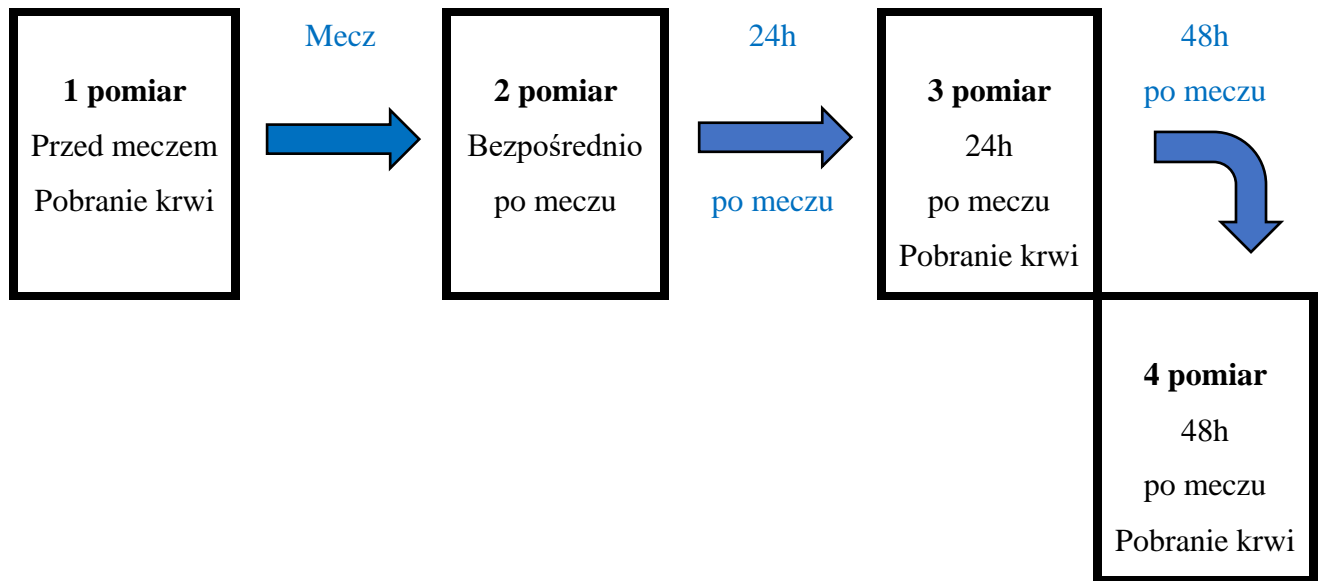
Przed pierwszym przedmeczowym pomiarem zostały wyznaczone i zaznaczone permanentnym markerem punkty pomiaru progu wrażliwości na ból zgodnie z ryciną 1. Drugi pomiar został dokonany bezpośrednio po meczu. Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone w pozycji leżącej na rozluźnionym mięśniu.

2. Drugi dzień

Po upływie 24 godzin od meczu został przeprowadzony trzeci pomiar progu wrażliwości na ból zgodnie z wytycznymi pierwszego pomiaru.

3. Trzeci dzień

W ostatnim dniu badań, czyli po upływie 48h od meczu został przeprowadzony ostatni, czwarty pomiar zgodnie z wytycznymi pierwszego pomiaru.



Rycina 2 Schemat interwencji dla grupy badawczej niepoddanej żadnej formie regeneracji.

IV 3.2. II grupa badawcza

1. Dzień meczowy

Przed pierwszym przedmeczowym pomiarem zostały wyznaczone i zaznaczone permanentnym markerem punkty pomiaru progu wrażliwości na ból zgodnie z ryciną 1. Drugi pomiar został dokonany bezpośrednio po meczu. Po nim zawodnik został poddany pięciokrotnej serii naprzemiennej kąpeli w gorącej i zimnej wodzie. Po tym zabiegu odnowy biologicznej został dokonany trzeci pomiar. Wszystkie pomiary były przeprowadzone w pozycji leżącej na rozluźnionym mięśniu.

2. Drugi dzień

Po upływie 24 godzin od meczu przeprowadzono czwarty pomiar progu wrażliwości na ból. Następnie badany został poddany kąpeli kontrastowej, po której dokonano piątego pomiaru. Oba pomiary były zgodne z wytycznymi pierwszego.

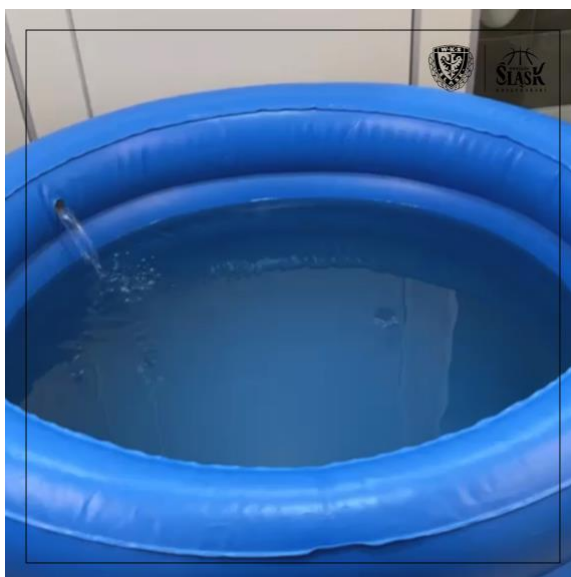
3. Trzeci dzień

W ostatnim dniu badań, czyli po upływie 48h od meczu został przeprowadzony szósty pomiar, po którym podobnie jak w dniu poprzednim zawodnika poddano zabiegowi

odnowy biologicznej. Bezpośrednio po nim został przeprowadzony siódmy, ostatni pomiar progu wrażliwości na ból. Oba pomiary były zgodne z wytycznymi pierwszego.

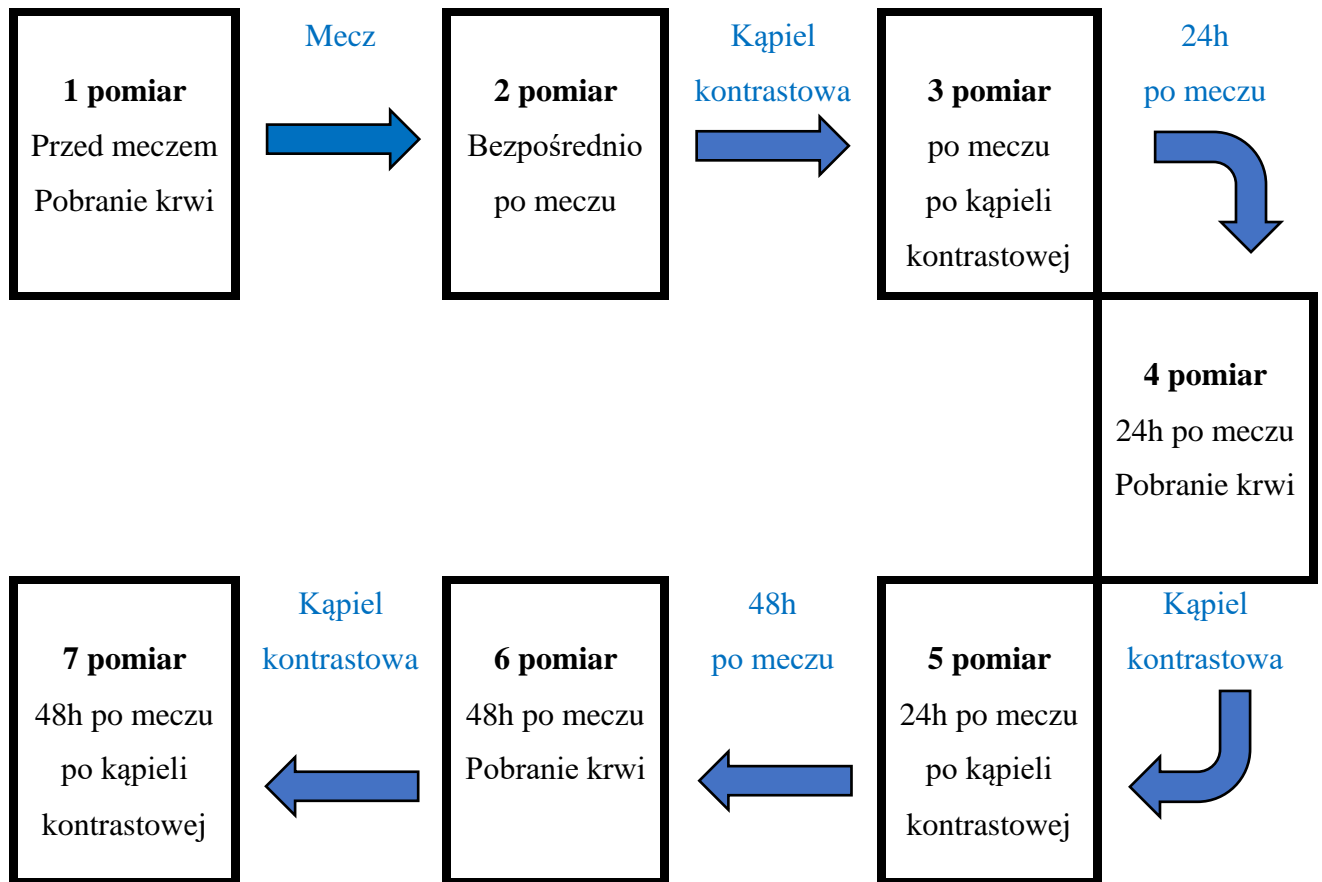
4. Przygotowanie kąpieli kontrastowej

Kąpiel kontrastowa przygotowana została w basenach „iTeam” firmy ICOOLSPORT (rycina 3). Zawodnik rozpoczął terapię od ciepłej wody, której stosunek czasu do zimnej wynosił 3min : 1min. Temperatura oscylowała na poziomie od 38°C do 40°C dla gorącej i od 10°C do 12°C dla zimnej. Każdy zawodnik poddany był pięciokrotnej serii naprzemiennej kąpieli w gorącej i zimnej wodzie.



Rycina 3 Basen „iTeam” firmy ICOOLSPORT.
Źródło: Zdjęcie z prywatnej galerii.

Pilnowano, żeby całe kończyny dolne były pod wodą (grzebień biodrowy całkowicie zanurzony). Zabieg trwał 20 minut. Temperatura wody podczas badania była monitorowana za pomocą termometru kąpielowego. Poprzez dodawanie pokruszonego lodu (dla zimnej wody) i dolewanie wrzącej wody (dla gorącej) oraz wielokrotne mieszanie, unikano tworzenia się cieplejszej i zimniejszej warstwy granicznej.



Rycina 4 Schemat interwencji dla grupy badawczej poddanej zabiegowi kąpieli kontrastowej.

IV 3.3. III grupa badawcza

1. Dzień meczowy

Przed pierwszym przedmeczowym pomiarem zostały wyznaczone i zaznaczone permanentnym markerem punkty pomiaru progę wrażliwości na ból (rycina 5). Drugi pomiar został dokonany bezpośrednio po meczu. Trzeci zaś po 20 minutowym joggingu zaraz po meczu. Wszystkie pomiary przeprowadzono w pozycji leżącej na rozluźnionym mięśniu.



Rycina 5 Oznaczone permanentnym markerem punkty pomiaru progu wrażliwości na ból.
Źródło: Zdjęcia z prywatnej galerii.

2. Drugi dzień

Po upływie 24 godzin od meczu został przeprowadzony czwarty pomiar progu wrażliwości na ból. Następnie badanego poddano treningowi regeneracyjnemu, po którym został dokonany piąty odczyt wyników. Oba pomiary były zgodne z wytycznymi pierwszego.

3. Trzeci dzień

W ostatnim dniu badań, czyli po upływie 48h od meczu, został przeprowadzony szósty pomiar, po którym podobnie jak w dniu poprzednim nastąpił trening regeneracyjny, a po nim ostatni siódmy odczyt wyników. Oba pomiary były zgodne z wytycznymi pierwszego.

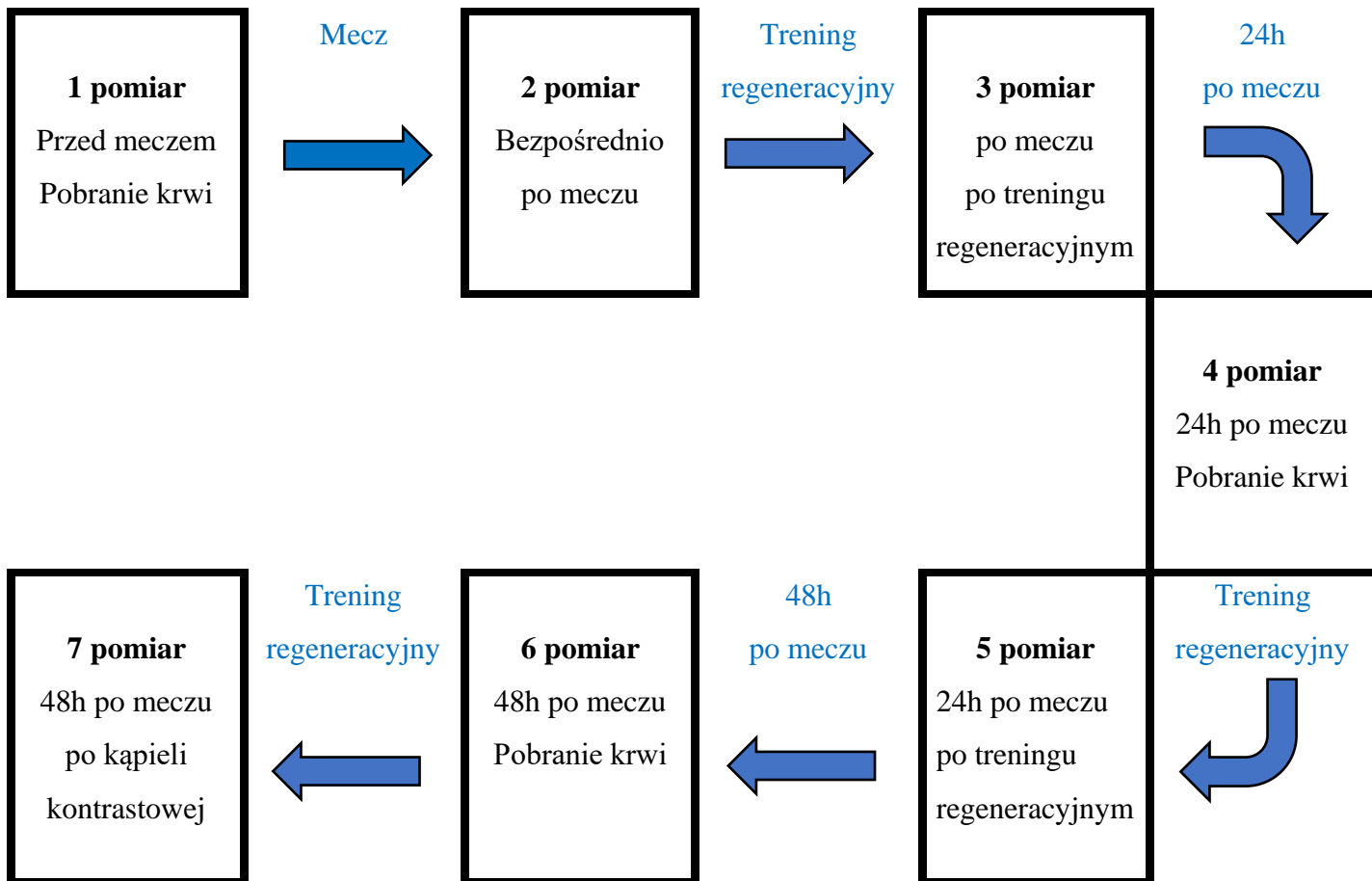
4. Przebieg treningu regeneracyjnego

Procedura treningu regeneracyjnego oparta była na istniejącej wiedzy o ochronnym działaniu powtórnego wysiłku (M.P. McHugh, 2002) i polegała na:

- 1) 20 minutowym joggingu natychmiast po meczu;
- 2) 60 minutowym treningu redukcji DOMS w 24 i 48 godzin po meczu. Sesja ta składała się z:
 - 20 minutowego joggingu przeplatanego relaksacją mięśni,
 - 20 minutowego biegania połączonego z koszykarskimi ćwiczeniami mającymi ekscentryczne działanie na mięśnie (np. rzucanie, skakanie, blokowanie) z intensywnością poniżej progu beztlenowego,
 - 20 minutowego treningu umiejętności kontrolowania piłki (ball handling) z małą intensywnością (HR od 120 do 140 uderzeń/min).



Rycina 6 Proces pomiaru progu wrażliwości na ból.
Źródło: Zdjęcie z prywatnej galerii.



Rycina 7 Schemat interwencji dla grupy badawczej poddanej treningowi regeneracyjnemu.

IV 3.4. IV grupa badawcza

1. Dzień meczowy

Przed pierwszym przedmeczowym pomiarem zostały wyznaczone i zaznaczone permanentnym markerem punkty pomiaru progu wrażliwości na ból zgodnie z ryciną 1. Drugi pomiar dokonano bezpośrednio po meczu, a następnie zawodnik przeszedł trzyminutową kąpiel lodową. Po tym zabiegu odnowy biologicznej dokonano trzeciego pomiaru. Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone w pozycji leżącej na rozluźnionym mięśniu.

