



Influence of different forms of creatine supplementation on aerobic and anaerobic capacity of soccer players during preparation period



Wpływ suplementacji różnymi formami kreatyny na poziom wydolności tlenowej i beztlenowej piłkarzy nożnych podczas okresu przygotowawczego

Łukasz Radziwiński¹, Amelia Hajduczenia¹

¹ Gdansk University of Physical Education and Sport, Poland; lukaszradziminski@wp.pl; ameliahajduczenia@wp.pl

* Correspondence: Łukasz Radziwiński, lukaszradziminski@wp.pl

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to compare the influence of creatine monohydrate and creatine malate supplementation on aerobic and anaerobic capacity in semi-professional soccer players during preparation period.

Methods: 15 adult soccer players from polish second league club took part in the study. Participants were divided into two groups (Group 1: supplemented their diet with creatine monohydrate; group 2: used creatine malate). Before and after five-week preparations the aerobic (PWC 170 test) and anaerobic (Wingate test) capacity of the players were measured.

Findings: Significant increase in PWC 170 indicator, maximal oxygen uptake, and total work capacity in Wingate test were noted in the group that consumed creatine monohydrate. Moreover, two-way ANOVA results showed significant effect for time in above mentioned variables.

Conclusions: Creatine monohydrate supplementation may efficiently support aerobic and anaerobic capacity development in semi-professional soccer players. Five-week creatine malate supplementation provides no significant changes in aerobic and anaerobic capacity.

KEYWORDS:

Creatine supplementation; Soccer, Aerobic and anaerobic capacity.

STRESZCZENIE

Cel pracy: Celem niniejszej pracy było porównanie wpływu suplementacji dwóch różnych form kreatyny – monohydratu i jabłczanu - na zmiany wydolności tlenowej i beztlenowej u piłkarzy nożnych w okresie przygotowawczym.

Metody: W badaniach wzięło udział 15 piłkarzy nożnych występujących w kategorii wiekowej seniora, którzy zostali podzieleni na dwie grupy (Monohydrat i Jabłczan). Obie grupy w okresie przygotowawczym realizowały identyczne obciążenia treningowe. Zarówno przed rozpoczęciem oraz po zakończeniu okresu przygotowawczego wykonano testy służące do oceny poziomu wydolności tlenowej (test PWC 170) oraz beztlenowej (Wingate test).

Wyniki: W grupie Monohydrat zanotowano istotną statystycznie poprawę w zakresie wartości wskaźnika PWC170, pułapu tlenowego oraz całkowitej pracy wysiłku w teście Wingate. Ponadto, wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji wskazały istotną statystycznie interakcje w czasie w zakresie wyżej wymienionych wskaźników.

Wnioski: Monohydrat kreatyny może skutecznie wspomagać kształtowanie wydolności tlenowej i beztlenowej u piłkarzy nożnych w okresie przygotowawczym. 5-tygodniowa suplementacja jabłczanem kreatyny nie wpływa istotnie na poziom wydolności tlenowej i beztlenowej.

SŁOWA KLUCZOWE:

Suplementacja kreatynowa; Piłka nożna; Wydolność tlenowa i beztlenowa.

1. WSTĘP

Racjonalne odżywianie jest jednym z decydujących czynników wpływających na prawidłowe funkcjonowanie organizmu a także wywierającym zasadniczy wpływ na osiągnięcie wyników sportowych. Jednak w przypadku osób trenujących zawodowo intensywne treningi uniemożliwiają pokrycie zwiększonych potrzeb organizmu na składniki odżywcze z zastosowaniem podstawowej diety. Aby zwiększyć zdolności wysiłkowe oraz zniwelować ryzyko kontuzji a także zadbać o odpowiednią regenerację popularne stało się stosowanie suplementów diety, które wpływają m.in. na poprawę wydolności, siły, wytrzymałości czy składu masy ciała sportowców.

Piłka nożna to dyscyplina o charakterze walki bezpośredniej, z prawem fizycznego kontaktu z przeciwnikiem. Jej podstawą jest utrzymanie piłki, tak aby nie weszła w posiadanie

przeciwnika, podawanie piłki do zawodnika z drużyny nogą lub głową, a następnie kopnięciu jej do bramki rywala. Podczas trwania meczu nie może dojść do celowego kontaktu fizycznego między zawodnikami. Gracze, którzy nie są w posiadaniu piłki mają za zadanie przemieszczać się po boisku w taki sposób, aby ułatwić wymianę piłki między zawodnikami swojej drużyny jednocześnie utrudniając grę przeciwnikowi. O wyniku meczu decyduje skuteczność, którą warunkuje właściwe przygotowanie techniczne oraz taktyczne zawodników [1].

Z punktu widzenia fizjologii, piłka noża zaliczana jest do dyscyplin sportowych o charakterze wytrzymałościowym, w którym wykorzystywany jest potencjał energetyczny aerobowy oraz anaerobowy. Wielkość obciążenia w trakcie meczu zależy w dużej mierze od czasu gry zawodnika, jego zaangażowania oraz trwania i powtarzania czynności ruchowych. Do wykonania podstawowych zadań do których zalicza się marsz, trucht oraz bieg ze zmianą kierunku ruchu zawodnicy wykorzystują energię z przemian tlenowych. Wolnym biegiem zawodnik pokonuje 8894 m, natomiast 1437 m – biegiem szybkim. Dystans jaki pokonują zawodnicy kadry mistrzowskiej podczas meczu wynosi ok. 12 km [1].

W czasie gry zawodnik średnio co 30 sekund wykonuje bieg z wysoką intensywnością a co 90sekund - bieg sprinterski. Zdolność do wykonywania wysiłku o mocy maksymalnej po długotrwałym biegu o umiarkowanej intensywności wskazuje na wysoką wydolność tlenową. Liczne badania i doświadczenia dowodzą, że im wyższy pułap tlenowy, tym większą pracę może wykonać zawodnik. U wysokokwalifikowanych piłkarzy poziom ten kształtuje się na poziomie 4-5 litrów na minutę (od 45 do 65 ml/kg/min) [1].

Nie od dziś wiadomo, że istotną rolę w prawidłowym rozwoju sportowca pełni prawidłowe żywienie. Nie zawsze jednak zawodnicy posiadają wystarczającą wiedzę z zakresu dietyki pozwalającą na ustalenie jadłospisu odpowiedniego dla ich potrzeb [2].

W literaturze związanej z żywieniem sportowców wiele mówi się na temat zapotrzebowania zawodnika na węglowodany, białka i tłuszcze. Niemniej istotną rolę pełnią suplementy wspomagające zarówno adaptację treningową jak też regenerację powysiłkową. Jednym z najbardziej popularnych tego typu suplementów jest kreatyna.

