

# Kreatyna w sporcie

## Część II. Celowość stosowania suplementów kreatyny w sporcie

Creatine in sport

Part II. The purposefulness of using creatine supplements in sport

Hanna Czczot, Weronika Domańska-Leśniak

*Wyższa Szkoła Rehabilitacji*

### Streszczenie

Praca pt. „Kreatyna” w sporcie” składa się z dwóch części. W pierwszej części pracy zostały przedstawione potencjalne możliwości i zasadność jej stosowania przez sportowców, co wynika z charakteru jej biologicznego działania na mięśnie i obserwowanej po suplementacji poprawy wyników sportowych. Druga część pracy w oparciu o wiedzę o wpływie kreatyny na wytrzymałość, siłę i masę mięśni oraz ich zakwaszenie i jej udział w termoregulacji wyjaśnia celowość stosowania suplementów keratynowych w różnych dyscyplinach sportowych.

Praca przedstawia także wyniki badań na temat reakcji organizmu na suplementację nie tylko monohydratu, ale też innych form chemicznych kreatyny, oceny bezpieczeństwa zdrowotnego po suplementacji kreatyną oraz prezentuje powszechnie przyjęte w sporcie protokoły suplementacyjne dla kreatyny.

Ze względu na towarzyszące podczas wysiłku fizycznego korzystne efekty w metabolizmie mięśni po suplementacji kreatyną, jest ona bardzo często wykorzystywana przez sportowców w postaci preparatów jedno- i wieloskładnikowych. W trakcie produkcji suplementów keratynowych dodawane są nie tylko stymulatory jej działania, ale także różne substancje dodatkowe np. barwniki, wypełniacze, substancje słodzące i inne. Niestety, niektóre z nich wykazują niekorzystny wpływ na zdrowie. Należy mieć jednak na uwadze, że u niektórych osób suplementacja preparatami kreatynowymi może być powodem wielu działań niepożądanych, które nie wynikają z zastosowania kreatyny samej w sobie.

**Słowa kluczowe:** kreatyna, mięśnie, suplementy kreatynowe, sport

### Abstract

Publication titled „Creatine” in sport „consists of two parts. The first part of the work presents potential possibilities and legitimacy of its use by athletes, which results from the nature of its biological activity on the muscles and the improvement in sports results observed after supplementation. The second part of the work based on the knowledge about the effect of creatine on endurance, strength and muscle mass and their acidification and its participation in thermoregulation explains the desirability of using keratin supplements in various sports.

The work also presents the results of research on the body's response to supplementation of not only monohydrate, but also other forms of creatine, health safety assessment after creatine supplementation and presents the generally accepted in the sport protocols for creatine supplementation. Due to the beneficial effects on muscle metabolism after supplementation with creatine, it is very often used by athletes in the form of mono- and multicomponents.

---

Hanna Czeczot, Weronika Domańska-leśniak

---

During the production of creatine supplements not only stimulators of its operation are added, but also various additives, eg. pigments, fillers, sweeteners and others. Unfortunately, some of them have an adverse effects on health. However, it should be noted, that in some people supplementation with creatine preparations may be the cause of many side effects that do not result from the use of creatine in itself.

**Key words:** creatine, muscles, creatine supplements, sport

---

## Wstęp

Kreatyna, dzięki swojemu szeroko udokumentowanemu biologicznemu oddziaływaniu na mięśnie, stanowi jeden z najczęściej stosowanych suplementów anabolicznych w sporcie. Jako źródło łatwo dostępnej energii, niezbędnej do resyntezy ATP w mięśniach stwarza potencjalne możliwości jej stosowania w sporcie. Efektem jej stosowania jest nie tylko wzrost siły i masy mięśniowej, ale także zwiększenie zasobów glikogenu w mięśniach, czy zmniejszenie zużycia tlenu podczas fizycznego wysiłku. Ponadto układ kreatyna/fosfokreatyna zmniejsza zakwaszenie mięśni i rozpad białek mięśniowych, będących skutkiem ćwiczeń o wysokiej intensywności.

Pozyskanie kreatyny z dietą jest możliwe, ponieważ jej najlepszym źródłem jest czerwone mięso, jednak w sytuacji niewystarczającego spożycia kreatyny lub zwiększonego na nią zapotrzebowania, pozyskiwanie kreatyny z suplementów wydają się być w pełni uzasadnione, bezpieczne i skuteczne. W świetle aktualnego stanu wiedzy suplementacja kreatyną szczególnie korzystna jest w przypadku sportowców uprawiających takie dyscypliny jak: kulturystyka, biegi krótkodystansowe, sporty walki, wioślarstwo czy inne zależne głównie od układu kreatyna/fosfokreatyna.

## Wpływ suplementów kratynowych na wytrzymałość, siłę i masę mięśniową

Zainteresowanie suplementacją kreatyną zaczyna się od przeprowadzonego w 1992 roku badania, w którym Roger Harris i wsp. wykazali, że całkowity poziom kreatyny i fosfokreatyny w mięśniach zwiększył się o 15–20% po 5 dniach

doustnej suplementacji monohydratem kreatyny w dawce 20g dziennie. Ponieważ sporty szybkościowe oraz ćwiczenia o wysokiej intensywności w czasie pierwszych 10 sekund skurczu mięśni zależą od systemu/układu kreatyna/fosfokreatyna, postawiono wówczas hipotezę, że zwiększenie zasobów kreatyny w mięśniach skutkować może wydłużeniem zdolności anaerobowych organizmu podczas krótkich wysiłków sprinterskich [30].