2. Drugi dzień

Po upływie 24 godzin od meczu przeprowadzono czwarty pomiar progu wrażliwości

na ból. Następnie badany został poddany kąpieli lodowej, po której dokonano piątego odczytu wyników. Oba pomiary były zgodne z wytycznymi pierwszego.

3. Trzeci dzień

W ostatnim dniu badań, czyli po upływie 48h od meczu został przeprowadzony szósty pomiar, po którym podobnie jak w dniu poprzednim zawodnik przeszedł zabieg odnowy biologicznej. Bezpośrednio po nim odczytano siódmy raz wyniki prognozy wrażliwości na ból. Oba pomiary były zgodne z wytycznymi pierwszego.

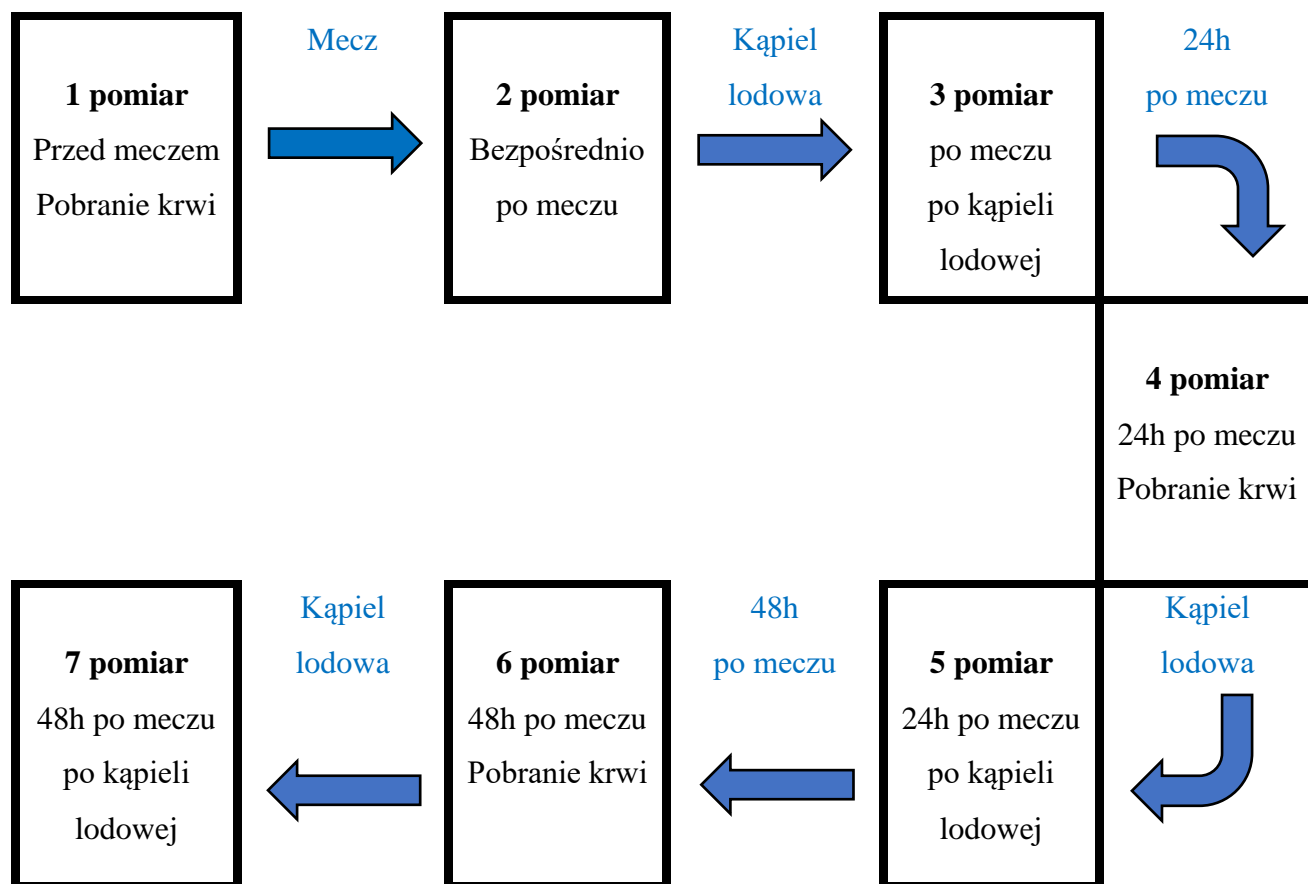
4. Przygotowanie kąpieli lodowej

Kąpiel lodowa przygotowana została w basenach „iTeam” firmy ICOOLSPORT (rycina 8).



Rycina 8 Kąpiel lodowa.
Źródło: Zdjęcie z prywatnej galerii.

Temperatura wody oscylowała na poziomie od 1°C do 5°C i była monitorowana za pomocą termometru kąpielowego. Poprzez dodanie pokruszonego lodu i wielokrotne mieszanie, unikano tworzenia się cieplejszej warstwy granicznej. Pilnowano, żeby całe kończyny dolne były pod wodą (grzebień biodrowy całkowicie zanurzony). Zabieg trwał 5 minut.



Rycina 9 Schemat interwencji dla grupy badawczej poddanej zabiegowi kąpieli lodowej.

IV 4. Procedura pobrania krwi.

We wszystkich grupach badawczych przeprowadzono trzykrotnie badanie krwi, mając na celu obserwację aktywności CK i stężenie Mb. Pierwsze przed meczem, drugie 24h po meczu i trzecie 48h po meczu.

Pobrano około 5 ml krwi żyłnej za pomocą standardowej techniki nakłucia żyły z okolicy dołu łokciowego dominującego ramienia i odwirowano przez 10 minut do ekstrakcji osocza. Próbkę osocza przechowywane były w -80°C do czasu analizy. Aktywność CK w osoczu badana była spektrofotometrycznie za pomocą zautomatyzowanego klinicznego analizatora chemicznego (Model 7080, Hitachi, Co., Ltd., Tokio, Japonia) przy użyciu komercyjnego zestawu testowego (Roche Diagnostics, Indianapolis, IN, USA). Stężenie osoczowe Mb zmierzono za pomocą zautomatyzowanego klinicznego analizatora chemicznego (Model Elecsys 2010, F. Hoffmann-La Roche Ltd.,

Tokio, Japonia) stosując komercyjny zestaw testowy (Roche Diagnostics, Indianapolis, IN, USA). Każda próbka została przeanalizowana w dwóch egzemplarzach, a średnia wartość z dwóch miar została wykorzystana do późniejszej analizy statystycznej. Normalne zakresy referencyjne dla aktywności CK w osoczu i stężenia Mb u mężczyzn stosujących tę metodę wynoszą odpowiednio 38-174 U/L i <110 µg/ml, w oparciu o informacje producenta.

IV 5. Ocena wybranych parametrów sprawności fizycznej

W grupach badawczych zostaną przeprowadzone poniżej wymienione badania:

I grupa badawcza:

- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki przed meczem
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki po meczu
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 48h po meczu
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza przed meczem
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 24h po meczu
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 48h po meczu

II grupa badawcza

- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki przed meczem
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki po meczu i przed kąpielą kontrastową
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki po meczu i po kąpielii kontrastowej
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu i przed kąpielą

kontrastową

- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu i po kąpieli kontrastowej
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 48h po meczu i przed kąpielą kontrastową
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 48h po meczu i po kąpieli kontrastowej
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza przed meczem
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 24h po meczu
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 48h po meczu

III grupa badawcza

- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki przed meczem
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki po meczu
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu i przed treningiem regeneracyjnym
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu i po treningu regeneracyjnym
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *preasure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 48h po meczu i 24h po treningu regeneracyjnym
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza przed meczem
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 24h po meczu
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 48h po meczu

IV grupa badawcza

- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki przed meczem
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki po meczu i przed kąpielą lodową
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki po meczu i po kąpielu lodowej
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu i przed kąpielą lodową
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 24h po meczu i po kąpielu lodowej
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 48h po meczu i przed kąpielą lodową
- oceny poziomu progu wrażliwości na ból (PPT - *pressure pain threshold*) mięśnia czworogłowego uda oraz trójgłowego łydki 48h po meczu i po kąpielu lodowej
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza przed meczem
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 24h po meczu
- ocena aktywności CK i stężenia Mb z osocza 48h po meczu

Częstotliwość rytmu serca była kontrolowana za pomocą monitorów tętna (Polar Team System, Polar, Finlandia).

Badania przeprowadzone były na obiektach sportowych koszykarskiego klubu Śląsk Wrocław.

Każdego badanego poddano ocenie tkanki tłuszczowej przy użyciu analizatora składu ciała Tanita DC-340P MA oraz szczytano wagę ciała.

Wszyscy zawodnicy mieli ważne ubezpieczenie od urazów sportowych, jak i interwencji medycznych.

IV 6. Analiza statystyczna

W celu udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze i przetestowania postawionych hipotez przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics w wersji 26. Do analizy porównawczej wartości PPT mięśnia czworogłowego uda i brzuchatego łydki w poszczególnych sesjach pomiarowych oraz w celu sprawdzenia różnic pomiędzy pomiarami mioglobiny i kinazy kreatynowej zastosowano analizę podstawowych statystyk opisowych oraz testy Friedmana. Następnie przeprowadzono testy *post hoc* z poprawką Dunn-Bonferroniego. Za poziom istotności statystycznej przyjęto klasyczny próg $\alpha = 0,05$.

V WYNIKI

W celu udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze i przetestowania postawionych hipotez przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics w wersji 26. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych oraz testy Friedmana. Za poziom istotności statystycznej przyjęto klasyczny próg $\alpha = 0,05$.

V 1. Podstawowe statystyki opisowe mierzonych zmiennych ilościowych wraz z testem normalności rozkładu.

W pierwszym kroku analizy sprawdzono rozkłady zmiennych ilościowych. W tym celu wyliczono podstawowe statystyki opisowe wraz z testem Shapiro-Wilka badającym normalność rozkładu.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz, wyniki testu Shapiro-Wilka są istotne statystycznie dla następujących zmiennych:

W pierwszej grupie, która nie była poddana żadnej formie regeneracji pomiar został wykonany na mięśniu czworogłowym uda bezpośrednio po meczu (P2 BT 4G) (tabela 1).

Tabela 1 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy bez terapii

Bez terapii	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
Mięsień czworogłowy uda									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1089,80	1091,60	37,84	-0,62	0,40	996,20	1145,80	0,96	0,645
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	805,40	796,80	39,40	1,27	1,63	754,40	909,80	0,90	0,037
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	892,47	894,70	31,48	-0,37	-0,90	839,40	937,80	0,93	0,183
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	985,95	988,00	35,99	-0,08	-0,54	917,80	1051,80	0,98	0,951
Mięsień trójgłowy łydki									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1055,14	1065,40	47,61	-0,51	-0,57	952,20	1126,40	0,96	0,500
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	806,08	812,00	35,14	-0,23	-0,96	747,80	865,20	0,96	0,449
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	892,01	880,50	37,87	0,01	-0,67	816,80	956,60	0,96	0,585
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	990,35	985,90	39,92	-0,18	-0,78	916,00	1053,80	0,97	0,714

Wyniki drugiej grupy poddanej kąpieli kontrastowej przedstawia tabela 2.

Tabela 2 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy z kąpielą kontrastową

Kąpiel kontrastowa	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
Mięsień czworogłowy uda									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1031,95	1049,60	108,66	0,17	-1,20	877,80	1221,00	0,93	0,176
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	881,14	882,20	60,06	-0,22	-0,27	749,60	981,60	0,98	0,941
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	892,74	912,10	68,12	-0,53	-0,70	766,00	995,20	0,94	0,276
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	859,88	857,70	69,22	0,28	0,18	725,20	1009,40	0,99	0,991
Próg wrażliwości na ból – pomiar 5	931,90	934,80	77,58	-0,12	-1,17	805,80	1052,60	0,95	0,393
Próg wrażliwości na ból – pomiar 6	937,93	938,70	82,34	0,14	-0,40	793,20	1102,60	0,98	0,978
Próg wrażliwości na ból – pomiar 7	1031,13	1030,30	96,98	0,39	-0,34	868,60	1235,20	0,97	0,830
Mięsień trójgłowy lydki									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	989,43	968,65	104,03	0,37	-1,08	841,20	1162,00	0,93	0,136
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	834,91	846,50	69,85	-0,06	-0,89	731,80	963,40	0,94	0,257
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	852,55	844,40	63,04	0,37	-0,72	764,00	980,40	0,96	0,456
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	833,77	832,70	49,71	0,14	0,64	723,20	938,60	0,97	0,809
Próg wrażliwości na ból – pomiar 5	889,28	879,00	64,47	0,44	-0,60	789,60	1015,00	0,96	0,506
Próg wrażliwości na ból – pomiar 6	928,19	902,20	95,36	0,57	-0,48	802,60	1148,60	0,92	0,080
Próg wrażliwości na ból – pomiar 7	1035,50	1016,70	86,52	0,54	-0,89	924,80	1200,80	0,93	0,127

W przypadku trzeciej grupy z przeprowadzonym treningiem regeneracyjnym pomiar został wykonany dla mięśnia czworogłowego uda 48h po meczu przed TR (P6 TR 4G) (tabela 3).

Tabela 3 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy z treningiem regeneracyjnym

Trening regeneracyjny	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
Mięsień czworogłowy uda									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1021,05	1027,70	29,86	-0,25	-0,05	965,40	1078,80	0,95	0,378
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	890,19	894,20	25,89	-0,73	0,58	828,00	933,00	0,95	0,313
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	900,50	904,30	28,86	-0,62	-0,09	842,40	947,20	0,95	0,312
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	940,82	940,90	34,52	-0,46	-0,02	871,00	1004,20	0,96	0,630
Próg wrażliwości na ból – pomiar 5	992,67	987,70	31,51	-0,34	0,25	924,20	1046,60	0,96	0,496
Próg wrażliwości na ból – pomiar 6	1052,07	1059,50	40,40	-0,84	-0,12	974,80	1109,00	0,89	0,027
Próg wrażliwości na ból – pomiar 7	1077,47	1082,40	41,08	-0,41	-0,54	1003,20	1153,40	0,92	0,117

Mięsień trójgłowy łydki									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1031,96	1020,50	27,87	0,24	-1,43	990,00	1075,80	0,91	0,075
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	888,53	887,00	32,72	0,14	-1,24	841,00	948,40	0,94	0,225
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	910,26	907,00	29,50	-0,20	-1,21	852,00	952,60	0,91	0,073
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	965,21	960,50	30,49	0,12	-1,36	914,00	1017,00	0,93	0,181
Próg wrażliwości na ból – pomiar 5	998,62	1000,50	35,57	-0,09	-1,25	948,00	1058,40	0,93	0,172
Próg wrażliwości na ból – pomiar 6	1079,64	1079,50	27,67	0,63	0,26	1043,80	1148,20	0,94	0,236
Próg wrażliwości na ból – pomiar 7	1094,95	1097,20	31,36	-0,28	-1,10	1044,00	1141,80	0,93	0,191

W grupie czwartej z kąpielą lodową dla mięśnia czworogłowego były to pomiary dokonane bezpośrednio po meczu (P2 KL 4G), 24h po meczu i przed zabiegiem (P4 KL 4G) oraz 48h po meczu i przed kąpielą (P6 KL 4G). Dla mięśnia trójgłowego łydki były to wszystkie wyniki zarejestrowane między pomiarem dokonany po meczu i po kąpielu lodowej (P3 KL 3G) a tym po 48h po meczu i po zabiegu (P7 KL 3G) (tabela 4).

Tabela 4 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy z kąpielą lodową

Kąpiel lodowa	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
Mięsień czworogłowy uda									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1105,62	1103,90	17,69	-0,43	0,69	1062,60	1139,40	0,97	0,781
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	835,07	826,90	26,93	0,84	-0,28	802,40	890,60	0,90	0,040
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	797,73	796,00	28,05	0,58	-0,42	756,60	852,80	0,94	0,246
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	793,16	784,80	21,52	1,04	0,24	768,20	844,20	0,89	0,026
Próg wrażliwości na ból – pomiar 5	848,24	838,60	28,56	0,62	-0,70	809,00	901,80	0,92	0,116
Próg wrażliwości na ból – pomiar 6	862,86	858,80	17,37	1,69	3,27	843,20	915,00	0,84	0,003
Próg wrażliwości na ból – pomiar 7	917,57	914,60	19,02	0,19	0,82	875,60	960,80	0,97	0,803
Mięsień trójgłowy łydki									
Próg wrażliwości na ból – pomiar 1	1086,52	1091,10	31,92	-0,47	0,58	1013,00	1150,80	0,97	0,669
Próg wrażliwości na ból – pomiar 2	841,51	842,00	23,52	0,25	-0,88	810,00	886,20	0,93	0,173
Próg wrażliwości na ból – pomiar 3	786,47	778,60	29,65	1,20	0,73	748,60	857,00	0,88	0,016
Próg wrażliwości na ból – pomiar 4	726,58	714,40	35,14	0,78	-0,63	683,80	795,20	0,89	0,027
Próg wrażliwości na ból – pomiar 5	771,29	764,20	27,93	1,10	0,21	734,20	826,60	0,85	0,005
Próg wrażliwości na ból – pomiar 6	836,17	829,00	29,46	1,32	1,21	795,20	903,00	0,84	0,004
Próg wrażliwości na ból – pomiar 7	847,98	839,70	25,31	1,10	0,23	820,40	907,20	0,87	0,009

Zatem rozkłady tych zmiennych są oddalone od rozkładu normalnego. Z tego względu analizy oparto na testach nieparametrycznych.