Kreatyna, inaczej kwas β -metyloguanidynoowy powstaje w ludzkim organizmie z połączenia trzech aminokwasów: argininy, metioniny i glicyny. Aminokwasy te pozyskiwane są zarówno z pożywienia pochodzenia zwierzęcego oraz - w mniejszym stopniu - roślinnego. Głównym źródłem kreatyny jest m.in. mięso wołowe, wieprzowe oraz ryb, które zawiera ok. 4g tego związku na 1kg. Pomimo dużego zapotrzebowania na kreatynę, spożywanie większych

ilości pokarmów mięsnych przez sportowców uprawiających głównie dyscypliny siłowe i siłowo-wytrzymałościowe jest niekorzystne. Dlatego zachodzi potrzeba zapewnienia odpowiedniego jej poziomu poprzez suplementację. Kreatyna należy do substancji, które mają zdolność do odbudowy związków wysokoenergetycznych w komórkach mięśniowych. Aby zapewnić szybką odbudowę zasobów ATP, niezbędna jest obecność kreatyny, która w wyniku połączenia się z resztą kwasu fosforowego (fosfokreatyna, PCr), pełni rolę akumulatora. Rezerwy fosfokreatyny odbudowywane są po zakończeniu wysiłku przy udziale enzymu kinazy kreatynowej (CK), kiedy poziom ATP utrzymywany jest na wysokim poziomie. W wyniku tego następuje przekazanie reszty fosforanowej na kreatynę co prowadzi do powstania PCr [3].

Fosfokreatyna jest kluczowym źródłem energii w początkowym etapie wysiłków o wysokiej intensywności. Ze względu na szybkość zachodzącego procesu jest ona głównym i jedynym substratem energetycznym do resyntezy ATP w pierwszych sekundach wysiłku maksymalnego. Przekazywanie energii zachodzi podczas rozpadu oraz syntezy PCr. Jest to więc główny związek energetyczny warunkujący właściwy przebieg pracy mięśniowej [4].

Fosfokreatyna oprócz istotnej roli w wysiłku o charakterze beztlenowym wpływa na czas oraz jakość danego ruchu podczas fazy aerobowej. Podczas pracy mięśnia polegającej na skurczu poszczególnych włókien możliwy jest rozpad ATP do ADP oraz kwasu fosforowego i dawki energii, która zostaje bezzwłocznie wykorzystana do dalszej pracy. O jakości ćwiczeń fizycznych decyduje szereg reakcji, na które składają się poszczególne etapy. Pierwszym z nich jest rozpad ATP. Następnie - aby wykonywać dalszą pracę - mięsień musi odbudować zasoby ATP wykorzystując fosfokreatynę, która podczas rozpadu (przy udziale CK) przekazuje jedną cząsteczkę wolnego rodnika fosforowego i energię do powtórnej syntezy ATP z ADP. Proces ten musi zachodzić systematycznie. Jeśli zawodnik wykonuje intensywną i ciężką pracę odbudowa ATP zachodzi na drodze „oddychania komórkowego” oraz przy udziale m.in. aminokwasów z rozpadu tkanki mięśniowej. Jest to efekt niepożądany, przyczyniający się do powstawania procesów katabolicznych [4].

Na podstawie przedstawionych informacji można wywnioskować, że określony poziom PCr w komórce mięśniowej ma wpływ na wynik sportowy, zarówno w konkurencjach o charakterze szybkościowo-siłowym jak i wytrzymałościowym.

Podstawą do produkcji fosfokreatyny w tkance mięśniowej jest kreatyna, która- jak już wspomniano- występuje w podstawowych produktach żywnościowych. Pozwala ona na

kontynuowanie intensywnego wysiłku i przyczynia się do natychmiastowej regeneracji zmęczonych mięśni [5].

Suplementacja kreatyną zwiększa resyntezę fosfokreatyny w mięśniach zwłaszcza po intensywnych wysiłkach fizycznych co wpływa na wzrost wydolności, wytrzymałości oraz siły i masy mięśniowej. Reasumując: kreatyna ma duży wpływ na intensywność oraz moc wykonywanych ćwiczeń, odbudowuje energię w komórce mięśniowej zapobiegając tym samym katabolizmowi oraz ma działanie zwiększające siłę i masę mięśniową. Opóźnia również proces zmęczenia. Suplementacja kreatyną wpływa również korzystnie na przyrost beztłuszczowej masy ciała zwiększając zarówno absolutną jak i względną moc anaerobową [6].

Powstało bardzo dużo artykułów oraz publikacji, które w sposób rzetelny potwierdzają działanie kreatyny zaliczając ją do jednych z najlepszych i najskuteczniejszych dozwolonych środków wspomagających w sporcie. Istnieją jednak pewnie kontrowersje co do sposobu suplementowania kreatyny. Jednym z nich jest dwufazowy system przyjmowania kreatyny, który dzieli się na fazę ładowania, która trwa ok. 5 dni oraz fazę podtrzymania trwającą 5-6 tygodni. Podczas fazy ładowania dawka kreatyny wynosi 25g dziennie, natomiast w fazie podtrzymania 3-5g dziennie. Istnieją badania naukowe potwierdzające fakt, że wydalanie kreatyny z moczem znacznie wzrasta podczas fazy ładowania, natomiast podczas przyjmowania umiarkowanych ilości kreatyny jej wydalanie z moczem jest stosunkowo małe i na stałym poziomie [5].

Aby uzyskać jak najlepsze efekty wspomagania kreatyną zaleca się przyjmowanie zarówno przed jak i po treningu dawki w ilości 3-5g. Dawkę przedtreningową najlepiej spożyć 30-60 min przed wysiłkiem popijając wodą natomiast drugą dawkę przyjąć godzinę lub dwie po zakończeniu treningu popijając napojem węglowodanowym, który pomoże zwiększyć wychwyty kreatyny przez komórki mięśniowe nawet o 40-50%. Wynika to z faktu, że „wolna” kreatyna aby działać musi zostać dostarczona do wnętrza komórki, gdzie wiąże się z fosforanem, tworząc postać „aktywną”. Nośnik wolnej kreatyny w ludzkim organizmie jest aktywowany przez insulinę, na której zwiększone wytwarzanie mają wpływ wspomniane węglowodany [5].