Większość badań przeprowadzonych w późniejszych latach, dotyczących suplementacji kreatyną koncentrowała się, przede wszystkim na kwestii zwiększonego poziomu kreatyny w organizmie, który powiązany jest ze zwiększonym jej wychwytem przez mięśnie, a tym samym ze zwiększoną wydajnością treningową [10].

Obecnie istnieje ponad 500 badań naukowych oceniających wpływ suplementacji kreatyną na fizjologię mięśni oraz wydolność wysiłkową, zarówno wśród zdrowych i wytrenowanych, jak i posiadających różne jednostki chorobowe osób. Zaobserwowano, że krótkotrwała suplementacja kreatyną w dawkach ok. 20 g dziennie przez 5–7 dni, wpływała na wzrost całkowitej puli kreatyny o 10–30%, a fosfokreatyny o 10–40%. Potencjalna ergogeniczna wartość suplementacji kreatyną oceniona została w około 300 publikacjach, z których około 70% uznało wzrost wydajności po suplementacji kreatyną za statystycznie istotny. Wyniki prac wskazywały, że suplementacja kreatyny podczas treningu promuje znacznie większe przyrosty beztłuszczowej masy ciała, siły i wydajności, szczególnie ćwiczeń o wysokiej intensywności [20].

Kreatyna poprawia wydolność nerwowo-mięśniową podczas krótkotrwałych, przerywanych, przeważnie anaerobowych wysiłków. Najlepsze

## Kreatyna w sporcie. Część II. Celowość stosowania suplementów kreatyny w sporcie

efekty obserwowane są w czasie wysiłków o wysokiej intensywności, trwających mniej niż 30 sekund [10]. Jak wskazują badania, połączenie treningu szybkościowo-siłowego oraz suplementacji kreatyną, wpływa na zwiększenie potencjału energetycznego komórek mięśniowych. Kreatyna, poprzez zwiększanie tempa resyntezy ATP z udziałem fosfokreatyny, przy niewystarczającej ilości tlenu, wpływa na minimalizację produkcji mleczanu, a prowadzącej do zakwaszenia komórek mięśniowych. Zmniejszone zakwaszenie skutkuje natomiast możliwością wykonywania bardziej intensywnych treningów [29].

Badania wskazują także, że stosowanie suplementacji kreatyną połączonej z ćwiczeniami o wysokiej intensywności lub o długim czasie trwania, w efekcie, których następuje wyczerpanie glikogenu mięśniowego, może wpływać na zwiększenie jego zapasów, a także wzrost ekspresji transportera GLUT4. Sama suplementacja, gdy nie zostanie połączona z treningiem nie wywołuje natomiast takiego efektu [10].

Bardzo dobrze zbadany jest wpływ, jaki monohydrat kreatyny wywiera na trening oporowy (mięśnie pracują wbrew dodatkowej sile lub obciążeniu). Oceniono działanie kreatyny w różnych typach ćwiczeń oporowych, m.in. wyciskaniu na ławce, mierzeniu siły mięśni czworogłowych w czasie ćwiczeń na maszynach, ćwiczeniach na biceps, przysiadach do wyskoku czy ergometrii rowerowej. Metody pomiaru siły i wydajności obejmowały średnią moc, siłę i liczbę powtórzeń oraz *one repetition max* (z ang.), czyli maksymalny ciężar użyty w danym ćwiczeniu, z którym badany może wykonać tylko jedno powtórzenie. Choć wyniki dotyczące ergogenicznego działania kreatyny nie są jednomyślne, istnieje jednak wiele dowodów na to, że kreatyna zwiększa wydajność podczas krótkotrwałych ćwiczeniach oporowych o maksymalnej intensywności [15].

Z wielu niezależnych badań wynika, że suplementacja kreatyną w połączeniu z treningiem oporowym, wpływa na zwiększenie wydolności fizycznej, beztłuszczowej masy ciała oraz na morfologię mięśni [10].

W przeprowadzonej w 2003 roku metaanalizie przeanalizowano 22 badania, które wykazały, że siła mięśniowa zwiększyła się średnio o 8%

w grupie suplementującej kreatynę połączoną z treningiem oporowym, w porównaniu do grupy trenującej oporowo, ale przyjmującej placebo. Także wydajność w podnoszeniu ciężarów w grupie suplementującej kreatynę i wykonującej treningi oporowe wzrastała o 14%. Wskazuje to, że suplementacja kreatyny przy jednoczesnym treningu oporowym, wpływa na zwiększenie siły mięśniowej oraz wydajności w podnoszeniu ciężarów, choć wzrost ten jest bardzo zmienny osobniczo [24].

Znane są także wyniki badań, które nie wykazały pozytywnego wpływu suplementacji kreatyną na wzrost siły i masy mięśniowej. Są one jednak dyskusyjne, ze względu m.in. na sposób doboru grupy badanej, zastosowanego protokołu suplementacji obejmującego tylko dni treningowe lub braku precyzji, co do warunków, w jakich badanie zostało przeprowadzone [10].

Buford i wsp. w kompleksowym przeglądzie ponad 100 pozycji literatury i badań dotyczących suplementacji kreatyną wskazali, że monohydrat kreatyny wydaje się być najskuteczniejszym dostępnym suplementem wpływającym na zwiększenie beztłuszczowej masy ciała oraz wydolności anaerobowej. Prawie 70% z przeanalizowanych badań wykazało znaczący wzrost zdolności wysiłkowych po suplementacji monohydratem kreatyny [6].