V 2. Różnice pomiędzy terapiami oraz warunkiem bez terapii w zakresie progu wrażliwości na ból dla mięśnia trójgłowego łydki oraz czworogłowego uda.

W następnym etapie analiz statystycznych postanowiono sprawdzić, czy istnieją różnice pomiędzy różnymi warunkami badawczymi w zakresie progu wrażliwości na ból, biorąc pod uwagę pomiary przed meczem i po meczu oraz po terapii. Analizy te przeprowadzono dla mięśnia trójgłowego łydki oraz czworogłowego uda. Wykonano w tym celu testy Friedmana, a jego wyniki zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 5 Wyniki testu Friedmana dla porównań pomiędzy różnymi warunkami badawczymi na przestrzeni siedmiu pomiarów w zakresie kończyny dolnej, mięśnia czworogłowego uda oraz mięśnie trójgłowego łydki

	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>W</i>
Mięsień czworogłowy uda	407,52	24	<0,001	0,85
Mięsień trójgłowy łydki	421,22	24	<0,001	0,88

Wyniki testów Friedmana wskazują na różnice istotne statystycznie pomiędzy pomiarami w zależności od warunku badawczego dla obu mięśni. W celu ustalenia dokładnych różnic wykonano testy *post hoc*.

Porównania parami wykazały następujące istotności statystyczne:

W przypadku pierwszej grupy, która nie była poddana żadnej formie regeneracji odnotowano spadek progu bólowego, pomiędzy początkowym pomiarem dokonanym na mięśni trójgłowym łydki jak i mięśni czworogłowym uda (P1 BT 3G i 4G) a pomiarem dokonanym bezpośrednio po meczu (P2 BT 3G i 4G) i 24h po meczu (P3 BT 3G i 4G). Ponownie w obrębie obu mięśni zarejestrowano istotny statystycznie wzrost wartości progu bolesności pomiędzy pomiarem przeprowadzonym bezpośrednio po meczu (P2 BT 3G i 4G) a tym wykonanym 48h po meczu (P4 BT 3G i 4G). W grupie tej nie uzyskano powrotu do wartości początkowej podczas kolejnych pomiarów dla obu mięśni.

W drugiej grupie, w której przeprowadzono kąpiel kontrastową na obu mięśniach zarejestrowano istotny statystycznie spadek progu bólowego, pomiędzy początkowym pomiarem (P1 KK 3G i 4G) a pomiarem dokonanym bezpośrednio po meczu (P2 KK 3G i 4G), po meczu i po zabiegu (P3 KK 3G i 4G) oraz 24h po meczu i przed terapią (P4 KK 3G i 4G). W obrębie tej samej grupy i w przypadku obu mięśni dostrzeżono istotny

statystycznie wzrost wartości PPT odnotowany 48h po meczu i po kąpielii kontrastowej (P7 KK 3G i 4G) a pomiarami zebranych bezpośrednio po meczu (P2 KK 3G i 4G), po meczu i po zabiegu (P3 KK 3G i 4G) oraz 24h po meczu i przed terapią (P4 KK 3G i 4G). Dodatkowo dla mięśnia trójgłowego łydki był to wzrost wartości progu wrażliwości na ból widoczny między pomiarem odnotowany 48h po meczu i po kąpielii kontrastowej (P7 KK 3G) a 24h po meczu i po regeneracji (P5 KK 3G). Powrót do początkowej wartości progu wrażliwości mięśnia na ból uzyskano tylko dla mięśnia trójgłowego łydki podczas ostatniego pomiaru dokonanego 48h po meczu i po kąpielii kontrastowej (P7 KK 3G).

W przypadku trzeciej grupy z przeprowadzonym treningiem regeneracyjnym dostrzeżono u obu mięśni istotny statystycznie wzrost PPT podczas pomiarów zebranych 48h po meczu zarówno przed, jak i po regeneracji (P6 - P7 TR 3G i 4G) względem wyników zebranych bezpośrednio po meczu (P2 TR 3G i 4G) oraz po meczu i po treningu (P3 TR 3G i 4G). W przypadku mięśnia czworogłowego uda zarejestrowano również istotny statystycznie spadek wartości progu wrażliwości mięśnia na ból, który nastąpił pomiędzy pomiarem przeprowadzonym przed meczem (P1 TR 4G) a tym bezpośrednio po nim (P2 TR 4G). W grupie tej podczas dwóch ostatnich pomiarów (P6 – P7 TR 3G i 4G) w przypadku obu mięśni zarejestrowano powrót do wartości początkowej (P1 TR 3G i 4G).

W grupie czwartej z kąpielą lodową zaobserwowano dla obu mięśni istotny statystycznie spadek wartości PPT zarejestrowany między pomiarem przeprowadzonym przed meczem (P1 KL 3G i 4G) a wszystkimi wynikami uzyskanymi po nim (P2 – P7 KL 3G i 4G). Analizy pomiarów zebranych 48h po meczu i po kąpielii lodowej (P7 KL 4G) na mięśniu czworogłowym wykazały istotny statystycznie wzrost wartości progu wrażliwości mięśnia na ból względem pomiaru uzyskanego po meczu i po zabiegu (P3 KL 4G) oraz 24h po meczu, ale przed regeneracją (P4 KL 4G). W grupie tej w przypadku obu mięśni w żadnym pomiarze nie zarejestrowano powrotu do wartości początkowej PPT.

Wartości średnich rang i median dla wszystkich porównań zaprezentowano w tabeli 6. Wartości istotności porównań parami załączono w aneksie (Załącznik A1-B2).

Tabela 6 Średnie rangi oraz mediany dla warunków badawczych na przestrzeni dokonywanych pomiarów dla mięśnia trójgłowego łydki i czworogłowego uda

	Mięsień trójgłowy łydki		Mięsień czworogłowy uda	
	Średnia ranga	Me	Średnia ranga	Me
Bez terapii				
Pomiar 1	21,40	1065,40	22,95	1091,60
Pomiar 2	5,15	812,00	3,03	796,80
Pomiar 3	12,30	880,50	10,53	894,70
Pomiar 4	17,75	985,90	17,45	988,00
Kąpiel kontrastowa				
Pomiar 1	17,95	968,65	19,65	1049,60
Pomiar 2	7,50	846,50	9,25	882,20
Pomiar 3	8,70	844,40	10,10	912,10
Pomiar 4	7,40	832,70	7,45	857,70
Pomiar 5	11,30	879,00	13,60	934,80
Pomiar 6	13,55	902,20	13,25	938,70
Pomiar 7	20,50	1016,70	19,93	1030,30
Trening regeneracyjny				
Pomiar 1	20,20	1020,50	19,65	1027,70
Pomiar 2	11,75	887,00	9,85	894,20
Pomiar 3	13,60	907,00	11,40	904,30
Pomiar 4	16,40	960,50	14,53	940,90
Pomiar 5	18,55	1000,50	17,80	987,70
Pomiar 6	22,70	1079,50	21,15	1059,50
Pomiar 7	23,75	1097,20	22,90	1082,40
Kąpiel lodowa				
Pomiar 1	23,20	1091,10	24,00	1103,90
Pomiar 2	8,10	842,00	4,90	826,90
Pomiar 3	3,75	778,60	2,45	796,00
Pomiar 4	1,10	714,40	2,25	784,80
Pomiar 5	2,75	764,20	6,28	838,60
Pomiar 6	6,85	829,00	7,70	858,80
Pomiar 7	8,80	839,70	12,98	914,60

Ponadto sprawdzono czy odnotowano różnice pomiędzy warunkami w tych samych pomiarach.

Dla obu mięśni zaobserwowano istotnie statystycznie wyższe wartości pomiarów dokonanych w analogicznych etapach badań pomiędzy treningiem regeneracyjnym a kąpielą lodową. Zmiany badanego parametru były zarejestrowane na wszystkich kolejnych poziomach począwszy od pomiarów zrobionych po meczu i po terapii (P3) a ostatnich spisanych 48h po meczu i po regeneracji (P7).

Dla mięśnia trójgłowego łydki istotne statystycznie różnice były również w zestawieniu warunku bez terapii i kąpeli lodowej, gdzie pomiary zebrane 24h po meczu (3P BT 3G) i 48h po meczu (4P BT 3G) w przypadku BT były wyższe od analogicznych w warunkach kąpeli lodowej (P5 KL 3G i P7 KL 3G).

Dla tego samego mięśnia zarejestrowano istotną statystycznie różnicę wartości PPT pomiędzy warunkami kąpeli kontrastowej a lodowej. Pomiary zebrane podczas ostatniego pomiaru przeprowadzonego 48h po meczu i po terapii (P7) były w przypadku KK wyższe niż KL.

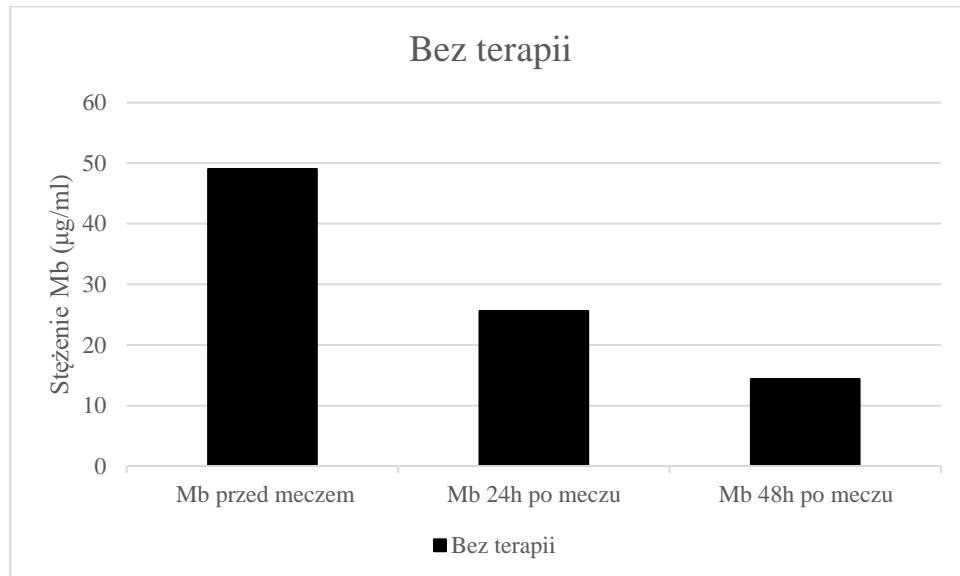
Również w mięśniu trójgłowym łydki pomiędzy pomiarami zarejestrowanymi 24h po meczu i przed regeneracją (P4) oraz 48h po meczu i przed terapią (P6) zaobserwowano istotną statystycznie wyższą wartość pomiarów zebranych w grupie z treningiem regeneracyjnym niż w grupie z kąpielą kontrastową.

V 3. Różnice w zakresie mioglobiny przed meczem i po meczu w zależności od warunku terapeutycznego.

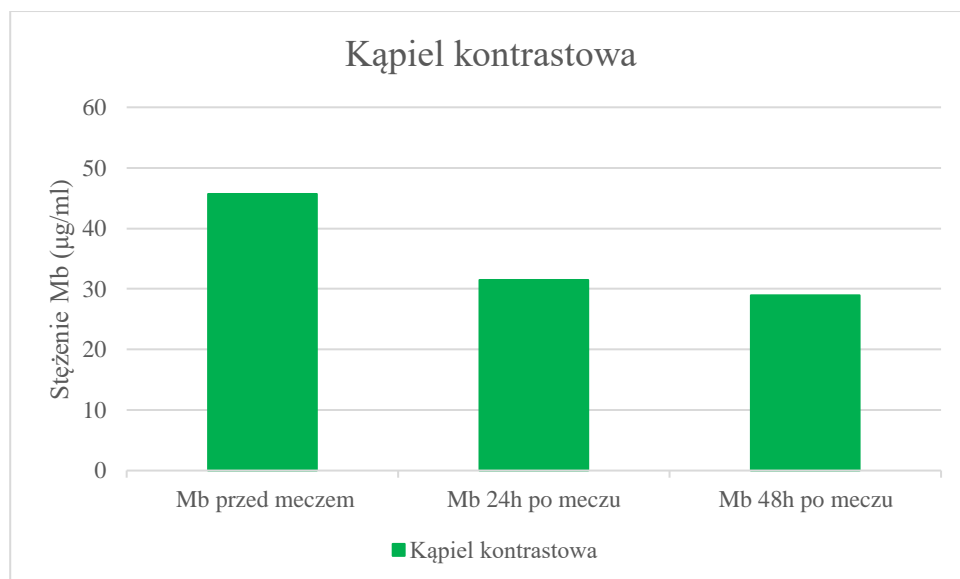
W celu sprawdzenia różnic pomiędzy pomiarami mioglobiny przed meczem, 24 godziny po meczu oraz 48 godzin po meczu wśród osób po treningu regeneracyjnym, kąpeli lodowej, kąpeli kontrastowej oraz warunku bez terapii, wykonano test Friedmana.

Jak wskazują wyniki analizy, odnotowano istotne statystycznie różnice pomiędzy pomiarami: $\chi^2(11) = 169,77$; $p < 0,001$; $W = 0,77$. Następnie przeprowadzono testy *post hoc* z poprawką Dunn-Bonferroniego.

W pierwszej grupie niepoddanej żadnej formie regeneracji oraz w drugiej grupie, w której wykonano kąpiel kontrastową zaobserwowano istotny spadek stężenia mioglobiny między pomiarem początkowym a pomiarami dokonanymi 24h po meczu i 48h po meczu w poszczególnych grupach badawczych (rycina 10 i rycina 11).

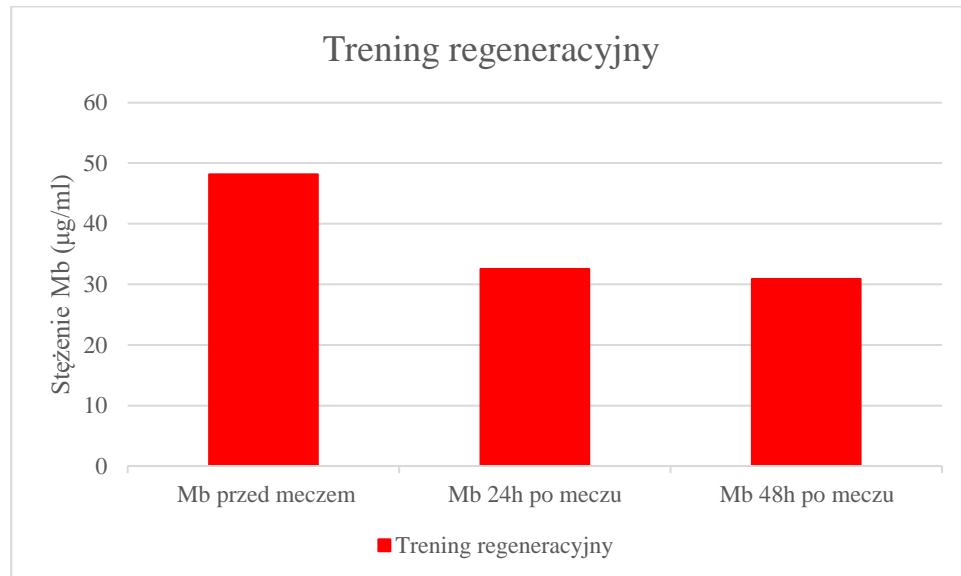


Rycina 10 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie bez terapii.

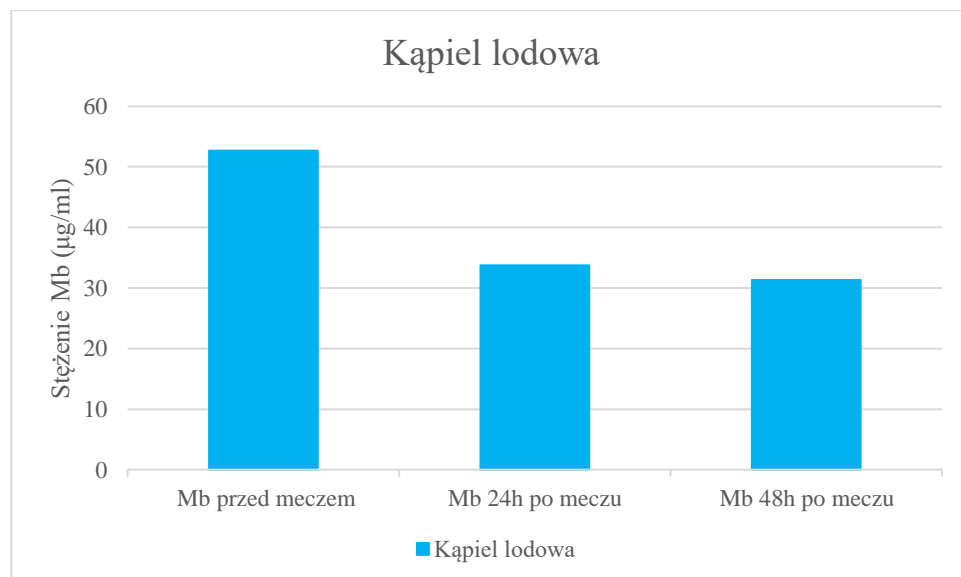


Rycina 11 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie poddanej kąpieli kontrastowej.