Oprócz tego sugeruje się podawanie kreatyny w 5-6 tygodniowych cyklach przedzielonych 2-3 tygodniową przerwą. Po upływie 15 dni suplementacji następuje wysycenie kreatyny z mięśni oraz maleje wrażliwość receptorów kreatynowych we krwi, co jest przyczyną

zmniejszenia zdolności mięśni do gromadzenia kreatyny. Stosowana przerwa w suplementacji skutkuje chwilowym obniżeniem poziomu kreatyny oraz zwiększeniem wrażliwości receptorów, co pozwoli na kolejną fazę superkompensacji kreatynowej, która przyczyni się do zwiększenia masy mięśniowej i wzrostu mocy anaerobowej [5].

Stosowanie suplementacji monohydratem kreatyny ma kilka wad. Jedną z nich jest stosunkowo łatwa przemiana tego związku do kreatyniny, przez co monohydrat należy spożywać w dość dużych ilościach aby zrekompensować straty wynikające z przemiany kreatyny do kreatyniny. Dlatego zaleca się stosowanie takich form kreatyny, które nie ulegają przemianie do kreatyniny bądź ulegają im w niewielkim stopniu. Suplementacja przebiega w tym przypadku w znacznie większych dawkach w porównaniu do monohydratu [5].

Jabłczan kreatyny to jedna z najbardziej popularnych form kreatyny. Różnica między jabłczanem a monohydratem zachodzi na poziomie molekularnym. W przypadku jabłczanu trzy cząsteczki kreatyny powiązane są z kwasem jabłkowym natomiast w monohydracie cząsteczki te występują w stanie wolnym. Kwas jabłkowy jest wyjątkowo ważną substancją, ponieważ przyczynia się do uwalniania energii z kreatyny przy pomocy Cyklu Krebsa i cyklu kwasu cytrynowego oraz zwiększa wchłanianie kreatyny przez ludzki organizm.

Kreatyna jest bez wątpienia jednym z najbardziej skutecznych i dozwolonych suplementów i powinna stanowić podstawowy element wspomagania procesu treningowego sportowca. Należy jednak pamiętać, że nie jest ona przeznaczona dla każdego, choć dotychczas nie udowodniono szkodliwego działania kreatyny nawet podczas stosowania wysokich dawek. Warto zwrócić uwagę, że suplementacja kreatyną jest wskazana w określonych dyscyplinach, w konkretnym okresie i w odpowiednich dawkach. W innym przypadku jej stosowanie mija się z celem [5].

Istnieje wiele artykułów potwierdzających skuteczność działania kreatyny oraz jej wpływ na wyniki osiągane przez piłkarzy nożnych. Jedną z nich jest praca Ostojic'a [7], w której wykazał efektywność 7 dniowej suplementacji monohydratem kreatyny u 20 młodych piłkarzy nożnych. Badanie polegało na interwencji żywieniowej, w której połowa badanych przyjmowała monohydrat kreatyny w dawkach 3x10g, zaś druga połowa przyjmowała placebo. Ocenie podlegał test sprawności specjalnej, test wytrzymałościowy, pionowy wyskok oraz szybkość lokomocyjna. Wszystkie wskaźniki oprócz testu wytrzymałości uległy poprawie w grupie suplementowanej kreatyną i były to różnice istotne statystycznie. Natomiast w grupie placebo nie zauważono istotnych zmian wewnątrz jak i pomiędzy grupami. Głównym

wnioskiem jest fakt, że suplementacja kreatyną u młodych piłkarzy poprawia wydajność oraz umiejętności piłkarskie w porównaniu ze spożyciem placebo. Podobne wyniki w swoich pracach wykazali np. Williams i wsp. [8] czy Mujika i wsp. [9].

Celem niniejszej pracy było porównanie wpływu dwóch różnych form kreatyny – monohydratu i jabłczanu - na zmiany wydolności tlenowej i beztlenowej u piłkarzy nożnych w okresie przygotowawczym. Efektem końcowym danego tematu pracy jest wskazanie, która z zastosowanych form ma większy wpływ - na poprawę wydolności sportowców.

2. METODY BADAŃ

2.1. Osoby badane

W badaniach wzięło udział 15 sportowców płci męskiej, w wieku $23,5 \pm 3,58$ lat (od 18 do 28 lat), masie ciała $79,61 \pm 6,08$ kg (od 67,5 do 86,3 kg) i wysokości ciała $183,1 \pm 7,61$ cm (od 168 do 196 cm) uprawiających piłkę nożną. Wszyscy należą do klubu piłkarskiego Gryf Wejherowo. Charakterystykę zawodników przedstawiono w tabeli 1.

Oprócz treningów kierunkowych osoby badane wykonywały także treningi dodatkowe wpływające na zwiększenie wydolności fizycznej, które opierały się głównie na ćwiczeniach siłowych oraz biegowych. Ewentualne inne formy wysiłku fizycznego podczas trwania okresu przygotowawczego były dobierane indywidualnie. Podczas trwania okresu badawczego żaden z zawodników nie zmienił znacząco swojego sposobu odżywiania oraz nie stosował dodatkowych suplementów oraz odżywek sportowych z wyjątkiem środków będących przedmiotem badań niniejszej pracy.

Tabela 1. Charakterystyka badanych osób ($X \pm SD$)

	PRZED	PO
Wiek kalendarzowy (lata)	23,5±3,58	23,6±3,59
Masa ciała (kg)	79,61±6,08	80,0±5,72
Wysokość ciała (cm)	183,1±7,61	183,1±7,61

W celu oceny wydolności tlenowej osób badanych wykonano próbę PWC170 natomiast wydolność beztlenową sprawdzono za pomocą 30 sekundowego testu Wingate. Oba testy przeprowadzono dwukrotnie – na początku okresu przygotowawczego – 11.01.2016r – i po jego zakończeniu – 22.02.2016r.

2.2. Metody oceny wydolności tlenowej

Próbie wysiłkową charakteryzującą wydolność tlenową piłkarzy nożnych Gryfa Wejherowo przeprowadzono dwukrotnie – przed rozpoczęciem okresu przygotowawczego oraz po jego zakończeniu w Zakładzie Biomedycznych Podstaw Zdrowia Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku. Przed przystąpieniem do testów wysiłkowych dokonano pomiaru składu ciała każdego zawodnika przy użyciu wagi elektronicznej TANITA BODY FAT MONITOR SCALE TBF-551.