Krótkoterminowe korzyści wnikające z przyjmowania suplementów kreatyny obejmowały: zwiększoną siłę w czasie jazdy na rowerze, w wyciskaniu na ławce, w wyskokach z przysiadu oraz w sportach szybkościowych takich jak: bieganie, pływanie czy gra w piłkę nożną. Natomiast długoterminowym efektem, jaki uzyskano po suplementacji kreatyną połączoną z treningiem był wzrost siły i wytrzymałości mięśniowej, zwiększenie całkowitego poziomu kreatyny i fosfokreatyny w mięśniach, a także zwiększenie beztłuszczowej masy ciała i średnicy mięśni [6].

Zaobserwowano, że podczas początkowych 5–7 dni suplementacji kreatyną, masa ciała sportowców może ulec zwiększeniu o około 1,5 kg, a po 6 tygodniach nawet o 4,5 kg. W zestawieniu z grupą placebo wiele badań wykazywało znaczny wzrost masy całkowitej i masy mięśniowej średnio o 1–3% po 5-dniowej fazie „ładowania” kreatyną.

Hanna Czeczot, Weronika Domańska-leśniak

Tabela 1. Zestawienie badań dotyczących suplementacji kreatyną w różnych dyscyplinach sportowych

Grupa badana	Stosowana dawka kreatyny	Uzyskany efekt (wzrost)	Piśmiennictwo /rok badania
18 aktywnych, nietreningujących mężczyzn	20 g/d, 5 dni	siła mięśniowa, szybkość	Dawson et al./1995
17 zawodników rugby	20 g/d 4 dni + 5 g/d, 21 dni	szybkość	Meiri et al./1995
20 pływaków (K i M) – reprezentacja narodowa	20 g/d, 5 dni	masa ciała	Mujika et al./1996
9 cyklistów	20 g/d, 5 dni	siła mięśniowa	Casey et al./1997
26 cyklistów (K i M)	20 g/d, 5 dni	masa ciała	Jacobs et al./1997
19 nietreningujących kobiet	20 g/d, 4 dni + 5 g/d	siła mięśniowa, beztłuszczowa masa ciała	Vandenbergh et al./1997
13 regularnie trenujących mężczyzn	20 g/d 10 dni	masa ciała	Volek et al./1997
8 nietreningujących, aktywnych mężczyzn	30 g/d, 3 dni	masa ciała	Snow et al./1998
25 zawodników futbolu amerykańskiego	20 g/d, 5 dni	siła mięśniowa, szybkość, masa ciała	Kreider et al./1998
25 nietreningujących, aktywnych osób	21 g/d, 5 dni + 3 g/d, 58 dni	masa ciała	Francaux i Poortmans et al./1999
23 mężczyzn trenujących siłowo	5 g*4/d, 5 dni + 2 g/d, 35 dni	siła mięśniowa	Becque et al./2000
16 kobiet trenujących lacrosse	5 g*4/d, 7 dni + 2 g/d, 35 dni	siła mięśniowa	Brenner et al./2000
14 profesjonalnych piłkarzy	7,5 g*2/d, 5 dni + 5 g/d, 84 dni	siła mięśniowa	Larson-Meyer et al./2000
12 profesjonalnych zawodników sportów siłowych	9 g/d*3, 5 dni	siła mięśniowa	Rossouw et al./2000
36 lekkoatletów (20 K i 16 M)	0,3 g/kg mc./d, 35 dni	wysokość skoku osiągniętego	Haff et al./2000
17 silnie wytrenowanych piłkarzy	20 g/d*6 dni	powtarzające się sprinty	Mujika et al./2000
25 zawodników futbolu amerykańskiego	20 g/d, 5 dni +5 g/d, 56 dni	siła mięśniowa	Bemben et al./2001
9 graczy squasha	0,075 g/kg m.c./d*4, 5 dni	szybkość	Romer et al./2001
16 żołnierzy, mężczyzn	20 g/d*6 dni + 6 g/d*4 tygodnie	masa ciała, wydajność w podciąganiu	Bennet et al./2001
32 trenujących oporowo mężczyzn	20 g/d*5 dni	masa ciała, beztłuszczowa masa ciała, siła mięśniowa	Kilduff et al./2002
19 zawodników piki ręcznej	5 g/d*4, 5 dni	szybkość, wyskok, masa ciała	Izquierdo et al./2002
12 piłkarzy	5 g/d*4, 6 dni	szybkość i zwinność	Cox et al./2003
19 nietreningujących oporowo mężczyzn	20 g/d*7 dni + 5 g/d*21 dni	siła mięśniowa	Kilduff et al./2003
12 sprinterów na dystansach 100 i 200 metrów	0,35 g/kg m.c./d, 6 dni	masa ciała	Delecluse et al./2003
7 kolarzy triathlonistów, mężczyzn	20 g/d*5 dni	zmniejszenie utraty objętości osocza podczas 1 godziny ćwiczeń hipertermicznych	Branch et al./2007
6 zawodników uprawiających ćwiczenia siłowe	5 g/d*3, 42 dni	masa ciała, obwód klatki piersiowej, siła mięśniowa utrata tkanki tłuszczowej	Nastaj M./2012
31 nietreningujących starszych osób (14 K + 17 M)	0,1 g/kg m.c./d, 12 tygodni	masa mięśniowa	Johannsmeyer et al./2016

Źródło: [4, 5, 17, 18, 19, 23, 24, 29, 32, 33].



Wzrost ten spowodowany był po części wzrostem objętości komórek, a częściowo spowodowany syntezą mięśni [2].