W trzeciej grupie z przeprowadzonym treningiem regeneracyjnym i czwartej grupie, w której zrobiono kąpiel lodową zarejestrowano istotny spadek stężenia mioglobiny między pomiarem początkowym a pomiarem dokonanym 48h po meczu dla poszczególnych grup (rycina 12 i rycina 13).



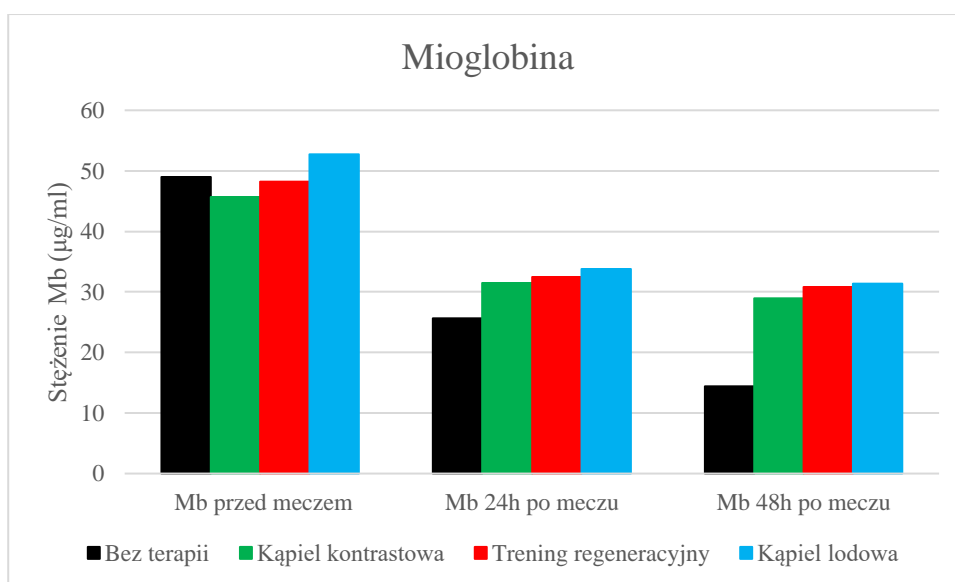
Rycina 12 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie poddanej treningowi regeneracyjnemu.



Rycina 13 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie poddanej kąpielii lodowej.

V 4. Różnice w zakresie mioglobiny w obserwacjach pomiędzy grupami.

Ponadto porównując poziom mioglobiny we krwi między poszczególnymi grupami zaobserwowano istotną statystycznie różnicę pomiędzy wartościami zarejestrowanymi 24h po meczu w grupie bez terapii a grupą z kąpielą lodową. Natomiast 48h po meczu stężenie Mb w grupie bez terapii było istotnie niższe niż w przypadku grup z kąpielą lodową i treningiem regeneracyjnym.



Rycina 14 Zbiorcze zestawienie wartości stężenia mioglobiny (Mb) we wszystkich grupach.

Wyniki analizy przedstawione zostały w tabeli 7. Dodatkowo załączono wartości istotności porównań parami w aneksie (Załącznik C1).

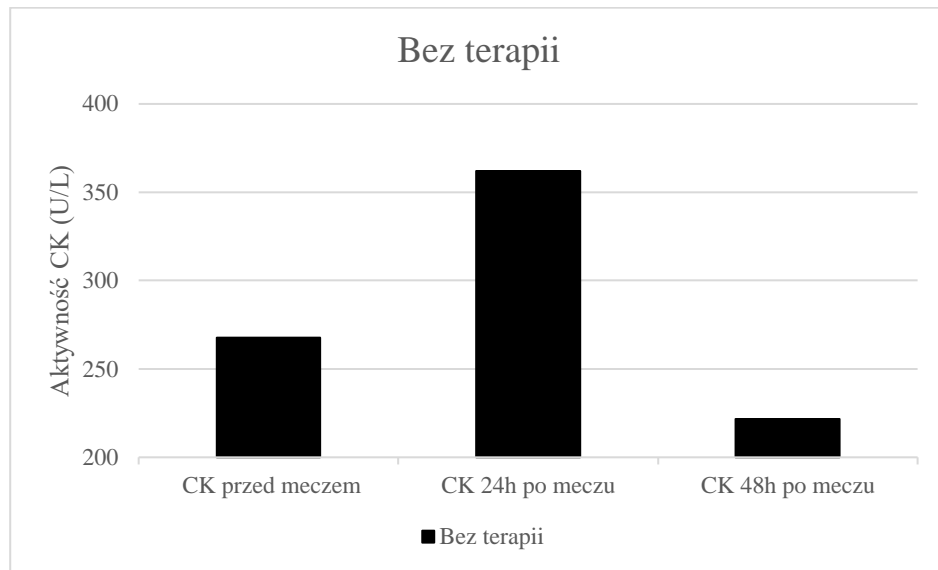
Tabela 7 Średnie rangi wraz z medianami dla poziomu mioglobiny w zależności od warunku dla pomiaru przed meczem, 24 godziny po meczu oraz 48 godzin po meczu

	Średnia ranga	Me
Bez terapii		
Mioglobina przed meczem	10,40	49,00
Mioglobina 24h po meczu	2,83	25,60
Mioglobina 48h po meczu	1,00	14,40
Kąpiel kontrastowa		
Mioglobina przed meczem	9,85	45,65
Mioglobina 24h po meczu	5,63	31,45
Mioglobina 48h po meczu	4,00	28,90
Trening regeneracyjny		
Mioglobina przed meczem	9,90	48,20
Mioglobina 24h po meczu	6,40	32,50
Mioglobina 48h po meczu	4,90	30,85
Kąpiel lodowa		
Mioglobina przed meczem	10,50	52,70
Mioglobina 24h po meczu	7,48	33,75
Mioglobina 48h po meczu	5,13	31,35

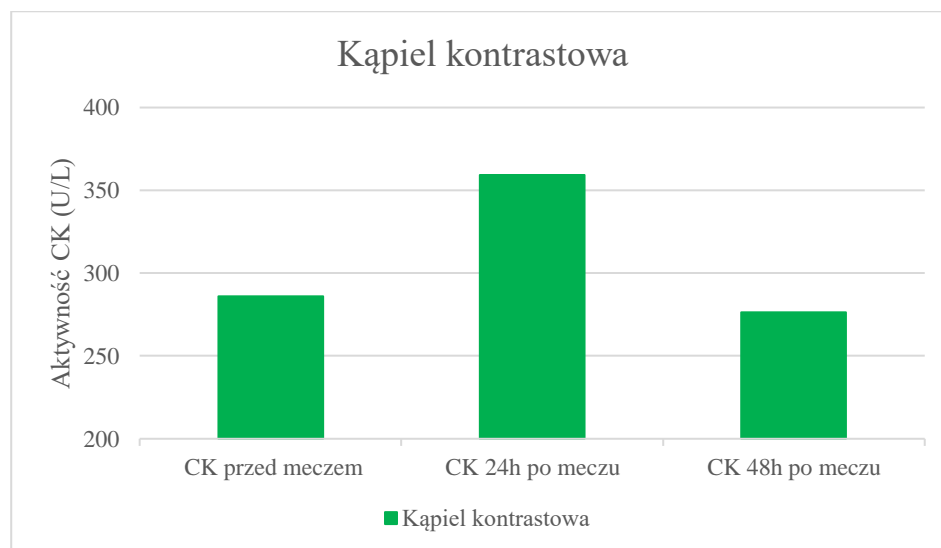
V 5. Różnice w zakresie kinazy kreatynowej przed meczem i po meczu w zależności od warunku terapeutycznego.

Analogiczną analizę wykonano dla zbadania różnic poziomu kinazy kreatynowej w zależności od warunku badawczego dla trzech pomiarów. Odnotowano istotny statystycznie efekt: $\chi^2(11) = 141,19$; $p < 0,001$; $W = 0,64$.

W pierwszej grupie niepoddanej żadnej formie regeneracji oraz w drugiej grupie, w której wykonano kąpiel kontrastową zaobserwowano istotny wzrost aktywności kinazy kreatynowej w osoczu między pomiarem początkowym a pomiarem dokonany 24h po meczu oraz spadek między badaniem 24h po meczu a tym dokonany 48h po meczu w poszczególnych grupach (rycina 15 i rycina 16).

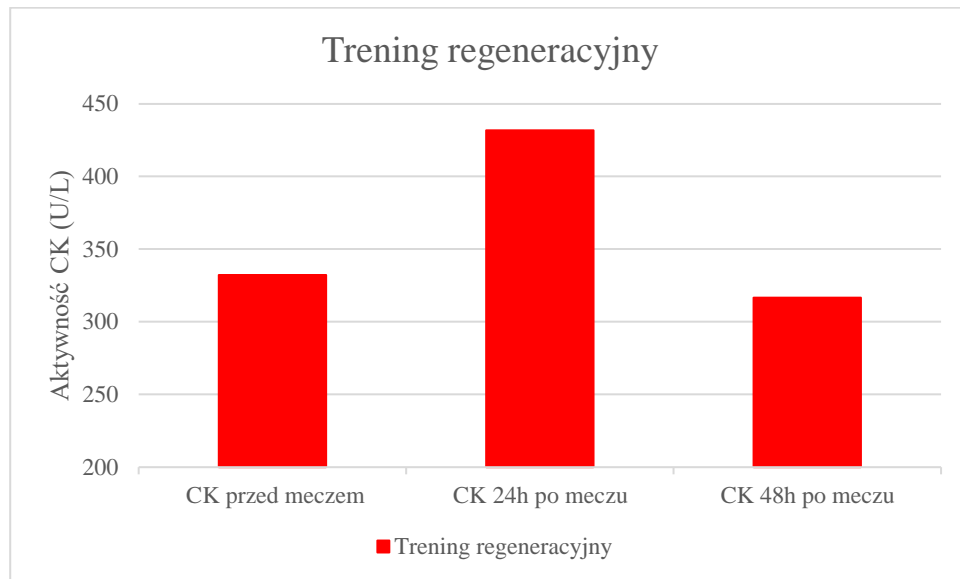


Rycina 15 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie bez terapii.



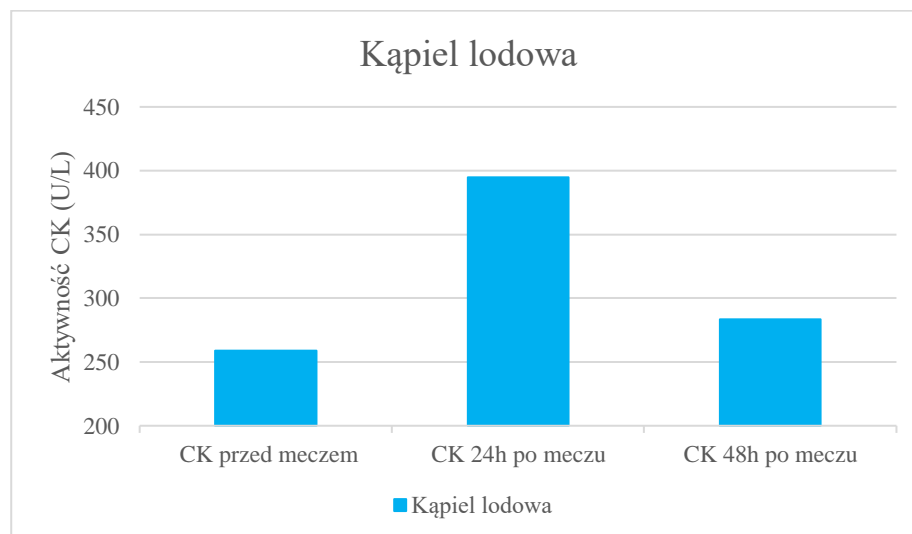
Rycina 16 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie poddanej kąpieli kontrastowej.

W trzeciej grupie z przeprowadzonym treningiem regeneracyjnym zarejestrowano istotny spadek aktywności CK w osoczu między pomiarem dokonany 24h po meczu a pomiarem przeprowadzonym 48h po meczu (rycina 17).



Rycina 17 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie poddanej treningowi regeneracyjnemu.

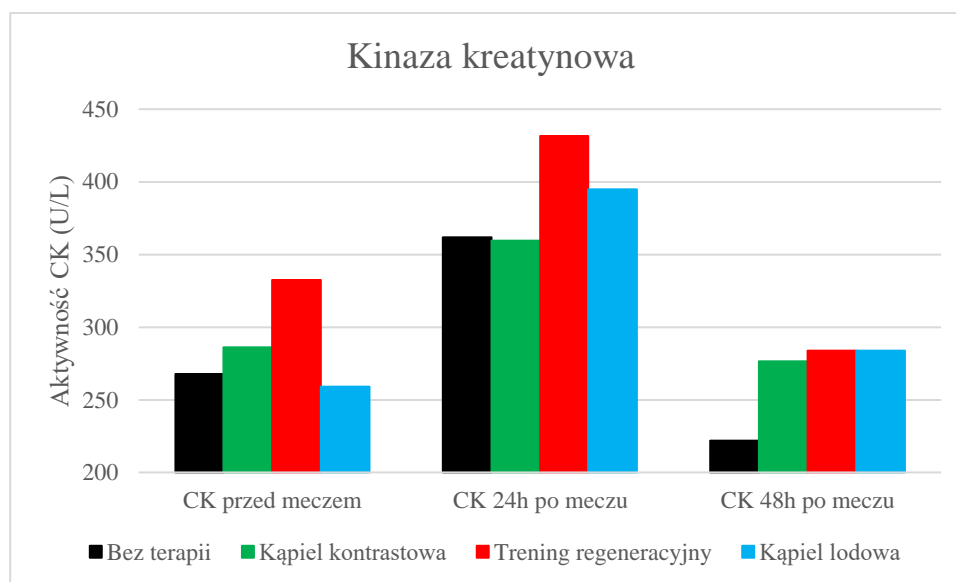
W czwartej grupie, w której wykonano kąpiel lodową zaobserwowano istotny wzrost aktywności CK w osoczu między pomiarem przeprowadzonym przed meczem a tym dokonany 24h po meczu (rycina 18).



Rycina 18 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie poddanej kąpieli lodowej.

V 6. Różnice w zakresie kinazy kreatynowej w obserwacjach pomiędzy grupami.

Dodatkowo, jak w przypadku analizy wyników poziomu mioglobiny we krwi porównano również aktywność CK w osoczu między poszczególnymi grupami. Istotną statystycznie różnicę pomiędzy zarejestrowanymi wartościami zaobserwowano 48h po meczu w grupie bez terapii a grupą z kąpielą lodową oraz treningiem regeneracyjnym (rycina 19).



Rycina 19 Zbiorcze zestawienie poziomów aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu we wszystkich grupach.

Wyniki omawianych analiz zostały zamieszczone w tabeli 8. Dodatkowo załączono wartości istotności porównań parami w aneksie (Załącznik D1).

Tabela 8 Średnie rangi wraz z medianami dla poziomu kinazy kreatynowej w zależności od warunku dla pomiaru przed meczem, 24 godziny po meczu oraz 48 godzin po meczu

	Średnia ranga	Me
Trening regeneracyjny		
Kinaza kreatynowa przed meczem	7,70	332,47
Kinaza kreatynowa 24h po meczu	11,30	431,62
Kinaza kreatynowa 48h po meczu	6,15	316,59
Kąpiel lodowa		
Kinaza kreatynowa przed meczem	3,30	259,00
Kinaza kreatynowa 24h po meczu	9,38	394,80
Kinaza kreatynowa 48h po meczu	5,90	283,65
Kąpiel kontrastowa		
Kinaza kreatynowa przed meczem	5,40	286,10
Kinaza kreatynowa 24h po meczu	9,28	359,30
Kinaza kreatynowa 48h po meczu	3,75	276,30
Bez terapii		
Kinaza kreatynowa przed meczem	4,65	267,85
Kinaza kreatynowa 24h po meczu	9,25	361,95
Kinaza kreatynowa 48h po meczu	1,95	221,80

VI DYSKUSJA

Koszykówka jest trzecim najpopularniejszym sportem na świecie. Regularnie zawodowo lub rekreacyjnie uprawia ją ponad 450 milionów graczy. W 2000r. Federation International Basketball Association wprowadziła nowe zasady gry. Najważniejsze zmiany dotyczyły skrócenia czasu akcji z 30 sekund do 24 sekund oraz czasu na przeprowadzenie piłki na połowę atakowaną z 10 sekund do 8 sekund. Zrezygnowano również z formuły gry 20 minutowych połów na rzecz 10 minutowych kwart (B. Cormery i wsp., 2015). Będąc od 15 lat fizjoterapeutą drużyny koszykarskiej zaobserwowałem, że zmiany te wywarły nie tylko głęboki wpływ na grę, ale również na cechy fizyczne zawodników. Większa liczba akcji na mecz oraz dłuższy łączny czas, w którym zawodnicy poddawani są obciążeniom o wysokiej intensywności sprawiły, że formuła treningów została zintensyfikowana. Częste i ciężkie zaprawy sprawiają, że nierzadko brakuje czasu na pełną regenerację między sesjami. Dlatego dla mnie – fizjoterapeuty, jak i dla współczesnej medycyny sportowej jedną z najważniejszych podejmowanych kwestii powinna być jak najszybsza i najskuteczniejsza odnowa po treningu i zawodach. To ona ma za zadanie przyspieszyć procesy regeneracyjne, zmniejszyć skutki powolnych obciążeń i przygotować organizm zawodnika do kolejnych wysiłków. W moich badaniach dążyłem do osiągnięcia pełnej regeneracji, gdyż to ona skutkuje przywróceniem stanów organicznych i psychologicznych, które marginalizują możliwość ciężkich kontuzji (R. Jentjens i wsp., 2003).