Oceny wydolności tlenowej piłkarzy dokonano na podstawie testu PWC₁₇₀ (Physical Work Capacity). Podczas trwania próby wysiłkowej badani wykonywali dwukrotnie 5-cio minutową pracę na cykloergometrze w tempie 60 obrotów na minutę, bez przerwy, o intensywności submaksymalnej dobranej w taki sposób, aby częstość skurczów serca (HR) badanego podczas pierwszych 5-ciu minut wysiłku wynosiła 120-130 sk/min oraz 150-160 sk/min podczas drugiej części próby. W ostatniej minucie każdej pracy spisano częstość skurczów serca (HR), które odczytywano za pomocą telemetrycznych mierników pracy serca firmy Polar. Do wykonania próby wysiłkowej użyto ergometru rowerowego marki Monark. Wskaźnik PWC₁₇₀ określono metodą ekstrapolacji - przy użyciu programu komputerowego Microsoft Excel.

2.3. Metoda oceny wydolności beztlenowej

Oceny wydolności beztlenowej piłkarzy dokonano na cykloergometrze za pomocą testu Wingate w wersji czasowej wynoszącej 30 sekund z obciążeniem odpowiadającym 0,075kg x kg⁻¹ masy ciała.

Głównym celem testu było osiągnięcie mocy maksymalnej w jak najkrótszym czasie i utrzymanie jej możliwie jak najdłużej. Podczas wykonywania próby zawodnicy byli motywowani przez pozostałych piłkarzy oraz osobę przeprowadzającą badania. Po zakończeniu testu osoby badane wykonywały wysiłek na ergometrze trwający około 2 min z możliwie najniższym obciążeniem. Do badania wykorzystano ergometr rowerowy marki Monark, w którym opór koła zamachowego regulowany był mechanicznie. Do obliczenia względnych wartości wykonanej pracy (J/kg) oraz mocy maksymalnej (W/kg) wykorzystano program komputerowy MCE 5.1.

Podczas testu rejestrowano:

- moc maksymalną [W]

- pracę jaką zawodnik wykonał podczas próby [J/kg]
- czas w jakim zawodnik uzyskał moc maksymalną [s]
- czas utrzymania przez zawodnika mocy maksymalnej [s]
- wskaźnik spadku mocy [%]
- wskaźnik siłowo-szybkościowy [W/s]

2.4. Obciążenia treningowe

Okres przygotowawczy zawodników Gryfa Wejherowo rozpoczął się 11.01.16 i trwał do 22.02.16. W tym czasie zawodnicy wykonywali zajęcia treningowe o charakterze techniczno-taktycznym, szybkościowym oraz wytrzymałościowym. Łącznie wykonano 27 jednostek treningowych. 6 sesji odbyło się w terenie i zawierało bieg o intensywności tlenowej lub mieszanej. W analizowanym okresie przygotowawczym zawodnicy pięciokrotnie wykonywali zajęcia w siłowni. Ponadto, zespół rozegrał 8 gier kontrolnych. Niezależnie od stosowanej suplementacji wszyscy zawodnicy realizowali ten sam program treningowy.

2.5. Suplementacja kreatyną

Oceny wpływu suplementacji różnymi formami kreatyny dokonano z udziałem piłkarzy Gryfa Wejherowo. Procedura badawcza polegała na 5-cio tygodniowej suplementacji kreatyną. Badani zostali podzieleni losowo na dwie grupy: suplementowaną jabłczanem (n=7) oraz monohydratem (n=8) tego związku. Podział ten przedstawiono w tabeli 2.

Dawkowanie środka badawczego polegało na przyjmowaniu w dni treningowe 5g substancji na czczo oraz 5g po treningu. W dni nietreningowe dawka wynosiła 5g na czczo. Sposób przyjmowania polegał na rozpuszczeniu odpowiedniej ilości proszku w 300ml wody.

Do przeprowadzenia badań użyto kreatyny w formie proszku. Zastosowano monohydrat firmy Scitec Nutrition oraz jabłczan firmy Real Pharm.

Tabela 2. Charakterystyka badanych osób z uwzględnieniem podziału na monohydrat i jabłczan ($X \pm SD$)

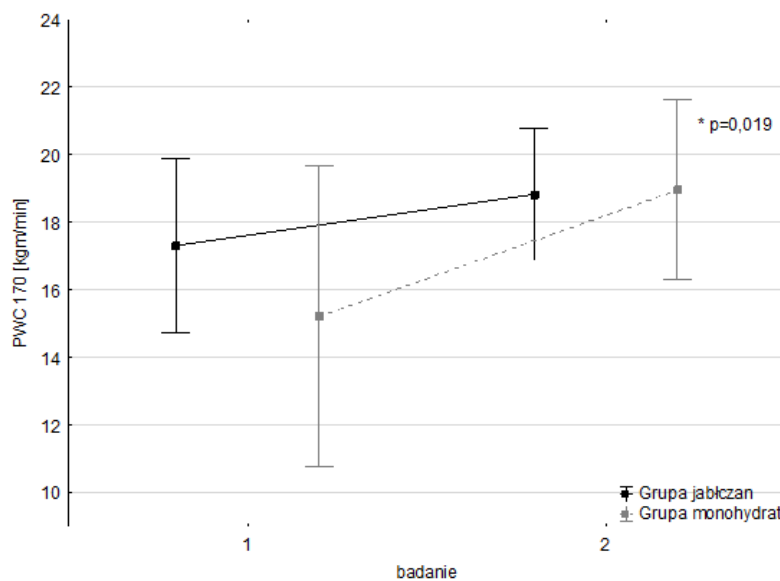
Grupa	Wiek [lat]	Ciężar ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]
Monohydrat	23,6±3,5	80,8±6,2	183,0±8,2
Jabłczan	23,5±3,9	79,2±5,5	182,7±7,5

2.6. Metody analizy statystycznej

Wszystkie wyniki przedstawiono jako średnie i odchylenia standardowe ($X \pm SD$). W celu porównania wyników zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Badano interakcję wewnątrz-grupową (czas), między-grupową (grupa) oraz interakcję grupa x czas. W przypadku wykrycia istotnych zależności wykonano test post-hoc Rozsądnie Istotnej Różnicy (RIR) Tukey. Istotność różnic oznaczano dla $p \leq 0,05$. Wszystkie obliczenia zostały przeprowadzone przy użyciu programu STATISTICA w wersji 12.0.