Przedmiotem wielu badań były także mechanizmy, jakie kryją się za anabolicznym działaniem kreatyny. Autorzy sugerują, że może być ono związane ze zwiększeniem syntezy ciężkich łańcuchów miozynowych, najprawdopodobniej w wyniku wzrostu miogenicznych czynników regulacyjnych: miogeniny i MRF (ang. *Myogenic Regulatory Factors*) [6]. W grupie młodych zdrowych mężczyzn, suplementacja kreatyną w zestawieniu z treningiem oporowym skutkowała zmianą miogenicznych czynników transkrypcyjnych. Poziom inhibitora wzrostu mięśni – miostatyny, w surowicy osób przyjmujących kreatynę był obniżony [10].

Nowsze badania wskazują również, że anaboliczne efekty, jakie wywołuje kreatyna związane mogą być z proliferacją komórek satelitarnych, zwiększeniem poziomu miogenicznych czynników transkrypcyjnych oraz insulinopodobnego czynnika wzrostu IGF-1 (ang: *insulin-like growth factor 1*) [10]. Czynniki IGF-1 ma wpływ na wzrost syntezy białek mięśniowych, aktywności komórek satelitarnych oraz na stymulację szlaku PKB-m-TOR zaangażowanego w hipertrofię mięśniową. Poziom IGF-1 w mięśniach po wykonanym treningu oporowego o wysokiej intensywności znacznie wzrasta, natomiast jeszcze wyższe wartości osiąga w przypadku połączenia treningu z suplementacją kreatyną i wynosi 78% w grupie suplementującej kreatynę w stosunku do 55% w grupie placebo [7].

Podsumowanie wybranych wyników badań z zastosowaniem suplementacji kreatyną przedstawia Tabela 1.

## Wpływ suplementów kreatynowych na zakwaszenie mięśni i termoregulację

Kreatyna buforuje nadmiar jonów wodoru, zmniejszając przez to zakwaszenie mięśni [2]. Dla wysiłków maksymalnych, krótkotrwałych prowadzących do zmęczenia w okresie pierwszych 60 s, głównym źródłem energii są procesy beztlenowe, opierające się na rozpadzie fosfo-

kreatyny i glikogenu mięśniowego. Pierwszym sekundom takiego rodzaju wysiłku towarzyszy rozpad kwaśnej fosfokreatyny ( $\text{PCr}^{2-}$ ) do obojętnej kreatyny i fosforanów nieorganicznych (pełniących rolę zasady w kwaśnym środowisku komórki mięśniowej). W wyniku tego procesu dochodzi do przejściowej alkalizacji środowiska wewnątrzkomórkowego [13].

Zapasy fosfokreatyny z czasem trwania wysiłku maleją, rośnie natomiast tempo glikolizy beztlenowej, nagromadzeniu ulegają mleczany a stopień wewnątrz-komórkowej kwasicy metabolicznej i osmolarności wzrasta. Hiperosmolarność mięśni powoduje przepływ wody pozakomórkowej do wnętrza komórek, a więc wpływa na zagęszczenie osocza. Suplementacja kreatyną, wpływa na wzrost zapasów fosfokreatyny w organizmie, a tym samym może przesunąć moment nastąpienia zakwaszenia komórek w czasie [13].

Wiele badań wskazuje, że kreatyna podczas wysiłku fizycznego w gorących lub wilgotnych warunkach poprzez utrzymywanie stężenia hematokrytu, wspomaganie właściwej termoregulacji, zmniejszenie wywołanej ćwiczeniami częstości akcji serca i potliwości może poprawiać wydajność pracy mięśni. Kreatyna może także pozytywnie wpływać na objętość osocza na początkowym etapie odwodnienia [11].

Beis i wsp. w swoich badaniach sprawdzali czy pozytywne działanie, jakim jest łagodzenie wzrostu częstości akcji serca i temperatury podczas wysiłku fizycznego w podwyższonej temperaturze, może być zniwelowane znaczną retencją wody w organizmie, która poprzez zwiększenie masy ciała, mogłaby potencjalnie osłabić wytrzymałość. Badanie wykazało, że połączenie suplementacji kreatyną i glicerolem jest skuteczne w zmniejszaniu reakcji termicznych i sercowo-naczyniowych podczas wysiłku fizycznego w podwyższonej temperaturze bez negatywnego wpływu na ekonomię bieganina [3].

## Reakcja organizmu na suplementację kreatyną

Suplementacja kreatyną może wywoływać w organizmie zróżnicowaną osobniczo odpo-

---

Hanna Czeczot, Weronika Domańska-leśniak

---

wiedź. Część osób może wykazywać znacznie lepszą odpowiedź na suplementację i u tych osób, poziom kreatyny może zwiększyć się o 15 do nawet 40%, natomiast wśród osób słabiej reagujących na suplementację – maksymalnie o 5–15%. Zaobserwowano, zależność większego przyrostu kreatyny w mięśniach u osób, u których jej wyjściowe stężenie było niskie, jak na przykład u wegetarian lub osób z niższą aktywnością enzymów odpowiedzialnych za syntezę kreatyny [8,20,21].