W celu osiągnięcia pełnej powysiłkowej regeneracji istotne jest zrozumienie specyficznych mechanizmów zmęczenia, wpływów czynników zewnętrznych oraz specyfiki danej dyscypliny sportowej. W porównaniu z innymi sportami zespołowymi, główne różnice specyficzne dla wymagań stawianych koszykarzom podczas treningów i meczów to szybsze i krótsze przyspieszenia i hamowania, gwałtowna zmiana kierunków ruchu, skoki i kontakty między zawodnikami, które mogą potencjalnie skutkować urazem. Zawodników cechuje również duża masa mięśniowa i wielkość ciała, co może wpływać na ich podatność na otyłość w porównaniu z mniejszymi lub szczuplejszymi sportowcami (G. Banfi i wsp., 2012). Dlatego ważne dla mnie jest ustalenie i ujednoczenie procedur regeneracyjnych. Skuteczna metoda leczenia DOMS poprawiłaby wyniki sportowe, zmniejszyła ryzyko kontuzji i zoptymalizowała trening koszykarski.

W literaturze naukowej omówiono wiele metod regeneracyjnych. Ich wykorzystanie uzależnione jest od rodzaju uprawianego sportu, czasu do następnego meczu oraz dostępnego sprzętu lub personelu trenerskiego/medycznego. Do głównych metod regeneracji praktycznie stosowanych przez zespoły należą: odpowiednio dobrana suplementacja, aktywna regeneracja, rozciąganie, hydroterapia, odzież uciskowa, masaż, środki psychologiczne, odpoczynek i sen oraz akupunktura. W środowisku naukowym brakuje jednak konsensusu, co do korzyści płynących ze stosowania tych różnych form regeneracji. Jednym z zadań jakie postawiłem sobie podczas tego eksperymentu było wskazanie najskuteczniejszej metody redukcji opóźnionej bolesności mięśniowej. W tym celu zestawiałem ze sobą cztery grupy badawcze, każda z inną formą regeneracji. Pierwsza z kąpielą kontrastową, druga z treningiem regeneracyjnym, trzecia z kąpielą lodową oraz czwarta bez terapii.

W dotychczasowych publikacjach próżno szukać badań, które porównywałyby wszystkie te metody regeneracyjne jednocześnie. Najczęstszym zagadnieniem, nad którym pracowali naukowcy była kąpiel lodowa i jej wpływ na regenerację powysiłkową sportowców. Delextrat i wsp. (2012) przeprowadzili eksperyment, którego celem było porównanie wpływu masażu i przerywanego zanurzenia w zimnej wodzie (2x 5min, 11°C) na percepcyjne i wydajnościowe markery regeneracji po wysiłku meczowym. W tym celu ośmiu koszykarzy i osiem koszykarek poddanych było bezpośrednio po zawodach zabiegom odnowy biologicznej. Zawodnicy trzykrotnie za pomocą wizualnej analogowej skali, określali poziom ogólnego zmęczenia i bolesności nóg (po meczu, po interwencji, 24h po interwencji). Natomiast po 24h dokonano oceny wydolności fizycznej. Test obejmował skok dosiężny (2x 3 skoki) oraz bieg wahadłowy (10x 30m). Zauważono, że natychmiast po masażu i zanurzeniu w zimnej wodzie odczuwano mniejsze ogólne zmęczenie oraz mniejszy ból kończyn dolnych. Ponadto kobiety miały niższą percepcję zmęczenia po zanurzeniu w zimnej wodzie niż podczas masażu w dowolnym momencie testu. Wydajność skoku była większa po zanurzeniu w zimnej wodzie niż w warunkach kontrolnych. Wyniki sugerują, że zarówno masaż, jak i zanurzenie w zimnej wodzie poprawiają percepcyjne środki regeneracji. Ponadto kąpiel lodowa poprawia wydajność skoku dosiężnego, ale ani ona, ani masaż nie mają wpływu na zdolność powtarzania sprintu. Otrzymane wyniki sugerują, że zanurzenie w zimnej wodzie jest bardziej przydatne niż masaż w regeneracji po meczach

koszykówki, zwłaszcza u kobiet.

Kolejnymi autorami badającymi skuteczność kąpeli lodowej byli Montgomery i wsp. (2008), którzy w swoim eksperymencie porównywali strategię zanurzenia w zimnej wodzie, z stosowaniem odzieży kompresyjnej oraz rozciąganiem połączonym z suplementacją węglowodanami. Badania swoje oparli na koszykarzach biorących udział w trzydniowym turnieju, w którym jednego dnia gra się jedno spotkanie. Graczy przypisano do jednego z trzech zabiegów regeneracyjnych: rozciąganie oraz węglowodany (grupa kontrolna, 1g x masa ciała – n 9), zanurzenie w zimnej wodzie (11°C, 5 x 1 min – n 10), lub odzież kompresyjna (ucisk całych nóg 18 mmHg przez 18 godzin – n 10). Po każdej grze przez trzy kolejne dni zawodnicy poddawani byli tym zabiegom. Wnioski formułowano na podstawie analizy próbek krwi żyłnej pobieranych przed turniejem oraz po 10 minutach, 6 godzinach i 24 godzinach po każdej grze pod kątem stężeń markerów uszkodzenia mięśni białka wiążącego kwasy tłuszczowe (FABP), kinazy kreatynowej i mioglobiny; badano również interleukinę-6 (IL-6) i interleukinę-10 (IL-10). Stwierdzono, że zanurzenie w zimnej wodzie zapewnia ostre działanie przeciwbólowe i wydaje się najskuteczniejsze w zwiększaniu efektywności regeneracji powysiłkowej. Autorzy zachęcają graczy, aby podejmowali tę formę regeneracji w ramach regularnego postępowania pomeczowego.

Z kolei Klich i wsp. (2018) postanowili określić wpływ krótkotrwałej kąpeli lodowej na próg bólu uciskowego po maksymalnym beztlenowym treningu siłowym u kolarzy torowych. W tym celu na dwunastu elitarnych kolarzach torowych przeprowadzono eksperyment, który opierał się na treningu składającym się z 20 minut rozgrzewki i sprintów maksymalnych (trzy sprinty). Bezpośrednio po treningu badani zanurzyli kończyny dolne w zimnej kąpeli wodnej na 5 minut. Temperatura wody oscylowała w granicy 5°C. Poziomy PPT mierzono przed treningiem, bezpośrednio po treningu, ale przed regeneracją oraz po upływie 1h i 12h od zastosowania kąpeli lodowej. Badanie to wykazało, że ten rodzaj regeneracji miał korzystny wpływ na zminimalizowanie opóźnionej bolesności mięśniowej 1 godzinę po powtórzonym maksymalnym treningu sprinterskim.

Ciekawe obserwacje zarejestrowali Sellwood i wsp. (2007), którzy w swoich badaniach podjęli się oceny czy kąpiel lodowa po ekscentrycznym ćwiczeniu mięśnia czworogłowego minimalizuje objawy opóźnionej bolesności mięśniowej. W tym celu 40 studentów – niewytrenowanych ochotników, wykonało ekscentryczny protokół

obciążenia swoją niedominującą nogą. Następnie zostali losowo przydzieleni do trzech 1 minutowych zanurzeń w wodzie z lodem ($5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) lub letniej (24°C). W celu ustalenia efektu poszczególnych interwencji na początku, 24, 48 i 72 godziny po ćwiczeniach rejestrowano ból i tkliwość (wizualna skala analogowa), obrzęk (obwód uda), funkcję (jednonogi skok na odległość), maksymalną siłę izometryczną oraz kinazę kreatynową w surowicy (CK). Na podstawie analizy tych wyników nie zaobserwowano istotnych różnic między grupami pod względem zmian parametrów bólu, czułości, siły izometrycznej, obrzęku, przeskoku na odległość lub CK w surowicy w czasie. Dopatrzone się za to znaczącej różnicy w bólu w pozycji siedzącej po 24 godzinach, przy czym grupa interwencyjna wykazała większy wzrost bólu niż grupa kontrolna (odpowiednio zmiana mediany 8,0 vs 2,0 mm, $p = 0,009$). Na tej podstawie sformułowano wniosek, iż protokół zanurzenia w wodzie z lodem zastosowany w tym badaniu był nieskuteczny w minimalizowaniu markerów DOMS u badanych. Do podobnych wniosków dochodzę też w swoim eksperymencie. Można zatem wspólnie z Autorami badania zakwestionować szerokie zastosowanie tej interwencji jako strategii regeneracji oraz zadać sobie pytanie, czemu jest tak powszechnie stosowana przez sportowców?

Wpływ na to może mieć fakt, że kąpiel lodowa zmniejsza prędkość przewodzenia nerwów w tkankach powierzchniowych poprzez spowolnienie tempa wyzwalania aferentnych wrzecion mięśniowych i odpowiedzi odruchowych, zmniejsza się w ten sposób skurcz mięśni a podwyższa próg bólowy (Wilcock i wsp., 2006). Można więc założyć, że sportowcy korzystają z kąpeli lodowej z uwagi na jej przeciwbólowy charakter. Równie ważnym aspektem może być nastawienie psychologiczne zawodnika, czyli przekonanie o skuteczności tej metody regeneracyjnej. Liczne badania potwierdziły, że efekt placebo jest w stanie w znacznym stopniu zwiększyć wydajność fizyczną. (Bystad i wsp., 2015). U zawodnika wierzącego w efektywność tej terapii może ona przynieść zamierzony skutek.

Panuje ogólna zgoda, co do tego, że kąpiel lodowa obniża temperaturę skóry, tkanki podskórnej i mięśni (Enwemeka i wsp., 2002). Zatem rozbieżności w wynikach badań można doszukiwać się w indywidualnej grubości tkanki podskórnej oraz różnej wielkości obwodu kończyn. Nie bez znaczenia jest również metodyka zabiegu. Mięśnie potrzebują więcej czasu na obniżenie swojej temperatury niż tkanki położone powierzchniowo (Jaskólska i wsp., 2003). Istnieje zatem ryzyko, że za krótki czas kąpeli lodowej nie pozwoli

na schłodzenie głębiej położonych struktur.

Różnice w poszczególnych eksperymentach nie zamykają się tylko na metodycznym dysonansie, ale również na charakterze podejmowanego wysiłku. Nierzadko badani poddawani są symulowanym wysiłkom meczowym, które mogą nie wygenerować maksymalnego zaangażowania w grze i wejścia zawodników na submaksymalne i maksymalne obciążenia. Inaczej wygląda sytuacja z zawodowymi sportowcami i ich rozgrywkami ligowymi. Wówczas każdy mecz, jest walką o punkty w tabeli i premie meczowe, co motywuje graczy do ciężkiej pracy. Poszczególne dyscypliny sportowe różnią się również pod względem czasu i intensywności wysiłku. Rozbieżności dotyczą również grup badawczych. Ich liczebności oraz tego, że badania przeprowadzane są zarówno na zawodowych sportowcach, amatorach, studentach czy ochotnikach, gdzie poziom wytrenowania poszczególnych grup jest niewspółmierny.

W literaturze naukowej można odszukać publikacje, w których badacze konfrontują ze sobą różne metody hydroterapeutyczne. Takim przykładem może być Ingram i wsp. (2009), którzy w swoich badaniach postawili sobie za cel porównanie skuteczności kąpieli kontrastowej, kąpieli lodowej i braku regeneracji (grupa kontrolna) jako metod regeneracji po treningu wyczerpujących symulowanych ćwiczeń gier zespołowych. W tym celu u jedenastu sportowców przez 48 godzin po okresie ćwiczeń mierzono powtarzaną zdolność sprintu, siłę, bolesność mięśni i markery stanu zapalnego. Eksperyment polegał na trzech 3 - dniowych testach, z każdą próbą oddzieloną o 2 tygodnie. Pierwszego dnia zarejestrowano wyjściowe pomiary wydajności (sprinty 10 m × 20 m i wytrzymałość izometryczną mięśnia czworogłowego, ścięgna podkolanowego i zginaczy bioder). Następnie uczestnicy wykonali 80 minut symulowanych ćwiczeń zespołowych, a następnie test biegu wahadłowego o długości 20 m do wyczerpania. Po zakończeniu treningu i po 24 godzinach uczestnicy wykonali jedną z procedur regeneracji potreningowej, która trwała przez 15 minut. 48 godzin po ćwiczeniach testy wydajności powtórzono. Próbkę krwi i oceny bolesności mięśni pobierano przed i bezpośrednio po wysiłku oraz 24 godziny i 48 godzin po wysiłku. Na ich podstawie zauważono, że w porównaniu z grupą kontrolną, w grupach z hydroterapią zarejestrowano znacznie niższe ($p < 0,05$) oceny bolesności mięśni, a także zmniejszone ubytki izometrycznego rozciągania nóg i siły zginania w 48-godzinnym okresie po treningu. Dodatkowo kąpiel lodowa spowodowała szybszy powrót do wyjściowych

wyników sprintu. W przypadku kąpeli kontrastowej zaobserwowano znaczną redukcję bólu mięśni 24 godziny po wysiłku. Autorzy w badaniu tym wykazali, że kąpiel lodowa po wyczerpujących symulowanych ćwiczeniach gier zespołowych oferuje większe korzyści regeneracyjne niż kąpiel kontrastowa i brak odnowy biologicznej.

Podobną próbę podjął Higgins i wsp. (2012), którzy w swojej pracy oceniali hydroterapię jako strategię regeneracji po symulowanej grze rugby. W badaniach tych wzięło udział 24 graczy płci męskiej, którzy po meczu rugby zostali losowo przydzieleni do jednego z trzech protokołów regeneracyjnych: kąpeli lodowej (2x 5 min 10°C), kąpeli kontrastowej (5 cykli jednonumitowych 10°C/38°C) oraz regeneracji pasywnej (grupa kontrolna - 15 minutowy relaks w pozycji siedzącej w neutralnym termicznie środowisku). Badania te zostały powtórzone po 6 dniach i kolejnej symulowanej grze. W przerwie między meczami zostały przeprowadzone trzy sesje treningowe. Pomimo nieistotnych statystycznie wyników badacze dowodzili, że obie strategie hydroterapeutyczne dają większe korzyści regeneracyjne niż pasywna regeneracja.

Z kolei L.E. Juliff i wsp. (2014) postanowili sprawdzić, czy różne formy kontrastowych terapii mają wpływ na regenerację elitarnych graczy netballa. W tym celu na 10 zawodniczkach, które ukończyły specyficzny dla tej dyscypliny trening obwodowy przeprowadzono jedną z 14 minutowych interwencji regeneracyjnych: kąpiel kontrastową (naprzemiennie 1 minuta 38°C i 1 minuta 15°C), kontrastowe natryski (naprzemiennie 1 minuta 38°C i 1 minuta 18°C) oraz bierną regenerację (odpoczynek w pozycji siedzącej w 20°C). Na pytanie o skuteczność tej formy regeneracji miały odpowiedzieć pomiary temperatury ciała i skóry, powtarzany pięciokrotnie bieg po kopercie oraz ankieta odczuwanego zmęczenia. Dane te były rejestrowane przed, bezpośrednio po, 5 i 24 godziny po wysiłku. Analiza wyników wykazała, że nie było istotnych różnic w teście zwinnosci między warunkami w żadnym momencie. Nie stwierdzono również istotnych różnic w temperaturze ciała między warunkami; jednakże temperatura skóry była znacznie niższa bezpośrednio po kąpeli kontrastowej i prysznicach kontrastowych w porównaniu z pasywną regeneracją. Odczucie zmęczenia było mniejsze po zabiegach kontrastowych w porównaniu z biernym warunkiem. Badania te wykazały, że obie metody kontrastowe nie przyspieszały procesów regeneracyjnych u elitarnych graczy w netballa, ale autorzy zwracają uwagę na psychologiczną korzyść z obu interwencji. Sygnalizują, że metoda ta

powinna być brana pod uwagę przy określaniu przydatności tych interwencji regeneracyjnych w sporcie zespołowym.