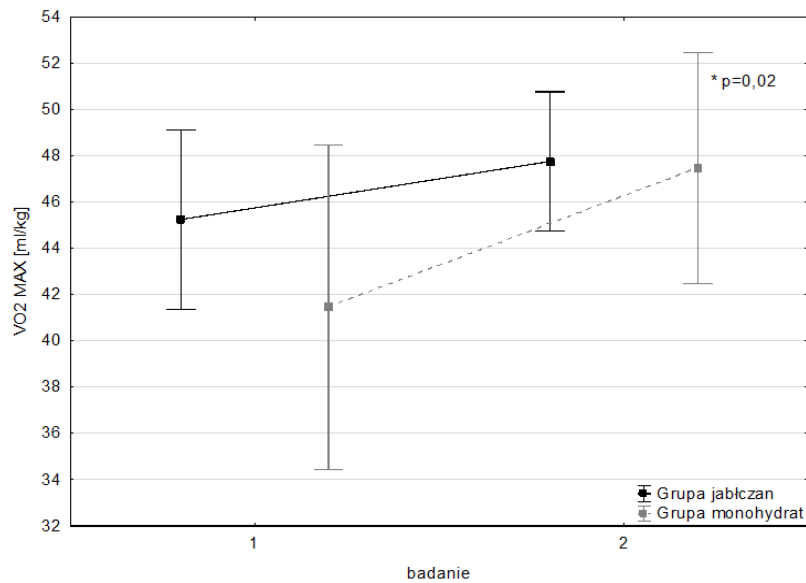
3. WYNIKI

Ocenę wydolności tlenowej wykonano przy pomocy testu PWC 170. W przypadku wskaźnika PWC 170 zanotowano istotną statystycznie różnicę w grupie Monohydrat ($p=0,019$). Wzrost wielkości tego wskaźnika zarejestrowano w obu grupach. Był on równy 2 kgm/min dla grupy Jabłczan oraz 4 kgm/min dla grupy Monohydrat.



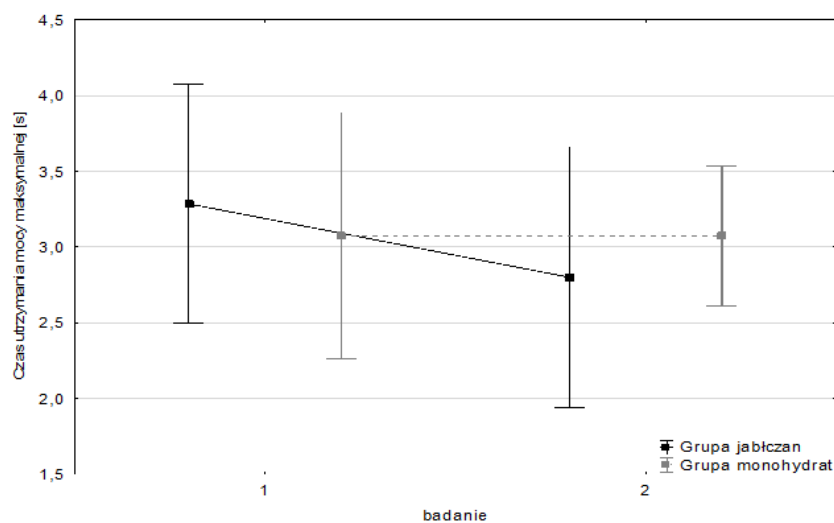
Rycina 1. Zmiany wskaźnika PWC 170 u badanych zawodników podczas okresu przygotowawczego (badanie 1 - początek okresu przygotowawczego, 2 - koniec okresu przygotowawczego).

Analizując wielkości maksymalnego poboru tlenu (VO_{2max}) zauważono różnicę istotną statystycznie w grupie Monohydrat ($p=0,02$). Przyrost wartości VO_{2max} odnotowano w obu grupach, w grupie Jabłczan wynosił on ok. 3 ml/kg, a w grupie monohydrat 6 ml/kg.



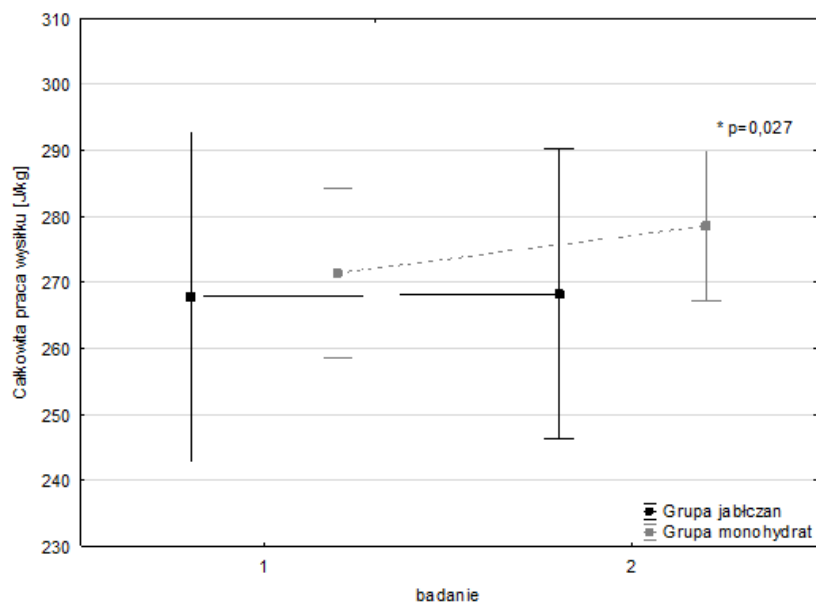
Rycina 2. Zmiany wskaźnika VO2max u badanych zawodników podczas okresu przygotowawczego (badanie 1 początek okresu przygotowawczego, 2 - koniec okresu przygotowawczego).

Ocenę wydolności beztlenowej wykonano przy pomocy 30 sekundowej wersji testu Wingate. Na rycinie 3 przedstawiono zmiany czasu utrzymania mocy maksymalnej w grupie Jabłczan oraz Monohydrat. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic jednak można zauważyć spadek czasu utrzymania mocy maksymalnej w grupie Jabłczan o 0,4s.



Rycina 3. Zmiany czasu utrzymania mocy maksymalnej u badanych zawodników podczas okresu przygotowawczego (badanie 1 początek okresu przygotowawczego, 2 - koniec okresu przygotowawczego).

Istotną statystycznie różnicę zaobserwowano w przypadku całkowitej pracy wysiłku w grupie Monohydrat (2,88%, $p=0,027$). Wielkość pracy wzrosła o 8 J/kg w przypadku tej grupy (Rycina 4).



Rycina 4. Zmiany całkowitej pracy wysiłku u badanych zawodników podczas okresu przygotowawczego (badanie 1 - początek okresu przygotowawczego, 2 - koniec okresu przygotowawczego).

W tabeli 3 przedstawiono zmiany wybranych wskaźników branych pod uwagę przy ocenie wydolności tlenowej oraz beztlenowej podczas trwania okresu przygotowawczego.