Różnice w odpowiedzi na suplementację kreatyną stanowiły podmiot zainteresowania wielu badaczy. Wykazano, że osoby lepiej odpowiadające na suplementację, czyli te, u których całkowite wewnątrzkomórkowe stężenie kreatyny i fosfokreatyny wzrosło o >20 mmol/kg suchej masy ciała, cechowały się największym procentowym udziałem szybko kurczliwych włókien mięśniowych typu II, oraz najniższym początkowym poziomem kreatyny i fosfokreatyny. Wyniki te były, więc zgodne z innym badaniem, w którym suplementowanie kreatyną osób, u których wyjściowe jej stężenie zbliżone było do 150 mmol/kg suchej masy ciała, nie przyniosło efektu w postaci zwiększenia poziomu wysycenia organizmu kreatyną. Ponadto stopień wychwytu kreatyny oraz tempo jej odbudowy nie zwiększyły się. Potwierdza to fakt istnienia maksymalnego możliwego poziomu wysycenia organizmu kreatyną, ponad który dalsza suplementacja nie jest efektywna [10].

W świetle braku badań dotyczących możliwości modulowania zawartości kreatyny i fosfokreatyny w organizmie przez wiek czy dietę, Solis i wsp. podjęli się zbadania tej kwestii. Grupę badaną stanowiło 15 dzieci, 14 dorosłych wegetarian, 17 dorosłych niebędących na diecie wegetariańskiej oraz 18 osób starszych, suplementowanych kreatyną oraz placebo. U osób starszych odnotowano większy wzrost poziomu fosfokreatyny w mięśniach niż u dzieci. Natomiast u dzieci i u wegetarian większy niż u dorosłych niebędących na diecie wegetariańskiej. W żadnej grupie natomiast, przy stosowaniu standardowego protokołu suplementacji 0,3 g/kg m.c./dzień przez 7 dni, nie wykazano zmian w stężeniu fosfokreatyny w mózgu, pomimo że u wszystkich

odnotowywany był jej wzrost w tkance mięśniowej. Powyższe badanie wskazuje, że odpowiedź na suplementację kreatyną zależna może być od wieku, diety oraz docelowej tkanki, przez co uniwersalne protokoły suplementacji mogą skutkować zróżnicowanymi odpowiedziami ze strony tkanki mięśniowej i jeszcze innymi ze strony innych tkanek [26].

## Bezpieczeństwo zdrowotne a suplementacja kreatyną

Kreatyna jako substancja występująca naturalnie w organizmie człowieka, obecna również w pożywieniu zastosowana jako suplement diety wydają się być dla organizmu człowieka bezpieczna. W przypadku osób zdrowych, suplementacja kreatyną, zarówno jednorazowa, jak i długotrwała, nie niesie ze sobą żadnych istotnych zagrożeń. Nie udokumentowano negatywnego wpływu suplementów kreatyny na wyniki morfologii, profil lipidowy, stężenie enzymów mięśniowych i wątrobowych ani na poziom mocznika i albumin w moczu [12].

U osób suplementujących 20 g kreatyny dziennie zaobserwowano zwiększenie metyloaminy i formaldehydu moczowego, jednak wartości te nie wykroczyły poza normalny dla zdrowia zakres i nie miały wpływu na funkcjonowanie nerek [10].

Można jednak spotkać się z informacjami o niekorzystnych objawach po suplementacji kreatyną: np. dolegliwościach żołądkowo-jelitowych, kontuzjach mięśni, kurczach mięśni, a także uszkodzeniach zarówno mięśni, jak i nerek. Jednak informacje te nie znalazły poparcia w żadnych badaniach naukowych [2]. Odnotowanych zostało kilka przypadków zaburzeń funkcjonowania nerek, powiązanych z suplementacją kreatyną, jednak są to przypadki, w których nieprzestrzegane były zalecane dawki, występowały wcześniejsze choroby nerek lub osoby te przyjmowały leki nefrotoksyczne, których działanie zostało spotęgowane suplementowaną kreatyną [10].

W przeprowadzonym w 2008 roku randomizowanym badaniu z podwójnie ślepą próbą,

udowodniono, że ponad 3-miesięczna suplementacja wysokimi dawkami kreatyny (około 10 g dziennie), nie powoduje zaburzeń czynności nerek u zdrowych mężczyzn trenujących aerobowo. Pomiędzy grupą przyjmującą kreatynę, a grupą placebo nie zaobserwowano znaczących różnic w stężeniu sodu i potasu we krwi oraz moczu. Stężenie kreatyniny w surowicy zmniejszyło się po treningu w grupie przyjmującej placebo, natomiast pozostało bez zmian u badanych przyjmujących kreatynę. W obydwu grupach, po 12 tygodniach treningu, odnotowano spadek poziomu cystatyny C, co potwierdza brak wpływu suplementacji kreatyną na dysfunkcję nerek, jednocześnie sugerując możliwość poprawienia ich czynności poprzez wzrost filtracji kłębuszkowej u osób stosujących umiarkowany trening aerobowy [14].

Inne randomizowane badanie z podwójnie ślepej próbą, przeprowadzone zostało na kobietach i mężczyznach w wieku ponad 65 lat. Wyniki pokazały, że w grupie przyjmującej kreatynę (5g/dzień) i trenującej oporowo poprawiła się wytrzymałość mięśni, wzrosła beztłuszczowa masa ciała oraz nastąpiła większa redukcja tłuszczowej masy ciała w porównaniu z grupą placebo. Poziom kreatyniny w surowicy osób suplementujących kreatynę wzrósł, jednak klirens kreatyniny pozostał bez zmian, co sugeruje brak negatywnego wpływu suplementacji na funkcje nerek [10].

Kolejną grupą, na której badane było bezpieczeństwo stosowania kreatyny byli pacjenci kardiologiczni, poddani wytrzymałościowemu i oporowemu treningowi w połączeniu z suplementacją kreatyną. Choć poziom wydajności nie wzrósł znacząco w wyniku suplementacji, markery czynności nerek i wątroby utrzymywały się w normalnych zakresach, wskazując na bezpieczeństwo zastosowanej suplementacji [10].