N.D. Gill i wsp. (2006) za pomocą obserwacji wartości kinazy kreatynowej, jako wyznacznika uszkodzenia mięśni, badali skuteczność czterech interwencji w zakresie szybkości i wielkości regeneracji. W tym celu u 23 elitarnych graczy rugby płci męskiej pobrano próbki krwi przed, bezpośrednio po, 36 godzin po i 84 godziny po zawodach rugby, a następnie losowo przydzielono do wykonania jednej z czterech strategii pomoczkowej regeneracji: kąpeli kontrastowej, odzieży kompresyjnej, aktywnych ćwiczeń o niskiej intensywności i pasywnej regeneracji. Na podstawie tych badań zaobserwowano, że ćwiczenia o niskiej intensywności wykonywane bezpośrednio po zawodach, noszenie odzieży kompresyjnej oraz kąpiel kontrastowa zmniejszały aktywność CK w surowicy bardziej niż bierna regeneracja.

W. Hing (2010) opracował kwestionariusz, który był kierowany do elitarnych drużyn sportowych w Nowej Zelandii. Na jego podstawie chciał zbadać i przeanalizować wykorzystywanie terapii kontrastowej w tym kraju. Wykazał, że większość respondentów (79%) stosowała tę metodę regeneracyjną zaraz po wysiłku. Zwrócił również uwagę nie tylko na rozbieżność temperatur, które wahały się od 4 do 15°C dla fazy zimnej i od 23 do 40°C dla fazy ciepłej, ale i również długości cykli (1 : 1-3 minut – faza zimna : faza ciepła). Swoim badaniem pokazał, że metoda ta jest często stosowana przez sportowców w Nowej Zelandii, ale istnieje niewielka zgodność, co do metodologii terapii kontrastowej, co znajduje również odzwierciedlenie w literaturze, która obecnie nie podaje optymalnych parametrów tej terapii. W tym fakcie upatruję powód tak różnych obserwacji w szeregu publikacji.

W środowisku naukowym panuje przekonanie, że ćwiczenia są jedną z najskuteczniejszych strategii łagodzenia DOMS (Cheung i wsp., 2003), co ma odzwierciedlenie w moim eksperymencie. Wysiłek fizyczny o wysokiej intensywności przyczynia się do produkcji i akumulacji mleczanu we krwi (P. Menzies i wsp., 2010). Szybkie sprinty, zmiany kierunków, skoki, przyspieszenia i nagle hamowania wymagają od koszykarzy treningu i gry o maksymalnym natężeniu. Im większa intensywność ćwiczeń, tym więcej wytworzonego kwasu mlekowego we krwi. Poziom pH organizmu obniża się, co może oddziaływać na spadek wydajności poprzez hamowanie kluczowych enzymów

glikolitycznych i zmniejszenie siły skurczów mięśni (Micklewright i wsp., 2006). Sportowiec zmuszony jest wtedy do zmniejszenia poziomu intensywności swojej pracy, żeby zapobiec ewentualnemu urazowi. Jak dowodzą badacze to aktywna regeneracja sprawia, że kwas mlekowy jest szybciej usuwany z organizmu. To ona też wywołuje rozszerzenie naczyń krwionośnych skóry, przez które dostarczana jest wówczas większa ilość tlenu do mięśni (Wilson i wsp., 2004). Oba te fakty przyczyniają się do skuteczniejszej i szybszej regeneracji.

V. Coffey i wsp., (2004) przeprowadzili badania, których celem było porównanie skuteczności trzech różnych metod regeneracji – aktywnej, pasywnej i kąpieli kontrastowej – na wydajność powtarzanego biegu na bieżni, stężenie mleczanu i pH. W eksperymencie tym wzięło udział czternastu mężczyzn, którzy dwukrotnie wykonali bieg na bieżni do wyczerpania przy 120% i 90% maksymalnej prędkości biegu. Po upływie 4 godzin bieg został powtórzony. Po każdej parze biegów na bieżni wykonywano przez 15 minut jedną z form odnowy. Aktywna regeneracja polegała na biegu z 40% maksymalną prędkością, pasywna opierała się na staniu na baczność, a kąpiel kontrastowa składała się z naprzemiennego zanurzenia w zimnej (10°C) wodzie przez minutę a następnie przez dwie minuty w gorącej (42°C). Pomiar pokazały, że stężenie mleczanu we krwi po wysiłku było niższe w przypadku zastosowania aktywnej regeneracji i kąpieli kontrastowej w porównaniu z pasywną regeneracją. Uczestnicy eksperymentu zgłaszali lepsze samopoczucie po zastosowaniu hydroterapii w porównaniu z pozostałymi metodami regeneracyjnymi. Rodzaj odnowy nie miał istotnego wpływu na poziom pH krwi. Dane sugerują, że zarówno aktywna regeneracja, jak i kąpiel kontrastowa zmniejszają gromadzenie się mleczanu po biegu o wysokiej intensywności. Natomiast wydolność biegowa powraca do poziomu wyjściowego po 4 godzinach od początkowej sesji ćwiczeń, niezależnie od zastosowanej strategii regeneracji.

J.J. Tufano i wsp., (2012) postanowili w swoim eksperymencie zbadać wpływ regeneracji tlenowej o niskiej i średniej intensywności na DOMS i siłę mięśniową. W tym celu 26 kobiet było poddanych protokołowi wywołującemu opóźnioną bolesność mięśniową, składającego się z ekscentrycznych ćwiczeń dla prostowników stawu kolanowego, a następnie jednej z trzech 20-minutowych interwencji regeneracyjnej: jazda na rowerze o umiarkowanej intensywności (n = 10), jazda na rowerze o niskiej

intensywności ($n = 10$) lub odpoczynek w pozycji siedzącej ($n = 6$). Skalę bólu, siłę izometryczną i siłę dynamiczną rejestrowano przed, bezpośrednio po, 24h, 48h, 72h i 96h po wysiłku. Na podstawie tych pomiarów zauważono, że siła dynamiczna była istotnie większa przed obciążeniem, 48h, 72h i 96h po nim, niż bezpośrednio po oraz nie różniła się od wartości zarejestrowanych 24h po wysiłku. Z kolei odczucie bólu mierzone bezpośrednio po wysiłku było większe niż we wszystkich innych okresach, podczas gdy po 24h, 48h i 72h było większe niż wartości zarejestrowane przed obciążeniem. W przypadku siły izometrycznej aktywna regeneracja niezależnie od intensywności nie przyniosła żadnej znaczącej różnicy w obserwacjach dokonanych po wysiłku. Jazda na rowerze o umiarkowanej intensywności nie wykazała różnicy między próbami dokonanymi przed, bezpośrednio po, 24h i 48h od wykonania protokołu ekscentrycznych ćwiczeń. Natomiast wartości zarejestrowane 72h i 96h po aktywności były istotnie wyższe od osiągniętych 24h po wysiłku. Na podstawie osiągniętych wyników autorzy badań sugerują regenerację tlenową o umiarkowanej intensywności jako skuteczną metodę walki z DOMS.

P. Menzies i wsp. (2010) w swoich badaniach próbowali określić jaki poziom intensywności aktywnej regeneracji sprzyja usuwaniu nagromadzonego mleczanu we krwi. W tym celu dziesięciu mężczyzn poddanych było interwałowym biegom przy 90% maksymalnego poboru tlenu (VO_{2max}), co zwiększyło stężenie mleczanu we krwi. Następnie wykonano ćwiczenia regeneracyjne w zakresie od 0 do 100% progu mleczanowego. Wielokrotne pomiary mleczanu we krwi wykazały szybszy klirens kwasu mlekowego podczas regeneracji czynnej w porównaniu z bierną oraz że spadek stężenia mleczanu był szybszy przy wyższej (60-100% progu mleczanowym) intensywności. Szczegółowe analizy wykazały, że aktywna regeneracja przy 80-100% progu mleczanowego była najefektywniejsza. Badacze dowiedli, że aktywna regeneracja po forsownych ćwiczeniach usuwa nagromadzony we krwi mleczan szybciej niż regeneracja bierna w sposób zależny od intensywności, a maksymalny klirens wystąpił przy aktywnej regeneracji, bliskiej progu mleczanowego.

Bardzo ciekawe badania przeprowadzili A.J. McAinch i wsp. (2004), którzy postawili hipotezę, że aktywna regeneracja pomiędzy powtarzanimi seriami intensywnych ćwiczeń aerobowych prowadzi do lepszego utrzymania sprawności fizycznej w drugiej sesji ćwiczeń. W tym celu siedmiu wytrenowanych mężczyzn wykonało jazdę na rowerze

stacjonarnym z narastającym co minutę tempem podczas dwóch 20-minutowych sesji. Serie te były oddzielone 15-minutowym okresem regeneracyjnym. Podczas regeneracji biernej badani odpoczywali w pozycji leżącej na plecach, natomiast aktywny odpoczynek opierał się na kontynuacji jazdy z prędkością 40% maksymalnego poboru tlenu. Podczas badań dokonano biopsji mięśni i pobrano próbki krwi, które wykazały, że ani poziom glikogenu mięśniowego, ani stężenie kwasu mlekowego nie różniły się w żadnym momencie przy porównaniu metod regeneracyjnych. Eksperyment ten pokazał, że aktywna regeneracja pomiędzy dwoma seriami intensywnych ćwiczeń aerobowych trwających 20 minut nie pomaga w utrzymaniu wydolności. Ponadto aktywna regeneracja nie zmienia ani zawartości glikogenu w mięśniach, ani stężenia mleczanu we krwi, a zatem wydaje się, że nie ma uzasadnienia dla takiej praktyki po intensywnych ćwiczeniach aerobowych.

Odmiennego zdania jest Kawczyński i wsp. (2013), którzy opracowali eksperyment, którego celem było zbadanie procesów regeneracyjnych mięśni i ich wrażliwości na ból uciskowy oraz wskaźników krwi po trzech różnych sposobach treningu po meczu u profesjonalnych piłkarzy. Zestawiono ze sobą standardowy trening regeneracyjny, trening redukcji opóźnionej bolesności mięśniowej oraz brak aktywności fizycznej. Badania te przeprowadzono w trzech sesjach w ciągu trzech tygodni po trzech meczach ligowych. W niniejszym badaniu wzięło udział jedenastu mężczyzn - piłkarzy. Procedura składała się z następujących ocen zawartych w każdej sesji: pomiar proggu wrażliwości na ból, aktywności kinazy kreatynowej (CK) i stężenia mioglobiny (Mb) przed, 24 i 48 godzin po grze. W eksperymencie tym nie stwierdzono pełnego przywrócenia wrażliwości głębokiej struktury mięśni przednich ud w 48 godzin po grze ($P = 0,008$) w grupie ze standardowym treningiem regeneracyjnym. W sesji bez aktywności fizycznej wrażliwość powróciła do swojego poziomu przed grą. Natomiast w ostatniej grupie wrażliwość mięśni na ból zmniejszyła się 48 godzin po grze ($P < 0,001$). Niniejsze wyniki pozwoliły badaczom na sformułowanie wniosku, iż trening redukcji opóźnionej bolesności mięśniowej ma silny wpływ na regenerację po meczu piłkarskim.

Do podobnych wniosków dochodzę i ja w moich badaniach, które wskazują wyraźnie, iż właśnie ta metoda regeneracyjna była najskuteczniejszą i najszybszą. Skąd rozbieżności wyników w przypadku stosowania aktywnej regeneracji?

W badaniach, które opierały się na subiektywnym odczuciu zmęczenia po

zastosowanej metodzie regeneracyjnej, nie można wykluczyć sytuacji, w której sportowiec po wykonaniu submaksymalnego i maksymalnego obciążenia meczowego, jest negatywnie nastawiony do konieczności podjęcia kolejnego wysiłku, nawet jeżeli będzie on o niższej intensywności.

Różnice mogą też wynikać z metodologicznego dysonansu. Długości trwania, intensywności i formy aktywnej regeneracji, ale i również liczebności badanej grupy oraz poziomu jej wytrenowania.

Najbardziej wiarygodnym i miarodajnym narzędziem wydają się być markery krwi, które obrazują powysiłkowy stopień uszkodzenia mięśnia.

R. Thorpe i wsp. (2012) w swoich badaniach monitorowali uszkodzenie mięśni, wskaźniki endokrynologiczne i immunologiczne podczas ligowego meczu piłki nożnej. Godzinę przed rozpoczęciem i bezpośrednio po spotkaniu od siedmiu półprofesjonalnych piłkarzy pobrano próbki krwi i śliny. Do pomiaru tętna i aktywności meczowej wykorzystano sprzęt z globalnym systemem pozycjonowania. Procentowy wzrost stężeń kinazy kreatynowej i mioglobiny był skorelowany z liczbą sprintów wykonanych podczas meczu. Zawodnicy wykonali ich 39 ± 18 . Poziom CK wzrósł o 84%, a Mb o 238%. Kortyzol z kolei wzrósł o 78%, podczas gdy testosteron wzrósł o 44%. Nie zaobserwowano żadnych różnic w stosunku testosteronu do kortyzolu, immunoglobulin (IgA, IgM i IgG). Badacze doszli do wniosku, iż sprint, czyli aktywność o wysokiej intensywności jest skorelowany ze zmianami kinazy kreatynowej i mioglobiny. Fakt ten pozwala traktować te parametry jako markery związane z uszkodzeniem mięśni u półprofesjonalnych piłkarzy.

I.G. Fatouros i wsp. (2010) w swoim eksperymencie podjęli się próby określenia zmienności stężenia markerów stresu oksydacyjnego i statusu antyoksydacyjnego we krwi podczas regeneracji po meczu piłki nożnej. W tym celu dwudziestu piłkarzy zostało przydzielonych do dwóch drużyn rywalizujących ze sobą w meczu piłki nożnej. Dziesięciu innych zawodników niebiorących udziału w grze stanowiło grupę kontrolną. Na podstawie pomiarów dokonanych przed i po (natychmiast po, 24h, 48h, 72h) meczu, zarejestrowano liczne zmiany. Wydajność podczas regeneracji istotnie się obniżyła (2-17%). Przez 24h po meczu utrzymywała się podwyższona liczba leukocytów we krwi. Zarówno CK, jak i DOMS wzrosły w stosunku do wartości wyjściowej i pozostały podwyższone przez 48 godzin (3 - 8 krotnie). Stężenie substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym, białko

karbonylowe, kwas moczowy, zdolność przeciwutleniająca oraz aktywność peroksydazy glutationowej wzrosły (13-67%) w czasie regeneracji, podczas gdy katalazy (38%) wzrosły dopiero po pomiarze dokonany bezpośrednio po meczu. Z kolei poziom L-glutationu i utlenionego glutationu spadał (17-75%) w trakcie procesu regeneracji. Autorzy badań sugerują, że podczas gry w piłkę nożną stres oksydacyjny jest znacznie zwiększony, a za przyczynę takiego stanu rzeczy wskazują odpowiedź zapalną wywołaną wysiłkiem fizycznym, czemu towarzyszy wyraźne pogorszenie wydolności beztlenowej, które utrzymuje się nawet do 72 godzin.

W moim eksperymencie, jak i w badaniach Kawczyńskiego i wsp. (2013) wykazano tendencję do wzrostu aktywności kinazy kreatynowej pomiędzy pomiarami zarejestrowanymi przed meczem a tymi 24 godzin po nim oraz znaczny spadek pomiędzy 24h a 48h po meczu we wszystkich przeprowadzonych sesjach. Wyniki te są sprzeczne z badaniami I.G. Fatouros i wsp. (2010), które wykazały wzrost CK przez 48 godzin po meczu piłki nożnej. Podzielam opinię Kawczyńskiego, który sugeruje, że może to być efekt zwiększonego krążenia krwi, które zapewnia szybszą utylizację toksycznych produktów ubocznych, wskutek podjętych działań regeneracyjnych. Z kolei poziom mioglobiny spadł w obu pomiarach pomeczowych we wszystkich trybach regeneracji, co według Kawczyńskiego wskazuje, że żadna z metod regeneracji nie miała wpływu na stężenie Mb w osoczu. Jak tłumaczy to sam autor tych badań, wynik ten jest trudny do wyjaśnienia. Wskazuje, że ostatnie prace pokazują, że suplementacja węglowodanowo-białkowa jest w stanie istotnie obniżyć poziom stężenia mioglobiny we krwi 24h po podjętym wysiłku ekscentrycznym (A. Samadi i wsp., 2012).

Uprawianie sportu w ostatnich latach cieszy się coraz większą popularnością, przez co zainteresowanie odnową biologiczną również zyskuje większą uwagę. Dotychczasowe badania niestety rzadko dotyczyły regeneracji w koszykówce. Okoliczność ta stanowiła dla mnie dodatkowy impuls do podjęcia tej tematyki badawczej. Z całą pewnością zaletą dobranych przeze mnie metod regeneracyjnych jest łatwość wykonania tych procedur bez konieczności użycia specjalistycznego sprzętu. W związku z tym mogą być stosowane przez wszystkie zespoły.

Uzyskane wyniki zmniejszonych wartości bolesności mięśniowej mogą posłużyć w doborze odpowiedniej regeneracji w koszykarskich klubach sportowych i przygotować

zawodników na wcześniejsze podjęcie kolejnych prób wysiłkowych z większą efektywnością oraz uchronić ich od poważniejszego urazu związanego z przeciążeniem.