Tabela 3. Zmiany wybranych wskaźników wydolności tlenowej i beztlenowej u piłkarzy nożnych w okresie przygotowawczym

	GRUPA MONOHYDRAT		GRUPA JABŁCZAN		interakcje	WE
	przed	po	przed	po		
PWC170 [kgm/min]	15,2±4,5	18,3±3,2*	17,8±2,5	19,1±1,9	czas	0,019
VO2max [ml/kg/min]	41,5±7,0	46,5±5,4*	45,9±3,8	48,2±2,8	czas	0,02
Moc max [W/kg]	11,6±1,0	11,7±0,7	11,4±1,2	11,3±0,8		
Praca wysiłku [J/kg]	271,5±12,8	277,2±11,1*	267,8±25,0	268,3±22,0	czas	0,027
Czas uzyskania [s]	3,8±0,8	4,0±1,0	3,8±0,6	3,6±0,6		
Czas utrzymania [s]	3,1±0,8	3,1±0,5	3,3±0,8	2,8±0,9		

*Różnice istotne statystycznie między kolejnymi badaniami przy $p < 0,05$. WE – wielkość efektu

4. DYSKUSJA

Biorąc pod uwagę dwa sposoby suplementacji kreatyny, podaż monohydratu i jabłczanu w niniejszych badaniach ustalono na poziomie 5g na czczo i 5g po treningu w dni treningowe oraz 5g na czczo w dni nietreningowe. Wybór takiego sposobu dawkowania kreatyny został ustalony na podstawie prac Kreidera [9], w których wykazał, że spożywając mniejsze dawki kreatyny przez 28 dni osiąga się taki sam jej poziom w mięśniach jak podczas fazy „ładowania”. Także prace Tomaszewskiego i wsp., [5] oraz Maughana i Burke, [2] zalecają mniejszą podaż suplementu przez dłuższy okres czasu.

Z kolei długość trwania suplementacji uzależniona była od długości trwania okresu przygotowawczego. Kreider [10] w swoich pracach wykazał, że stosując niższą podaż kreatyny (5-10g na dobę) przez 10 tygodni zaobserwować można większe przyrosty siły i masy mięśniowej, które mają kluczowe znaczenie w dyscyplinie jaką jest piłka nożna.

Prowadzone w ramach niniejszej pracy badania związane z 5-cio tygodniową suplementacją kreatyny wiązały się z koniecznością precyzyjnego określenia zmian wybranych wskaźników wydolności tlenowej oraz beztlenowej. W celu weryfikacji oceny wydolności aerobowej piłkarzy wykonano test PWC170, w którym szczególną uwagę zwrócono na wskaźniki PWC170 oraz VO₂max. Jak twierdzi Górski [11] oba wskaźniki pozwalają na określenie wpływu zastosowanego sposobu żywienia lub programu treningowego w oparciu o analizę zdolności i przystosowania sportowca do wysiłków o charakterze tlenowym. Wysoki potencjał przemian aerobowych jest niezwykle ważny w przypadku piłkarzy, gdyż ok. 90% energii powstaje głównie na drodze tlenowych przemian energetycznych.

W celu wyznaczenia wskaźnika PWC170 oraz VO₂max zawodników poddano próbie wysiłkowej na cykloergometrze firmy MONARK. Według niektórych autorów [12, 13], badania na cykloergometrach mogą zaniżać wskaźnik VO₂max u sportowców. Jednak Jastrzębski [1] w swoich pracach potwierdza skuteczność oraz osiąganie maksymalnego poboru tlenu podczas prób wysiłkowych na ergometrze rowerowym przez wytrenowanych zawodników. Za najwłaściwszy sposób uznano użycie cykloergometru, ponieważ w wielu pracach opisywano skuteczność prowadzonych badań na cykloergometrze z udziałem piłkarzy nożnych [1, 14].

W niniejszej pracy zwrócono uwagę również na proces anaerobowy. Mimo tego, że ok. 10% energii powstaje z przemian beztlenowych to są one niezwykle ważne podczas dynamicznych i szybkościowych akcji na boisku. W wyniku czego oprócz dobrego przygotowania taktyczno-technicznego, konieczne jest osiągnięcie wysokiego potencjału na drodze przemian beztlenowych.

Do rejestracji kluczowych wskaźników wydolności beztlenowej posłużono się jednym z najczęściej wykorzystywanych testów do oceny wydolności anaerobowej – testem Wingate

wykonywanym na cykloergometrze firmy MONARK. Należy wspomnieć, że test ten jest powszechnie stosowany wśród piłkarzy w ocenie potencjału beztlenowego [1, 14].

W części literaturowej dotyczącej wydolności tlenowej wspomniano, że wydolność aerobowa organizmu umożliwia dostarczenie odpowiedniej ilości energii potrzebnej do wykonania pracy mięśniowej o charakterze tlenowym. Górski [11] w swoich pracach potwierdza, że dzięki dobrze rozwiniętemu potencjałowi aerobowemu możliwe jest kontynuowanie intensywnego wysiłku poprzez dostarczenie do komórek dużej ilości tlenu.

Szczególnie istotna w przypadku piłki nożnej jest wydolność aerobowa, która zwiększa się wraz z czasem trwania wysiłku. Przewaga procesów tlenowych w tej dyscyplinie wymaga wysokiego potencjału aerobowego piłkarzy, na co wskazują wysokie wartości VO_{2max} osiągnięte w przypadku tej grupy sportowców [1].

W dostępnej literaturze można znaleźć dane na temat wpływu suplementacji kreatyną na wydolność tlenową. Chwalbińska-Moneta [15] w swojej pracy, w której uczestniczyło 16-stu zawodowych wioślarzy wykazała, że podczas 5-cio dniowej interwencji żywieniowej z użyciem monohydratu w dawkach 20g przed i po treningu na dzień, możliwa jest poprawa wydolności tlenowej badanych osób. Miernikiem w tym przypadku był wzrost progu mleczanowego w grupie przyjmującej kreatynę (314.3 ± 5.0 W do 335.6 ± 7.1 W ($p < .01$)) w porównaniu z grupą placebo (305.0 ± 6.9 W do 308.9 ± 5.9 W).

Zoeller i wsp. [16] w swoich badaniach także wykazali wzrost wpływu suplementacji monohydratem kreatyny na wybrane wskaźniki wydolności tlenowej. U osób poddanych interwencji żywieniowej zauważono wzrost wskaźnika VO_{2max} o 6,71 ml/kg/min w porównaniu z grupą placebo, której wzrost wyniósł tylko 3,57 ml/kg/min. Zarówno w grupie suplementowanej jak i w grupie placebo poprawie uległ próg wentylacyjny, wyrażony w ilości pobieranego przez organizm tlenu (ml/kg/min (+11,1% monohydrat, +9,0% placebo).