Również długotrwała suplementacja monohydratem kreatyny nie niesie za sobą negatywnych konsekwencji zdrowotnych, co wykazano w badaniu retrospektywnym mającym na celu zbadanie wpływu długotrwałej suplementacji kreatyną (0,8 do 4 lat) na markery zdrowotne oraz na sugerowane korzyści treningowe [10].

Mimo przeprowadzonych wielu badań, w których niewykazano negatywnego wpływu kreatyny

na zdrowie, to bezpieczeństwo przy długotrwałej suplementacji nie może być gwarantowane w 100 %. Z powodu niewystarczającej ilości badań, nie można mieć ostatecznej pewności, co do zarówno pozytywnego, jak i negatywnego wpływu na organizm człowieka. Dla zapewnienia o całkowitym bezpieczeństwie suplementacji kreatyną, powinny być prowadzone dalsze długoterminowe i epidemiologiczne badania [10]. Warto mieć na uwadze również w tych badaniach fakt, że suplementacja kreatyną wpływa na zmniejszenie jej endogenej produkcji, jednak wartości te wracają do normy po krótkim czasie od zaprzestania suplementacji.

## Protokoły suplementacji kreatyną

Wśród badań naukowych dotyczących stosowania kreatyny, znaleźć można prace wskazujące, że mięśnie najszybciej wychwytyją kreatynę w czasie pierwszych 2–3 dni jej suplementacji. W związku z tą teorią w latach 90. ugruntowany został pogląd o najwyższej skuteczności suplementacji kreatyny opartej o fazę tzw. „ładowania”, a następnie stosowania dawek podtrzymujących. Model ten polega na przyjmowaniu przez okres 5–7 dni, 20–28 g kreatyny (podzielonej na około 4 dawki, ze względu na okres półtrwania kreatyny w osoczu wynoszący 1,5 godziny), a następnie dawek podtrzymujących (3–5 g/dobę). Choć metoda ta nie jest nieskuteczna, nie jest też pozbawiona wad, z uwagi na fakt, że część dostarczonej początkowo w ten sposób kreatyny trafia bezpośrednio do moczu i jest wydalana [2, 12].

W 1992 roku Harris i wsp. wykazali w badaniach, że 5 dni suplementacji monohydratem kreatyny w dawce 20 g dziennie, zwiększa stężenie fosfokreatyny w mięśniach o około 15–20%. Późniejsze badania wskazywały na podobny wzrost stężenia kreatyny i fosfokreatyny, zarówno po 30 dniach suplementacji małej dawki 3 g na dobę, jak i po fazie „ładowania” 20 g na dobę przez 6 dni, a następnie 2 g dziennie przez miesiąc [30]. Wskazuje to na skuteczność obydwu protokołów suplementacyjnych.

Mięśnie mają ograniczoną zdolność do magazynowania kreatyny i maksymalnie mogą

---

Hanna Czeczot, Weronika Domańska-leśniak

---

zawierać 150–160 mmol kreatyny na kilogram. Należy mieć, więc na uwadze, że suplementacja kreatyny ponad zalecane ilości nie przyniesie dodatkowych korzyści i nie będzie efektywna [2].

W wielu badaniach wykazano, że domięśniowa absorpcja kreatyny jest większa natychmiast po wysiłku fizycznym. W badaniach Antonio i Ciccone stwierdzono wzrost siły i masy mięśniowej w przypadku, suplementowania kreatyny po treningu, w porównaniu do podawania jej przed treningiem. Badanie to zostało jednak przeprowadzone na małej grupie uczestników. Należałoby potwierdzić wyniki tych badań na większej grupie trenujących ochotników i w dłuższym przedziale czasowym [1].

Do sprzecznych z powyższymi, wniosków doszli natomiast Candow i wsp. porównując efekty suplementacji kreatyną przed i po nadzorowanym treningu oporowym u zdrowych starszych osób dorosłych. Podczas 12-tygodniowego okresu treningowego, w obydwu grupach odnotowano znaczny wzrost beztłuszczowej masy ciała, grubości mięśni kończyn oraz zmniejszenie katabolizmu białek mięśniowych. Zmiany w sile i masie mięśniowej były podobne, zarówno w przypadku suplementowania kreatyny przed jak i po treningu oporowym u starszych osób dorosłych [9].

## Podsumowanie

Z uwagi na ogromną konkurencję na rynku suplementów kreatynowych dla sportowców, producenci poszukują coraz to nowszych form chemicznych kreatyny, które potencjalnie mogłyby wywoływać jeszcze lepsze i szybsze efekty w postaci wzrostu siły i masy mięśniowej niż monohydrat, lub pozbawione byłyby niekorzystnej jego cechy, jaką jest wzrost retencji wody w organizmie. Sole, estry lub inne połączenia kreatyny z dodatkowymi cząsteczkami, powodują zmniejszenie zawartości samej kreatyny w produkcie. W świetle braku dowodów naukowych o wyższości takich połączeń nad monohydratem, stosowanie tego typu suplementów może okazać się mało efektywne a dodatkowo kosztowniejsze.