Jednocześnie chciałbym zaznaczyć, że dotychczasowa wiedza jaką posiadamy na temat opóźnionej bolesności mięśniowej i regeneracji w koszykówce wymaga rozszerzenia i zaleca się prowadzenie dalszych eksperymentów w celu rozwinięcia i zgłębienia tych mechanizmów.

VII WNIOSKI

1. Meczowy wysiłek u koszykarzy powoduje istotne obniżenie wartości PPT.
2. Wysiłek meczowy powoduje istotny spadek stężenia mioglobiny, który utrzymuje się do 48h po meczu niezależnie od podjętych metod regeneracyjnych.
3. Obciążenie meczowe powoduje wzrost aktywności CK w osoczu, natomiast terapia kontrastowa i trening regeneracyjny powodują istotne obniżenie tego parametru względem pomiaru dokonanego 24h po meczu.
4. Żadna z podjętych interwencji regeneracyjnych nie sprawiła, że po upływie 24h od meczu wartość PPT wróciła do poziomu początkowego.
5. Mięsień czworogłowy potrzebuje więcej czasu od mięśnia trójgłowego łydki, żeby wartość jego PPT wróciła do poziomu przedmeczowego.
6. Po 48h od meczu tylko w przypadku treningu regeneracyjnego zaobserwowano powrót wartości PPT do wartości przedmeczowych dla obu mięśni. Natomiast w przypadku kąpieli kontrastowej uzyskano ten efekt tylko w mięśniu trójgłowym łydki.
7. Z zaprezentowanych form regeneracyjnych najskuteczniejszy okazał się trening regeneracyjny.
8. Najmniejszą skuteczność regeneracyjną zaobserwowano w przypadku kąpieli lodowej.

VIII PIŚMIENICTWO

1. Bompa T, Zajac A, Waśkiewicz Z, Chmura J. Przygotowanie motoryczne w zespołowych grach sportowych. Katowice 2013, ss 5-9.
2. Cortis C, Tessitore A, Lupo C, Pesce C, Fossile E, Figura F and Capranica L. Interlimb coordination and strength, jump and sprint performances following a youth men's basketball game. *J Strength Cond Res* 25(1): 135-142, 2011.
3. Drinkwater EJ, Pyne DB and McKenna MJ. Design and interpretation of anthropometric and fitness testing of basketball players. *Sports Medicine*, 38 (7). pp. 565-578, 2008.
4. Castagna C, Manzi V, D'Ottavio S, Annino G, Padua E, Bishop D. Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2007; 21(4):1172–1176.
5. Abdelkrim NB, Fazaa, SE and Ati JE. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19 basketball players during competition. *Br J Sports Med* 41: 69–75, 2007.
6. Erčulj F, Bračič M. (2010). Morfološke značilnosti košarkaric, starih 14 in 15 let, ki nastopajo v skupinah A in B evropskega prvenstva [Morphological characteristics of female basketball players aged 14 and 15 playing in Divisions A and B of the European championship]. *Šport*, 58(1-2), 63-67.
7. Alemdaroğlu U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J Hum Kinet*, 2012; 31: 149-158.
8. Moreira A, Nosaka K, Nunes JA, Viveiros L, Jamurtas AZ, Aoki MS. Changes in muscle damage markers in female basketball players. *Biol Sport* 2014, 31: 3–7.
9. Jarvinen TA, Jarvinen TL, Kaariainen M, Kalimo H and Jarvinen M. (2005). Muscle injuries: biology and treatment. *Am. J. Sports Med.* 33, 745–764.
10. Nardone A and Schieppati M. Postural adjustments associated with voluntary contraction of leg muscles in standing man. *Exp Brain Res* 69: 469–480, 1988.
11. Komi PV, Rusko H. (1974) Quantitative evaluation of mechanical and electrical changes during fatigue loading of eccentric and concentric work. *Scand J Rehab Med [Suppl]* 3:121–126.
12. Friden J, Sjoström M, Ekblom B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med* 1983;4:170-176.
13. Bajaj P, Madeleine P, Sjogaard G, Arendt-Nielsen L. (2002) Assessment of postexercise muscle soreness by electromyography and mechanomyography. *J.Pain* 3: 126-136.
14. Komi PV, Linnamo V, Silventoinen P, Sillanpää M. Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1757–1762.
15. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise – induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* 1989; 7: 207-34.
16. Kawczyński A, Mroczek D, Chmura P, Madeleine P, Chmura J. Influence of a professional football game on delayed onset muscle soreness development in dominant and non dominant legs. *Polish J Sport Med.* 2013; 29 (1): 55–61.
17. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003; 33 (2): 145–164.
18. Glasgow PD, Ferris R, Bleakley CM. Cold water immersion in the management of delayed onset muscle soreness: is dose important? A randomised controlled trial. *Phys. Ther. Sport.* 2014, 15(4): 228-33.

19. Bajaj P, Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. (2001) Post-exercise muscle soreness after eccentric exercise: psychophysical effects and implications on mean arterial pressure. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 11: 266-273.
20. Kellmann M. (2002b). Underrecovery and overtraining: Different concepts – similar impact? In M. Kellmann (Ed.), *Enhancing recovery: preventing underperformance in athletes* (pp. 3-24). Champaign, IL: Human Kinetics.
21. Tessitore A, Meeusen R, Pagano R, Cbenvenuti I, Tiberi M, Capranica L. Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. *J Strength Cond Res.* 2008;22: 1402–1412.
22. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: A brief review. *J Strength Cond Res.* 2008; 22:1015-1024.
23. Ingram J, Dawson B, Goodman C, Wallman K and Beilby J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport.*
24. Rowsell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. Effects of cold water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *J Sports Sci.* 2009, 27:565-73.
25. Reilly T, Ekblom B. The use of recovery methods post-exercise. *J Sports Sci.* 2005;23:619–627.
26. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol. Rev.* 2001;81:1725–1789.
27. Cochrane D. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: A review. *Phys. Ther. Sport* 2004, 5. 26-32.
28. McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13:88-97.
29. Ibáñez SJ, García-Rubio J, Gómez-Ruano MA, González-Espinosa S. The impact of rule modifications on elite basketball teams' performance. *J. Hum Kinet* 2018, 62, 181–193.
30. Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med.* 2003;33:117– 144.
31. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, et al. Metabolic markers in sports medicine. *Adv Clin Chem.* 2012;56:1–54.
32. Delextrat A, Calleja-González J, Hippocrate A, et al. Effects of sports matches by basketball players. *J Sports Sci.* 2012, 31(1), 11–19.
33. Montgomery PG, Pyne DB, Hopkins WG, et al. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *J Sports Sci.* 2008;26:1135–1145.
34. Klich S, Krymski I, Michalik K, Kawczyński A. Effect of short – term cold – water immersion on muscle pain sensitivity in elite track cyclist. *Phys Ther Sport.* 2018;32:42-47
35. Sellwood K, Brukner P, Williams D, Nicol A and Hinman, R. (2007). Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: A randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 392-397.
36. Wilcock IM, Cronin JB, and Hing WA. Water immersion: does it enhance recovery from exercise? *Int J Sports Physiol Perform* 1: 195–206, 2006.

37. Bystad M, Bystad C, Wynn R. How can placebo effects best be applied in clinical practice? A narrative review. *Psychol Res Behav Manag* 2015, 29,8:41-5.
38. Enwemeka CS, Allen C, Avila P, Bina J, Konrade J, Munns S. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 45 – 50.
39. Jaskólska A, Świstak R, Bogucka M, Jaskólski A. Metody redukcji oraz prewencji opóźnionej bolesności mięśniowej (DOMS). *Przegląd Lekarski* 2003, 60(5): 353-358.
40. Ingram J, Dawson B, Goodman C, Wallman K and Beilby J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 417–421.
41. Higgins TR, Cameron M and Climstein M. Evaluation of passive recovery, cold water immersion, and contrast baths for recovery, as measured by game performances markers, between two simulated games of rugby union. *J Strength Cond Res* 2012.
42. Juliff LE, Halson SL, Bonetti DL, Versey NG, Driller MW and Peiffer JJ. Influence of contrast shower and water immersion on recovery in elite netballers. *J Strength Cond Res* 28: 353–2358, 2014.
43. Gill ND, Beaven CM and Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med* 40: 60–263, 2006.
44. Hing W, White SG, Lee P and Boouaphone A. The use of contrast therapy recovery within the New Zealand elite sports setting. *NZJSM* 37: 8–11, 2010.
45. Menzies P, Menzies C, McIntyre L, Paterson P. Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *J. Sports Sci.*, 28, 975–982.
46. Micklewright D, Sellens M, Gladwell V and Beneke R. (2006). Blood Lactate Removal Using Combined Massage and Active Recovery. *Biology of Sport*, 23 (4), 315-325
47. Wilson TE, Carter R, Cutler MJ, Cui J, Smith ML and Crandall CG. (2004). Active recovery attenuates the fall in sweat rate but not cutaneous vascular conductance after supine exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96 (2), 668-673.
48. Coffey V, Leveritt M, Gill N. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *J Sci Med Sport*. 2004;7:1- 10.
49. Tufano JJ, Brown LE, Coburn JW, Tsang KK, Cazes VL, LaPorta JW. Effect of aerobic recovery intensity on delayed-onset muscle soreness and strength. *J. Strength Cond. Res.*, 26, 2777–2782.
50. McAinch AJ, Febbraio MS, Parkin JM, Zhao S, Tangalakis K, Stojanovska L, and Carey MF. Effect of active versus passive recovery on metabolism and performance during subsequent exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14: 185–196, 2004.
51. Thorpe R, Sunderland C. Muscle damage, endocrine and immune marker response to a soccer match. *J Strength Cond Res* 2012;26:2783-90.
52. Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II, Nikolaidis MG, Kyparos A, Margonis K, Michailidis Y, Vantarakis A, Taxildaris K, Katrabasas I, Mandalidis D, Kouretas D and Jamurtas AZ. (2010) Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *Journal of Strength Conditioning and Research* 24, 3278-3286.
53. Samadi A, Gaeini AA, Kordi MR, Rahimi M, Rahnama N, Bambaiechi E. Effect of various ratios of carbohydrate-protein supplementation on resistance exercise-induced

muscle damage. *J Sports Med Phys Fitness* 2012;52:151-7.

STRESZCZENIE

TYTUŁ:

„Redukcja opóźnionej bolesności mięśniowej z zastosowaniem różnych form regeneracji powysiłkowej w mięśniu czworogłowym uda oraz trójgłowym łydki u koszykarzy”.

SŁOWA KLUCZOWE:

DOMS, koszykówka, trening regeneracyjny, kąpiel kontrastowa, kąpiel lodowa, regeneracja.

WSTĘP:

Koszykówka jest sportem, w którym zajęcia o wysokiej intensywności przeplatane są z okresami o niskiej. Sprinty, gwałtowne zmiany kierunków, skoki, przyspieszenia i nagłe hamowania są czynnościami, którymi poddawani są koszykarze podczas meczu czy treningu. Im większa intensywność tych ćwiczeń, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia opóźnionej bolesności mięśniowej (DOMS). W koszykówce na najwyższym poziomie gracze trenują dwa razy dziennie oraz rozgrywają minimum jeden mecz tygodniowo, co sprawia, że czas na odnowę biologiczną jest mocno ograniczony. Aby zapewnić odpowiednią regenerację po jakiegokolwiek aktywności (trening lub mecz), przygotować zawodników do podjęcia kolejnych obciążeń oraz uchronić ich od kontuzji konieczne jest skorzystanie z możliwie najszybszej i najskuteczniejszej metody regeneracyjnej.

CEL PRACY:

Głównym celem tej pracy jest ocena skuteczności różnych form regeneracji powysiłkowej na redukcję opóźnionej bolesności mięśniowej w mięśniu czworogłowym uda i trójgłowym łydki u koszykarzy.

PYTANIA BADAWCZE:

1. Która z form regeneracji sprawi, że po upływie 24h od wysiłku meczowego wartość PPT wróci do poziomu początkowego?
2. Czy we wszystkich grupach badawczych po upływie 48h od meczu wartość PPT wróci do poziomu przed wysiłkiem?
3. Czy wybrane metody regeneracyjne mają wpływ na redukcję opóźnionej bolesności mięśniowej?

4. Która z form regeneracji jest najskuteczniejszą metodą redukcji opóźnionej bolesności mięśniowej?
5. Po zastosowaniu której metody regeneracyjnej poziom PPT najszybciej powrócił do poziomu przedmeczowego?
6. Czy meczowy wysiłek u koszykarzy powoduje obniżenie wartości PPT?
7. Czy mięsień czworogłowy uda potrzebuje więcej czasu od mięśnia trójgłowego łydki, żeby wartość jego PPT wróciła do poziomu przedmeczowego?
8. Czy wysiłek meczowy ma odzwierciedlenie w obrazie krwi?

MATERIAŁ I METODY BADAWCZE:

W badaniu uczestniczyło 20 koszykarzy zespołu Śląska Wrocław, biorących udział w rozgrywkach ekstraklasowych. Przedział wiekowy zawodników zawierał się między 18 rokiem życia a 35 rokiem życia, a średnia wieku badanych wynosiła 24,75 roku, średnia wysokość ciała 194,7 cm, masa ciała 91,62 kg, a współczynnik BMI 23,96. Eksperyment przeprowadzono w 4 sesjach w ciągu czterech tygodni po czterech meczach ligowych. Każda sesja składała się z następujących procedur: pomiar progu bólowego (przed meczem, bezpośrednio po meczu, po meczu i po zabiegu regeneracyjnym, 24h po meczu i przed zabiegiem regeneracyjnym, 24h po meczu i po zabiegu regeneracyjnym, 48h po meczu i przed zabiegiem regeneracyjnym oraz 48h po meczu i po zabiegu regeneracyjnym); pomiar aktywności kinazy kreatynowej i stężenia mioglobiny we krwi (przed meczem, 24h po meczu i 48h po meczu).

W celu udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze i przetestowania postawionych hipotez przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics w wersji 26. Do analizy porównawczej wartości PPT mięśnia czworogłowego uda i brzuchatego łydki w poszczególnych sesjach pomiarowych oraz w celu sprawdzenia różnic pomiędzy pomiarami mioglobiny i kinazy kreatynowej zastosowano analizę podstawowych statystyk opisowych oraz testy Friedmana. Następnie przeprowadzono testy *post hoc* z poprawką Dunn-Bonferroniego. Za poziom istotności statystycznej przyjęto klasyczny próg $\alpha = 0,05$.

WYNIKI:

Jak wynika z przeprowadzonych analiz, wyniki testu Shapiro-Wilka są istotne statystycznie dla następujących zmiennych:

W pierwszej grupie, która nie była poddana żadnej formie regeneracji pomiar został wykonany na mięśniu czworogłowym uda bezpośrednio po meczu (P2 BT 4G).

W przypadku trzeciej grupy z przeprowadzonym treningiem regeneracyjnym pomiar został wykonany dla mięśnia czworogłowego uda 48h po meczu przed TR (P6 TR 4G).

W grupie czwartej z kąpielą lodową dla mięśnia czworogłowego były to pomiary dokonane bezpośrednio po meczu (P2 KL 4G), 24h po meczu i przed zabiegiem (P4 KL 4G) oraz 48h po meczu i przed kąpielą (P6 KL 4G). Dla mięśnia trójgłowego łydki były to wszystkie wyniki zarejestrowane między pomiarem dokonany po meczu i po kąpeli lodowej (P3 KL 3G) a tym po 48h po meczu i po zabiegu (P7 KL 3G) (tabela 4).

Wyniki testów Friedmana wskazują na różnice istotne statystycznie pomiędzy pomiarami w zależności od warunku badawczego dla obu mięśni.

WNIOSKI:

1. Meczowy wysiłek u koszykarzy powoduje istotne obniżenie wartości PPT.
2. Wysiłek meczowy powoduje istotny spadek stężenia mioglobiny, który utrzymuje się do 48h po meczu niezależnie od podjętych metod regeneracyjnych.
3. Obciążenie meczowe powoduje wzrost aktywności CK w osoczu, natomiast terapia kontrastowa i trening regeneracyjny powodują istotne obniżenie tego parametru względem pomiaru dokonanego 24h po meczu.
4. Żadna z podjętych interwencji regeneracyjnych nie sprawiła, że po upływie 24h od meczu wartość PPT wróciła do poziomu początkowego.
5. Mięsień czworogłowy potrzebuje więcej czasu od mięśnia trójgłowego łydki, żeby wartość jego PPT wróciła do poziomu przedmeczowego.
6. Po 48h od meczu tylko w przypadku treningu regeneracyjnego zaobserwowano powrót wartości PPT do wartości przedmeczowych dla obu mięśni. Natomiast w przypadku kąpeli kontrastowej uzyskano ten efekt tylko w mięśniu trójgłowym łydki.
7. Z zaprezentowanych form regeneracyjnych najskuteczniejszy okazał się trening regeneracyjny.

8. Najmniejszą skuteczność regeneracyjną zaobserwowano w przypadku kąpieli lodowej.

ABSTRACT**TITLE:**

„Reduction of delayed muscle soreness with the use of various forms of post-exercise regeneration in the quadriceps and triceps calf muscles in basketball players".

KEY WORDS:

DOMS, basketball, regeneration training, contrast bath, ice bath, regeneration.