Mimo dużej ilości prac oraz artykułów potwierdzających skuteczność działania kreatyny znaleźć można również prace, które nie wykazują korzystnego jej działania na organizm człowieka. Jedną z nich jest praca autorstwa Murphy'ego [17], który przeprowadził badania na 18-stu sportowcach płci męskiej. Interwencja żywieniowa obejmowała 28 dni suplementacji monohydratem kreatyny 20g przez 7dni oraz 10g przez pozostałe 21 dni. Z przeprowadzonych badań na cykloergometrze rowerowym wynikało, że wartość wskaźnika VO_{2max} nie wzrosła w grupie suplementowanej w porównaniu do placebo (+1,8monohydrat, +1,2 placebo). Dodatkowo nastąpił spadek tętna maksymalnego o 1,7%. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być fakt, że grupę suplementowaną reprezentowali zawodnicy starsi (33 lata -monohydrat, 20 lat -placebo), z dłuższym stażem treningowym niż osoby w grupie placebo.

Analizując wyniki badań własnych oraz dostępnych w literaturze autor pracy skłonny jest stwierdzić, że suplementacja kreatyną może powodować wzrost wydolności tlenowej u sportowców.

Wydolność anaerobowa odpowiada za osiąganie wysokich wyników w wielu dyscyplinach sportu. Są to głównie konkurencje, gdzie zawodnik wykonuje wysiłek o mocy maksymalnej i supramaksymalnej, gdzie niezbędna jest energia generowana na drodze przemian beztlenowych [11].

Do tej grupy zaliczają się głównie sporty walki, podnoszenie ciężarów czy biegi sprinterskie, gdzie wykonanie szybkiego i dynamicznego ruchu wymaga wyprodukowania bardzo dużej mocy mięśniowej w krótkim czasie [12]. Należy wspomnieć, że wydolność beztlenowa odgrywa ważną rolę w sportach wytrzymałościowych jak np. piłka nożna podczas sprintów, zrywów oraz zmiany kierunku biegu.

Oceny wpływu suplementacji monohydratem kreatyny na wydolność beztlenową w swojej pracy wykazała Chwalbińska-Moneta [15], które badała także wpływ tego suplementu na wydolność aerobową. W badaniu brało udział 16 wioślarzy, którzy przyjmowali monohydrat kreatyny przez 5 dni w dawkach 20g przed i po treningu. Badanie wykazało, że grupa suplementowana (średni wzrost 12.1 ± 4.5 s; $p < .01$) była w stanie dłużej wiosłować w porównaniu do placebo (2.4 ± 8.2 s). przecinki czy kropki?? W całej pracy musi być jednolicie. Proponuje stosować przecinki.

Kreider i wsp. [18] w swojej pracy z udziałem 25 piłkarzy stwierdził zwiększenie siły maksymalnej jednego powtórzenia (1-RM) po 28-mio dniowej suplementacji kreatyną, której dawka wynosiła 16g dziennie. Po okresie wykonywania treningu siłowego zanotowano prawie 3-krotny wzrost maksymalnej siły pojedynczego powtórzenia (1-RM) w wyciskaniu w grupie suplementowanej.

W niniejszej pracy piłkarze nie zostali poddani ocenie ich siły. Skupiono się na takich wskaźnikach jak moc mięśniowa (moc maksymalna oraz czas utrzymania mocy maksymalnej). Wynikało to z faktu, że w przypadku dyscypliny jaką jest piłka nożna, dużą rolę odgrywają wskaźniki określające moc mięśni a nie ich siłę.

Kreider i wsp. [18] udowodnili także, że krótka suplementacja kreatyną (20g suplementu dziennie przez 5-7 dni) znacząco wpływa na zwiększenie siły maksymalnej (5-15%), maksymalny skurcz mięśni (5-15) oraz wydajność pojedynczego wysiłku (w tym przypadku sprintu 1-5%). Ponadto podczas krótkiej suplementacji kreatyną zaobserwowano znaczny przyrost siły, wzrost beztłuszczowej masy ciała oraz lepsze wyniki w wysiłkach o wysokiej intensywności. Jak podaje Kreider [19], spośród około 300 badań, w których oceniano wpływ tego środka ergogenicznego na

zmiany wydolności beztlenowej jak i tlenowej w 70% wykazały one istotną statycznie różnicę w porównaniu z grupami placebo.

Należy wspomnieć, że w dostępnej literaturze często można spotkać się z propozycją łączenia kreatyny z innymi suplementami jak np. HMB (kwas beta-hydroksy-beta-metylomasłowy) w celu osiągnięcia wzrostu wydolności anaerobowej. Jówko i wsp. [20] w swojej pracy wykonali badania z udziałem 40-stu młodych mężczyzn, w których wykazali, że 3-tygodniowa suplementacja kreatyną i HMB, w trakcie wykonywania treningów oporowych ma wpływ na wzrost maksymalnej siły mięśni (1-RM) (+71,6), niż w przypadku stosowania samej kreatyny (+57,2). W grupie placebo także odnotowano wzrost łącznej siły maksymalnej przyjmującej HMB z kreatyną (+51,9) jak i w przypadku samej kreatyny (+37,5). Wzrost wydolności beztlenowej wykazał także Faramarzi i wsp. [21] podczas testu biegowego, w którym udział wzięło 24 piłkarzy. Moc szczytowa (PP) wzrosła zaledwie po 6-cio dniowym stosowaniu kreatyny i HMB (PP=+8%), natomiast w przypadku przyjmowania samej kreatyny wzrost ten wynosił 6%.

Zarówno w przypadku wydolności tlenowej jak i beztlenowej istnieją prace przedstawiające brak wpływu suplementacji kreatyną na wydolność anaerobową. Przykładem tego jest praca Williams'a i Branch'a [22], który w swoich badaniach wykonywanych z udziałem 28 piłkarzy nożnych wykazał brak wpływu suplementacji kreatyną na którykolwiek ze wskaźników wydolności beztlenowej. Zarówno osoby suplementowane jak i przyjmujące placebo nie wykazały istotnych różnic pracy podczas dwunastu 6-sekundowych sprintów na cykloergometrze. Także podczas wyciskania na ławce, przysiadzie i zarzucie nie zauważono znaczących różnic zarówno w grupie kontrolnej jak i badanej.