Reakcja na suplementację jest zmienna osobniczo i może być zależna od czynników, takich jak wyjściowy poziom kreatyny w organizmie, zawartość transportera kreatyny CreaT, czy typ włókien mięśniowych. Istotne są również czynniki, na które sportowcy mogą mieć wpływ, czyli wspomaganie wychwytu kreatyny z przewodu pokarmowego. Spośród wielu substancji dodawanych do suplementów kreatynowych, istnieje kilka, określanych jako stymulatory, których dodatek realnie wzmacnia wychwyt kreatyny, na przykład składniki wywołujące wzrost poziomu insuliny, takie jak obecne w suplementach dekstroza, aminokwasy BCAA (leucyna, izoleucyna, walina), które to, poprzez zwiększenie aktywności pomp sodowo-potasowych w mięśniu ułatwiają sodowo-zależny transport kreatyny [12, 27, 28].

Wśród wieloskładnikowych suplementów kreatynowych, najczęściej pojawiającym się dodatkiem jest tauryna. Stosowanie jej, jako dodatek do kreatyny wydaje się być zasadne. Badania wskazują, że spożycie tego niebiałkowego aminokwasu, jako składnika złożonych preparatów przed treningowych poprawia wytrzymałość mięśni w czasie ćwiczeń oporowych [16].

Jednym z bardziej popularnych dodatków do kreatyny jest także beta-alanina. Zalety jej stosowania w połączeniu z kreatyną, także mają swoje odzwierciedlenie w badaniach, w postaci poprawy wydajności ćwiczeń o wysokiej intensywności [31].

Wśród stosowanych przez producentów składników dodatkowych, jako zasadne i poparte badaniami wymienić można także odpowiedzialną za efekt ergogeniczny kofeinę, która poprawia wydajność podczas ćwiczeń wytrzymałościowych i oporowych [16]. Kolejnymi są L-cytrulina i L-arginina, zwiększające poziom tlenu azotu, co może poprawiać wydajność ćwiczeń, z uwagi na większy przepływ krwi do aktywnych mięśni, kwas alfa-liponowy, stymulujący wzrost poziomu kreatyny w mięśniach czy betaina, poprawiająca wydajność ćwiczeń [2, 31].

Poza składnikami dodatkowymi wspierającymi działanie kreatyny, do suplementów kreatynowych dodawane są też substancje dodatkowe, takie jak barwniki, substancje słodzące, zagęstniki, wypełniacze i inne. Używane są one



w celach technologicznych, niestety jednak mogą nie być pozbawione efektów ubocznych.

Wśród dodawanych barwników naturalnych, do tych o udokumentowanym bezpieczeństwie zaliczyć można kurkuminę, pomarańczowo-żółty proszek uzyskiwany z kłączy ostryżu długiego, wykazującą oprócz wartości barwiącej, właściwości przeciwzapalne, przeciwutleniające i przeciwnowotworowe. Bezpieczna jest także ryboflawina, żółto-pomarańczowy barwnik, występujący naturalnie w organizmie człowieka i będący niezbędnym koenzymem wielu procesów metabolicznych. W grupie żółto-pomarańczowych barwników bezpieczne są także karotenoidy, mogące dzięki właściwościom antyoksydacyjnym również obniżać poziom zachorowalności na nowotwory. Zielone barwniki roślinne, czyli chlorofile i chlorofiliny poza barwieniem produktów, wykazują także pozytywne właściwości bakteriostatyczne i antyoksydacyjne. Należy mieć jednak na uwadze, że w przypadku kompleksów miedziowych chlorofili, pomimo przynależności do tej samej grupy, odnotowano szereg wątpliwości związanych z ich toksycznością [22].

Wyniki wielu badań wskazują, że stosowanie koszenili, jedyne barwnika spożywcze pochodzenia zwierzęcego, nie jest całkowicie bezpieczne z uwagi na jego alergizujące działanie oraz występujące zanieczyszczenia pierwiastkami toksycznymi. Jednoznacznej opinii, co do bezpieczeństwa stosowania nie określono także w stosunku do karmelu [22].

Do grupy barwników naturalnych należą także barwniki nieorganiczne. Choć grupa ta nie

odgrywa znaczącej roli w barwieniu żywności, w przypadku suplementów kreatynowych to właśnie dwutlenek i tlenek tytanu, należące do tej grupy pojawiają się w suplementach najczęściej. Bezpieczeństwo stosowania barwników nieorganicznych nie zostało oszacowane, gdyż brak było jednoznacznych danych dotyczących ich szkodliwości. Badanie przeprowadzone przez National Institute for Agricultural Research (INRA) opublikowane w 2017 r. wskazuje, że stosowanie dwutlenku tytanu w żywności wywołać może efekt inicjujący i promujący wczesne etapy karcynogenezy jelita grubego [22,25].

Spośród barwników syntetycznych do stosowania w żywności dopuszczono tylko nieznaczne, ponieważ wyniki badań toksykologicznych wielu z pierwotnie stosowanych, uznały je za wywierające negatywny wpływ na zdrowie konsumentów. Obecne w suplementach kreatynowych barwniki takie jak żółcień chinolinowa, żółcień pomarańczowa, azorubina i tartrazyna, co zostało potwierdzone badaniami, mogą wywoływać nadaktywność i zaburzenia koncentracji u dzieci. Dodatkowo niektóre z nich mogą działać hepato- i cytotoksycznie, wywoływać alergie, egzemy lub potencjalnie indukować kancerogenezę. Szkodliwe działanie na skórę i oczy wykazano natomiast w przypadku czerni brylantowej, która choć jej stosowanie w żywności zostaje ograniczane, pojawia się w suplementach kreatynowych [22].