INTRODUCTION:

Basketball is a sport in which high-intensity activities alternate with low-intensity periods. Sprints, sharp changes of direction, jumps, accelerations and sudden brakes are activities that basketball players undergo during a match or training. The greater the intensity of these exercises, the more likely you are to experience delayed muscle soreness (DOMS). In basketball at the highest level, players train twice a day and play at least one match a week, which means that the time for biological regeneration is very limited. In order to ensure adequate regeneration after any activity (training or match), prepare the players to take up the next load and protect them from injury. It is necessary to use the fastest and most effective method of regeneration.

OBJECTIVES:

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of various forms of post-exercise regeneration in reducing delayed muscle soreness in the quadriceps and triceps calf muscles in basketball players.

RESEARCH QUESTIONS:

1. Which form of regeneration will make the PPT value return to the initial level after 24 hours from the match effort?
2. Will the PPT value return to the pre-exercise level in all research groups 48 hours after the match?
3. Do the selected regenerative methods reduce delayed muscle soreness?
4. Which form of regeneration is the most effective method of reducing delayed muscle soreness?
5. After using which recovery method the PPT level returned to the pre-match level the fastest?
6. Does the effort of the basketball players reduce the PPT value?

7. Does the quadriceps muscle of the thigh take longer than the triceps of the calf to return its PPT to pre-match levels?
8. Is the match effort reflected in the blood picture?

RESEARCH MATERIAL AND METHODES

The study involved 20 basketball players of the Śląsk Wrocław team, taking part in the league games. The age range of the players was between 18 and 35, and the average age of the participants was 24.75 years, the average height was 194.7 cm, the body weight was 91.62 kg, and the BMI was 23.96.

The experiment was carried out in 4 sessions over the four weeks after four league matches. Each session consisted of the following procedures. Pain threshold measurement (before the match, immediately after the match, after the match and after the regeneration treatment. 24h after the match and before the regeneration treatment, 24h after the match and after the regeneration treatment, 48h after the match and before the regeneration treatment and 48 hours after the match and after the regeneration treatment); measurement of creatine kinase activity and blood myoglobin concentration (before the match, 24 hours after the match and 48 hours after the match).

In order to answer the research questions and test the hypotheses, statistical analyzes were performed using IBM SPSS Statistics version 26. The analysis of basic descriptive statistics and Friedman's tests were used to compare the PPT value of the quadriceps and gastrocnemius muscles in individual measurement sessions and to check the differences between the measurements of myoglobin and creatine kinase. Post hoc tests with the Dunn-Bonferroni correction were then performed. The classic threshold $\alpha = 0.05$ was adopted as the level of statistical significance.

RESULTS:

As the analyzes show, the results of the Shapiro-Wilk test are statistically significant for the following variables:

In the first group, which did not undergo any form of regeneration, the measurement was performed on the quadriceps muscle immediately after the match (P2 BT 4G).

In the case of the third group with the regenerative training, the measurement was performed for the quadriceps muscle of the thigh 48 hours after the match before TR (P6 TR 4G).

In the fourth group with an ice bath for the quadriceps muscle, these were measurements taken immediately after the match (P2 KL 4G), 24 hours after the match and before the surgery (P4 KL 4G) and 48 hours after the match and before the bath (P6 KL 4G). For the calf triceps muscle, these were all the results recorded between the measurement made after the match and after the ice bath (P3 KL 3G) and 48 hours after the match and after the surgery (P7 KL 3G).

The results of Friedman's tests show statistically significant differences between the measurements depending on the test condition for both muscles.

CONCLUSIONS:

1. The match effort of basketball players causes a significant decrease in the PPT value.
2. The match effort causes a significant decrease in myoglobin concentration, which lasts up to 48 hours after the match, regardless of the regeneration methods taken.
3. The match load causes an increase in plasma CK activity, while the contrast therapy and regenerative training cause a significant reduction of this parameter compared to the measurement made 24 hours after the match.
4. None of the regenerative interventions made the PPT value return to the initial level after 24 hours from the match.
5. The quadriceps take longer than the triceps calf for its PPT to return to pre-match levels.
6. After 48 hours from the match, only in the case of regeneration training, the return of PPT values to the pre-match values for both muscles was observed. However, in the case of the contrast bath, this effect was achieved only in the triceps muscle of the calf.
7. Of the presented forms of regeneration, regeneration training turned out to be the most effective.
8. The lowest regenerative efficiency was observed in the case of the ice bath.

SPIS RYCIN I TABEL

Ryciny

Rycina 1 Schemat punktów badania progu wrażliwości na ból.	18
Rycina 2 Schemat interwencji dla grupy badawczej niepoddanej żadnej formie regeneracji.	20
Rycina 3 Basen „iTeam” firmy ICOOLSPORT.	21
Rycina 4 Schemat interwencji dla grupy badawczej poddanej zabiegowi kąpieli kontrastowej.	22
Rycina 5 Oznaczone permanentnym markerem punkty pomiaru progu wrażliwości na ból.	23
Rycina 6 Proces pomiaru progu wrażliwości na ból.	24
Rycina 7 Schemat interwencji dla grupy badawczej poddanej treningowi regeneracyjnemu.	25
Rycina 8 Kąpiel lodowa.	26
Rycina 9 Schemat interwencji dla grupy badawczej poddanej zabiegowi kąpieli lodowej.	27
Rycina 10 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie bez terapii.	39
Rycina 11 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie poddanej kąpieli kontrastowej. ...	39
Rycina 12 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie poddanej treningowi regeneracyjnemu.	40
Rycina 13 Wartości stężenia mioglobiny (Mb) w grupie poddanej kąpieli lodowej.	40
Rycina 14 Zbiorcze zestawienie wartości stężenia mioglobiny (Mb) we wszystkich grupach.	41
Rycina 15 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie bez terapii. .	43
Rycina 16 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie poddanej kąpiel kontrastowej.	43
Rycina 17 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie poddanej treningowi regeneracyjnemu.	44
Rycina 18 Poziom aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu w grupie poddanej kąpiel lodowej.	44
Rycina 19 Zbiorcze zestawienie poziomów aktywności kinazy kreatynowej (CK) w osoczu we wszystkich grupach.	45

Tabele

Tabela 1 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy bez terapii.	32
Tabela 2 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy z kąpielą kontrastową.	33
Tabela 3 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy z treningiem regeneracyjnym.	33
Tabela 4 Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu Shapiro-Wilka dla grupy z kąpielą lodową.	34

Tabela 5 Wyniki testu Friedmana dla porównań pomiędzy różnymi warunkami badawczymi na przestrzeni siedmiu pomiarów w zakresie kończyny dolnej, mięśnia czworogłowego uda oraz mięśnie trójgłowego łydki	35
Tabela 6 Średnie rangi oraz mediany dla warunków badawczych na przestrzeni dokonywanych pomiarów dla mięśnia trójgłowego łydki i czworogłowego uda oraz całej kończyny dolnej	37
Tabela 7 Średnie rangi wraz z medianami dla poziomu mioglobiny w zależności od warunku dla pomiaru przed meczem, 24 godziny po meczu oraz 48 godzin po meczu	42
Tabela 8 Średnie rangi wraz z medianami dla poziomu kinazy kreatynowej w zależności od warunku dla pomiaru przed meczem, 24 godziny po meczu oraz 48 godzin po meczu	46

ZALĄCZNIKI

ANEKS

ZALĄCZNIKI A1, A2

Tabela A1 Wartości istotności porównań parami dla testu Friedmana w obrębie warunku terapeutycznego dla progu wrażliwości na ból mięśnia trójgłowego łydki

Grupa 1 – Bez terapii	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 3 w warunku bez terapii	0,638
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 4 w warunku bez terapii	<0,001
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku bez terapii	<0,001
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 4 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku bez terapii	0,028
Pomiar 4 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku bez terapii	1,000

Grupa 2 – Kąpiel kontrastowa	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	0,002
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	<0,001
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	0,002
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	<0,001
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	0,021
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	<0,001
Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	0,023
Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	0,847
Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000

Grupa 3 – Trening regeneracyjny	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 2 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 3 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 2 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 4 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 2 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 5 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 2 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunkach treningu regeneracyjnego	0,085
Pomiar 2 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunkach treningu regeneracyjnego	0,001
Pomiar 2 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunkach treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 3 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 4 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 5 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunkach treningu regeneracyjnego	0,028
Pomiar 3 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunkach treningu regeneracyjnego	0,004
Pomiar 4 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 5 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunkach treningu regeneracyjnego	0,476
Pomiar 5 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 5 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 5 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 6 w warunkach treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunkach treningu regeneracyjnego	1,000

Grupa 4 – Kąpiel lodowa	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	0,790
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	0,281
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	1,000

Tabela A2 Wartości istotności porównań parami dla testu Friedmana w zależności od warunku terapeutycznego na analogicznych etapach badań dla prognozy wrażliwości na ból mięśnia trójgłowego łydki

Analogiczne etapy badań	Skorygowane p
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 4 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku kąpieli kontrastowej	0,072
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku bez terapii	0,012
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego	0,007
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 2 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 4 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego	0,033
Pomiar 2 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 4 w warunku bez terapii	0,036
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli kontrastowej	<0,001
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 5 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	0,552
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	0,025
Pomiar 4 w warunku bez terapii - Pomiar 7 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku bez terapii - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 7 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 1 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku bez terapii	1,000

ZAŁĄCZNIKI B1, B2

Tabela B1 Wartości istotności porównań parami dla testu Friedmana w obrębie warunku terapeutycznego dla progu wrażliwości na ból mięśnia czworogłowego uda

Grupa 1 – Bez terapii	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 3 w warunku bez terapii	0,381
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 4 w warunku bez terapii	<0,001
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku bez terapii	<0,001
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 4 w warunku bez terapii	0,878
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku bez terapii	<0,001
Pomiar 4 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku bez terapii	1,000

Grupa 2 – Kąpiel kontrastowa	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	<0,001
Pomiar 4 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	<0,001
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	0,002
Pomiar 2 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	0,001
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	0,012
Pomiar 3 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	0,007
Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000
Pomiar 1 w warunku kąpeli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku kąpeli kontrastowej	1,000

Grupa 3 – Trening regeneracyjny	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	0,191
Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego	0,008
Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego	0,118
Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	0,008
Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	0,096
Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000

Grupa 4 – Kąpiel lodowa	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	0,001
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	0,002
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	0,156
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	<0,001
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	0,001

Tabela B2 Wartości istotności porównań parami dla testu Friedmana w zależności od warunku terapeutycznego na analogicznych etapach badań dla prognozy wrażliwości na ból mięśnia czworogłowego uda

Analogiczne etapy badań	Skorygowane <i>p</i>
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 4 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku kąpieli kontrastowej	0,304
Pomiar 3 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego	0,036
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 2 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku bez terapii - Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 2 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 3 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku kąpieli kontrastowej	0,494
Pomiar 5 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 4 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 4 w warunku treningu regeneracyjnego	0,710
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 6 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	<0,001
Pomiar 2 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 2 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 3 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 5 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 3 w warunku bez terapii - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	0,532
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 4 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku kąpieli kontrastowej	0,847
Pomiar 7 w warunku kąpieli lodowej - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	0,006
Pomiar 6 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 6 w warunku treningu regeneracyjnego	0,206
Pomiar 5 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 5 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 4 w warunku bez terapii - Pomiar 7 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 4 w warunku bez terapii - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku bez terapii	1,000
Pomiar 1 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku kąpieli kontrastowej	1,000
Pomiar 1 w warunku treningu regeneracyjnego - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	1,000
Pomiar 7 w warunku kąpieli kontrastowej - Pomiar 7 w warunku treningu regeneracyjnego	1,000
Pomiar 1 w warunku bez terapii - Pomiar 1 w warunku kąpieli lodowej	1,000

ZAŁĄCZNIK C1

Tabela C1 Wartości istotności testów post hoc dla poziomu mioglobiny przed meczem i po meczu w zależności od warunku terapeutycznego

Bez terapii	Skorygowane <i>p</i>
Mioglobina 48h po meczu - bez terapii - Mioglobina 24h po meczu - bez terapii	1,000
Mioglobina 48h po meczu - bez terapii - Mioglobina przed meczem - bez terapii	<0,001
Mioglobina 24h po meczu - bez terapii - Mioglobina przed meczem - bez terapii	<0,001

Kąpiel kontrastowa	Skorygowane <i>p</i>
Mioglobina 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina 24h po meczu - kąpiel kontrastowa	1,000
Mioglobina 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina przed meczem - kąpiel kontrastowa	<0,001
Mioglobina 24h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina przed meczem - kąpiel kontrastowa	0,014

Trening regeneracyjny	Skorygowane <i>p</i>
Mioglobina 48h po meczu - trening regeneracyjny - Mioglobina 24h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Mioglobina 48h po meczu - trening regeneracyjny - Mioglobina przed meczem - trening regeneracyjny	0,001
Mioglobina 24h po meczu - trening regeneracyjny - Mioglobina przed meczem - trening regeneracyjny	0,141

Kąpiel lodowa	Skorygowane <i>p</i>
Mioglobina 48h po meczu - kąpiel lodowa - Mioglobina 24h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina 48h po meczu - kąpiel lodowa - Mioglobina przed meczem - kąpiel lodowa	<0,001
Mioglobina 24h po meczu - kąpiel lodowa - Mioglobina przed meczem - kąpiel lodowa	0,526

Analogiczne etapy badań	Skorygowane <i>p</i>
Mioglobina 48h po meczu - bez terapii - Mioglobina 48h po meczu - kąpiel kontrastowa	0,562
Mioglobina 48h po meczu - bez terapii - Mioglobina 48h po meczu - trening regeneracyjny	0,041
Mioglobina 48h po meczu - bez terapii - Mioglobina 48h po meczu - kąpiel lodowa	0,020
Mioglobina 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina 48h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Mioglobina 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina 48h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina 48h po meczu - trening regeneracyjny - Mioglobina 48h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina 24h po meczu - bez terapii - Mioglobina 24h po meczu - kąpiel kontrastowa	0,928
Mioglobina 24h po meczu - bez terapii - Mioglobina 24h po meczu - trening regeneracyjny	0,113
Mioglobina 24h po meczu - bez terapii - Mioglobina 24h po meczu - kąpiel lodowa	0,003
Mioglobina 24h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina 24h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Mioglobina 24h po meczu - kąpiel kontrastowa - Mioglobina 24h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina 24h po meczu - trening regeneracyjny - Mioglobina 24h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina przed meczem - kąpiel kontrastowa - Mioglobina przed meczem - trening regeneracyjny	1,000
Mioglobina przed meczem - kąpiel kontrastowa - Mioglobina przed meczem - bez terapii	1,000
Mioglobina przed meczem - kąpiel kontrastowa - Mioglobina przed meczem - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina przed meczem - trening regeneracyjny - Mioglobina przed meczem - bez terapii	1,000
Mioglobina przed meczem - trening regeneracyjny - Mioglobina przed meczem - kąpiel lodowa	1,000
Mioglobina przed meczem - bez terapii - Mioglobina przed meczem - kąpiel lodowa	1,000

ZAŁĄCZNIK D1

Tabela D1 Wartości istotności testów post hoc dla poziomu kinazy kreatynowej przed meczem i po meczu w zależności od warunku terapeutycznego

Bez terapii	Skorygowane <i>p</i>
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa przed meczem - bez terapii	1,000
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - bez terapii	<0,001
Kinaza kreatynowa przed meczem - bez terapii - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - bez terapii	0,004

Kąpiel kontrastowa	Skorygowane <i>p</i>
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel kontrastowa	1,000
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel kontrastowa	<0,001
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel kontrastowa	0,045

Trening regeneracyjny	Skorygowane <i>p</i>
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - trening regeneracyjny - Kinaza kreatynowa przed meczem - trening regeneracyjny	1,000
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - trening regeneracyjny - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - trening regeneracyjny	<0,001
Kinaza kreatynowa przed meczem - trening regeneracyjny - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - trening regeneracyjny	0,105

Kąpiel lodowa	Skorygowane <i>p</i>
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel lodowa	<0,001
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel lodowa	0,152

Analogiczne etapy badań	Skorygowane <i>p</i>
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel kontrastowa	1,000
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel lodowa	0,035
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - trening regeneracyjny	0,015
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Kinaza kreatynowa 48h po meczu - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa 48h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Kinaza kreatynowa 24h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel kontrastowa	1,000
Kinaza kreatynowa 24h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Kinaza kreatynowa 24h po meczu - bez terapii - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel lodowa	1,000
Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Kinaza kreatynowa 24h po meczu - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa 24h po meczu - trening regeneracyjny	1,000
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa przed meczem - bez terapii	1,000
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel kontrastowa	1,000
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel lodowa - Kinaza kreatynowa przed meczem - trening regeneracyjny	0,008
Kinaza kreatynowa przed meczem - bez terapii - Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel kontrastowa	1,000
Kinaza kreatynowa przed meczem - bez terapii - Kinaza kreatynowa przed meczem - trening regeneracyjny	0,493
Kinaza kreatynowa przed meczem - kąpiel kontrastowa - Kinaza kreatynowa przed meczem - trening regeneracyjny	1,000