Na podstawie przedstawionych treści można przypuszczać, że wpływ suplementacji kreatyną na zmiany wydolności beztlenowej będzie bardziej widoczny u osób mniej wytrenowanych, o stosunkowo niskich wskaźnikach charakterystycznych dla tego rodzaju wydolności. Natomiast w przypadku sportowców z długim stażem treningowym znaczący efekt może dać jedynie długotrwała suplementacja.

Wszystkie hipotezy przedstawione w niniejszej pracy trudno jest ze sobą porównać i ustalić jedną tezę co do wpływu suplementacji kreatyny na zmiany wydolności tlenowej i beztlenowej. Bowiem ostateczny rezultat zależy jest od kilku czynników tj. czasu i poziomu suplementacji, stopnia wytrenowania zawodników oraz stosowanych obciążeń treningowych.

W żadnym z cytowanych artykułów nie przedstawiono eksperymentów zbliżonych do przedstawionych w niniejszej pracy, co związane jest z bardzo małą ilością prac badających wpływ innego rodzaju kreatyny niż monohydrat. Może to nasuwać wniosek, że ten rodzaj suplementu jest najskuteczniejszy jeśli chodzi o poprawę wskaźników wydolności tlenowej jak i beztlenowej. W niniejszej pracy udowodniono wpływ działania kreatyny na wydolność tlenową poprzez istotną

statystycznie zmianę wskaźników PWC170 oraz VO₂max. Zmiana ta zaszła w grupie monohydrat natomiast w grupie jabłczan wskaźniki te uległy niewielkiej poprawie. Potwierdzają to również badania przedstawione w niniejszej pracy.

Analizując wydolność anaerobową, istotną statystyczne różnicę zaobserwowano tylko w przypadku pracy całkowitej. Pozostałe wskaźniki nie uległy zmianie bądź zmiana była minimalna. Przyczyną prawdopodobnie jest fakt, że większość zawodników klubu Gryf Wejherowo to piłkarze z długim stażem treningowym, co może wpływać na zachodzące zmiany w obrębie wskaźników wydolności beztlenowej.

5. WNIOSKI

1. Stosowanie 5-cio tygodniowej suplementacji monohydratem kreatyny przez piłkarzy nożnych wspomaga:

- a) wydolność tlenową organizmu, wpływając na wzrost wskaźnika PWC170 oraz VO₂max.
- b) wydolność beztlenową organizmu, zwiększając pracę całkowitą wysiłku.

2. 5-cio tygodniowa suplementacja jabłczanem kreatyny nie wpływa na zmianę wskaźników zarówno wydolności aerobowej jak i anaerobowej organizmu u piłkarzy nożnych.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Jastrzębski Z. Zakres obciążeń treningowych w piłce nożnej i ręcznej a ich wpływ na rozwój sportowy zawodników. AWF i S Gdańsk, 2004.
2. Maughan R, Bruke L. Nutrition for sports performance. Kraków: Medicina Sportiva, 2000.
3. Bańkowski E. Biochemia: podręcznik dla studentów studiów licencjackich i magisterskich. Wrocław: MedPharm Polska, 2014.
4. Zajac A. Wpływ suplementacji kreatyną i β-hydrokso-β-metylomaślanem na moc anaerobową oraz skład ciała koszykarzy. Katowice: Wydawnictwo AWF Katowice, 2003.
5. Tomaszewski W, Jakubowska E, Kozłowski A, Paliszewska M, Sikorzak W, Tomaszewski M. Odżywki i preparaty wspomagające w sporcie: poradnik dla amatora i profesjonalisty. Warszawa: Agencja Wydawnicza Medsportpress, 2001.
6. Kreider RB. Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. Sports Med. 1999; 27(2): 97-110. <https://doi.org/10.2165/00007256-199927020-00003>
7. Ostojic SM. Creatine supplementation in young soccer players. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2004; 14: 95-103. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.1.95>
8. Williams J, Abt G, Kilding AE. Effects of creatine monohydrate supplementation on simulated soccer performance. Sports Physiol Perform. 2014; 9(3): 503-510. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0407>
9. Mujika I, Padilla S, Ibañez J, Izquierdo M, Gorostiaga E. Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. Med Sci Sports Exerc. 2000; 32(2): 518-525. <https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00039>
10. Kreider RB, Greenwood M. Kreatyna. Sport wyczynowy. 2003; 1-2, 457-458.
11. Górski J. Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2006.

12. Jaskólski A, Jaskólska A. Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka. Wrocław: Wydawnictwo AWF Wrocław, 2005.
13. Górski J. Fizjologia wysiłku fizycznego. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2011.
14. Radziwiński Ł. Wpływ treningu interwałowego na poziom wydolności fizycznej i sprawności specjalnej 15-16 letnich piłkarzy nożnych. AWFiS Gdańsk, 2016.
15. Chwalbińska-Moneta J. Effect of Creatine Supplementation on Aerobic Performance and Anaerobic Capacity in Elite Rowers in the Course of Endurance Training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13: 173-183. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.13.2.173>
16. Zoeller RF, Stout JR, O'kroy JA, Torok DJ, Mielke M. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. *Amino Acids.* 2007; 33(3): 505-510. <https://doi.org/10.1007/s00726-006-0399-6>
17. Murphy AJ, Watsford ML, Coutts AJ, Richards DA. Effects of creatine supplementation on aerobic power and cardiovascular structure and function. *J Sci Med Sport.* 2005; 8(3): 305-313. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80041-6](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80041-6)
18. Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Grindstaff P, Plisk S, Reinardy J, Cantler E, Almada AL. Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(1): 73-82. <https://doi.org/10.1097/00005768-199801000-00011>
19. Kreider RB. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem.* 2003; 244(1): 89-94. <https://doi.org/10.1023/A:1022465203458>
20. Jówko J, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, Nissen S. Creatine and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition.* 2001;17(7-8): 558-566. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00540-8](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00540-8)
21. Faramarzi M, Nuri R, Banitalebi E. The effect of short-term combination of HMB (beta-hydroxy-beta-methylbutyrate) and creatine supplementation on anaerobic performance and muscle injury markers in soccer players. *Braz. J. Biomotricity.* 2009; 3(4): 366-375.
22. Williams MH, Branch JD. Creatine supplementation and exercise performance: An update. *J Am Coll Nutr.* 1998; 17(3): 216-234. <https://doi.org/10.1080/07315724.1998.10718751>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors listed have made a substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

This research received no external funding.

COPYRIGHT

© 2019 by the authors. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), meaning that anyone may download and read the paper for free. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms. These conditions allow for maximum use and exposure of the work, while ensuring that the authors receive proper credit.