## Piśmiennictwo

1. Antonio J, Ciccone V. The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *J Inter Soc Sports Nutr* 2013;10(1):36:1–8.
2. Bean A. Żywnienie w sporcie. Kompletny przewodnik. Poznań: Zysk i S-ka Wydawnictwo; 2008: 22, 87.
3. Beis LY, Polyviou T, Malkova D, Pitsiladis YP. The effects of creatine and glycerol hyperhydration on running economy in well trained endurance runners *J Int Soc Sports Nutr* 2011; 8(1): 24.
4. Bennett T, Bathalon G, Armstrong D, Martin B, Coll R, Beck R, Barkdull T, O'Brien K, Deuster PA. Effect of creatine on performance of militarily relevant tasks and soldier health. *Mil Med* 2001;166(11): 996–1002.
5. Branch JD, Schwarz WD, Van Lunen B. Effect of creatine supplementation on cycle ergometer exercise in a hyperthermic environment. *J Strength Cond Res* 2007;21(1):57–61.

6. Buford T, Kreider R, Stout J, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Antonio J. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007;(4)6:1–8.
7. Burke DG, Candow DG, Chilibeck PD, MacNeil LG, Roy BD, Tarnopolsky MA, Ziegenfuss T. Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults. *Inter J Sport Nutr Exerc Metab* 2008; 18(4): 389–398.
8. Burke DG, Chilibeck PD, Parise G, Candow DG, Mahoney D, Tarnopolsky M. Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(11): 1946–1955.
9. Candow DG, Zello GA, Ling B, Farthing JP, Chilibeck PD, McLeod K, Harris J, Johnson S. Comparison of creatine supplementation before versus after supervised resistance training in healthy older adults. *Res Sports Med* 2014;22(1):61–74.
10. Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J Inter Soc Sports Nutr* 2012;9:33.
11. Dalbo V, Roberts M, Stout J, Kerksick C. Putting to rest the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration. *Br J Sports Med* 2008; 42: 567–573.
12. Frączek B, Grzelak A. Suplementacja kreatyną w grupie młodych mężczyzn podejmujących rekreacyjnie trening siłowy. *Probl Hig Epidemiol* 2012; 93(1): 425–431.
13. Górski J. (red.). Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2012: 394.
14. Gualano B, Ugrinowitsch C, Novaes RB, Artioli GG, Shimizu MH, Seguro AC, Harris RC, Lancha AH Jr. Effects of creatine supplementation on renal function: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Eur J Appl Physiol* 2008; 103(1): 33–40.
15. Hall M, Troijan TH. Creatine supplementation. *Curr Sports Med Rep* 2013;12(4): 240–244.
16. Harty PS, Zabriskie HA, Erickson JL, Molling PE, Kerksick ChM, Jagim AR. Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: a brief review. *J Int Soc Sports Nutr* 2018;15(1):41.
17. Johannsmeyer S, Candow DG, Brahmms CM, Michel D, Zello GA. Effect of creatine supplementation and drop-set resistance training in untrained aging adults. *Exp Gerontol* 2016;83:112–119.
18. Kilduff LP, Pitsiladis YP, Tasker L, Attwood J, Hyslop P, Dailly A, Dickson I, Grant S. Effects of creatine on body composition and strength gains after 4 weeks of resistance training in previously nonresistance-trained humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003;13(4):504–520.
19. Kilduff LP, Vidakovic P, Cooney G, Twycross-Lewis R, Amuna P, Parker M, Paul L, Pitsiladis YP. Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(7):1176–1183.
20. Kreider R, Greenwood M. Kreatyna. *Sport Wyczynowy* 2003; 1–2: 457–458.
21. Kreider RB. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem* 2003;244 (1–2): 89–94.
22. Krzyśko-Łupicka T, Kręcidło M, Kręcidło Ł. Barwniki w żywności a zdrowie konsumentów. *Kosmos Probl Nauk Biol* 2016;65(4):543–552.
23. 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.
24. Rawson ES, Volek JS. Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *J Strength Cond Res* 2003;17(4): 822–831.
25. Rozporządzenie UE z dnia 17 kwietnia 2019 r. Zawieszające wprowadzanie do obrotu środków spożywczych zawierających dodatek E 171 (dwutlenek tytanu – TiO<sub>2</sub>).
26. Solis MY, Artioli GG, Otaduy MCG, Leite CDC, Arruda W, Veiga RR, Gualano B. Effect of age, diet, and tissue type on PCr response to creatine supplementation. *J Appl Physiol* 2017;1,123(2):407–414.
27. Steenge GR, Lambourne J, Casey A, Macdonald IA, Greenhaff PL. Stimulatory effect of insulin on creatine accumulation in human skeletal muscle. *Am J Physiol* 1998;275:E974–979.
28. Steenge GR, Simpson EJ, Greenhaff PL. Protein- and carbohydrate-induced augmentation of whole body creatine retention in humans. *J Appl Physiol* 2000;89(3): 1165–1171.

## Kreatyna w sporcie. Część II. Celowość stosowania suplementów kreatyny w sporcie

---

29. Szewczyk P, Poniewierka E. Kreatyna – zastosowanie w sporcie i medycynie. *Piel Zdr Publ* 2015; 5(4): 409–416.
30. Tarnopolsky M. Caffeine and creatine use in sport. *Ann Nutr Metab* 2010;57( 2):1–8.
31. Wolfe RR. Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: myth or reality? *J Int Soc Sports Nutr* 2017;14(30):1–7.
32. Vandenberghe K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, Hespel P. Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol* 1997;83(6):2055–2063.
33. Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Boetes M, Incledon T, Clark KL, Lynch JM. Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *J Am Diet Assoc* 1997;97:765–770.