

**Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych**



**XXV KONFERENCJA DYSKUSYJNA**

**FAKTY I FIKCJE  
W ŻYWIENIU CZŁOWIEKA**

**„Żywność a aktywność fizyczna”**

**Program i streszczenia referatów**

**Warszawa, 27 października 2017**

XXV KONFERENCJA DYSKUSYJNA  
FAKTY I FIKCJE W ŻYWIENIU CZŁOWIEKA

Żywnienie a aktywność fizyczna

**Konferencja zorganizowana przez  
Polskie Towarzystwo Nauk Żywnieniowych,  
Zarząd Główny oraz  
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW**

27 października 2017, godz. 11<sup>00</sup>

Aula Kryształowa  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 166

**Polskie Towarzystwo Nauk Żywnieniowych – Zarząd Główny**  
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159c, tel. 22 59 37 112, 22 59 37 113

Recenzent – dr hab. Lucyna Kozłowska  
Redakcja naukowa – dr hab. Jadwiga Hamułka, prof. nadzw. SGGW  
Redakcja techniczna – mgr inż. Mariola Araucz

ISBN 978-83-949238-0-8

# Program konferencji:

## • **Otwarcie Konferencji**

Przewodnicząca Towarzystwa

Dr hab. Jadwiga Hamułka, prof. SGGW

## • **Referaty**

Dr hab. Jadwiga Malczewska-Lenczowska, prof. nadzw.

*Dieta sportowca – aktualne zalecenia, mity i trendy*

Dr hab. Barbara Frączek, prof. nadzw.

*Profilaktyka odwodnienia i strategie, prawidłowego nawadniania sportowców*

Dr n. zdr. inż. Krzysztof Durkalec-Michalski

*Czy stosowanie suplementów diety w sporcie jest konieczne?*

## • **Dyskusja i podsumowanie**

Publikacja wydana dzięki Doppelherz®



*Marka Doppelherz® ma prawie 100-letnią tradycję w Niemczech, gdzie jest synonimem rzetelności i wysokiej jakości. Doppelherz® aktiv to seria nowoczesnych suplementów diety, stworzonych i wyprodukowanych na bazie najwyższej jakości ekstraktów ziołowych, witamin, minerałów i innych składników odżywczych. Preparaty Doppelherz® aktiv są opracowywane i dostosowane do aktualnych potrzeb zdrowotnych klientów. Marka Doppelherz® aktiv wspiera aktywny i zdrowy styl życia.*

### **Szanowni Państwo,**

Aktywność ruchowa jest nieodłącznym elementem życia każdego człowieka. Wynika z wrodzonych potrzeb organizmu, a odpowiednio dobrana sprzyja jego rozwojowi, utrzymaniu dobrej kondycji fizycznej i psychicznej oraz opóźnieniu lub wręcz ograniczeniu występowania wielu chorób. Codzienna aktywność fizyczna połączona z odpowiednio zbilansowaną dietą jest więc kluczem do dobrego stanu zdrowia.

Należy jednak pamiętać, że wysiłek fizyczny zwiększa zapotrzebowanie na energię i wiele składników pokarmowych. Stąd też, zarówno w sporcie wyczynowym jak i amatorskim, szczególną rolę pełni właściwy sposób żywienia, zapewniający odpowiednią podaż składników energetycznych, budulcowych oraz przyczyniających się do regulacji przemian metabolicznych. Dieta oprócz zapewnienia wszystkich składników pokarmowych koniecznych do przywrócenia lub utrzymania homeostazy organizmu, powinna również uwzględniać właściwe jego nawodnienie, a niekiedy również zastosowanie odpowiednio dobranej suplementacji. Jest to często warunek konieczny do osiągnięcia jak najlepszych wyników sportowych (poprawy możliwości wysiłkowych ludzkiego organizmu) oraz do utrzymania odpowiedniej masy ciała i zdrowia.

Żywienie osób aktywnych fizycznie łączy więc w sobie szereg różnorodnych aspektów: fizjologicznych, biochemicznych oraz psychologicznych, a w ostatnim czasie cieszy się coraz większym zainteresowaniem. Aby obalić niektóre mity oraz przybliżyć problematykę dotyczącą roli żywienia osób aktywnych fizycznie szerszemu odbiorcy, Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych zorganizowało kolejną, już XXV konferencję z cyklu „Fakty i fikcje w żywieniu człowieka” pod hasłem „Żywienie a aktywność fizyczna”.

Mam nadzieję, że zaprezentowane referaty spotkają się z szerokim odbiorem, oraz że będzie to miejsce i czas na wymianę myśli, poglądów oraz najnowszej wiedzy w tym zakresie. Mam też nadzieję, że osoby zainteresowane tą problematyką znajdą odpowiedzi na wiele nurtujących ich pytań i wątpliwości.

Zapraszam serdecznie do wzięcia udziału w konferencji, i gorąco zachęcam do dyskusji.

Przewodnicząca Towarzystwa



Dr hab. Jadwiga Hamułka, prof. SGGW

**Dr hab. Jadwiga Malczewska-Lenczowska, prof. nadzw.**

Zakład Fizjologii Żywienia i Dietetyki,

Instytut Sportu-Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie

## **Dieta sportowca – aktualne zalecenia, mity i trendy**

### **Wprowadzenie**

Wysiłek fizyczny zwiększa zapotrzebowanie na energię i wiele składników pokarmowych. U sportowców wyczynowych w warunkach znacznie wyższej aktywności fizycznej dochodzić może do wyczerpania glikogenu, hipoglikemii, niedoborów mikroskładników diety, odwodnienia organizmu oraz zachwiania równowagi kwasowo-zasadowej i elektrolitowej. Wszystko to stawia przed dietą sportowca duże wyzwania. U sportowców właściwe strategie żywieniowe, oprócz zapewnienia wszystkich składników pokarmowych koniecznych do przywrócenia lub utrzymania homeostazy, mają za zadanie: zapobiegać lub redukować symptomy zmęczenia, wywoływać dodatkowe powysiłkowe adaptacje, utrzymywać prawidłową pracę układu pokarmowego oraz pomagać w osiągnięciu i utrzymaniu właściwej dla danej dyscypliny masy i składu ciała [Thomas i wsp. 2016].

Zapotrzebowanie na energię, składniki pokarmowe oraz potrzeba wprowadzania specjalnych zaleceń żywieniowych przed, w trakcie oraz po wysiłku fizycznym zależne są od charakteru wysiłku fizycznego, jego intensywności i czasu trwania, warunków otoczenia, stopnia wytrenowania, a także indywidualnych cech i preferencji żywieniowych zawodnika. [Thomas i wsp. 2016]. Spożywanie pokarmów o odpowiedniej wartości energetycznej u większości sportowców nie stwarza problemów, jednakże są dyscypliny sportu, w których wydatki energetyczne są bardzo wysokie. Ma to miejsce w sportach szczególnie wytrzymałościowych takich jak biegi długie, triathlon, kolarstwo czy narciarstwo biegowe. Zapotrzebowanie na energię w tych dyscyplinach może sięgać, a nawet przekraczać 80 kcal/kg m.c. [Burke 2009], co sprzyja niskiej dostępności energii (różnica między energią spożytą i energią wydatkowaną na aktywność fizyczną), której efektem może być rozwój zespołu zaburzeń zwanych „Triadą sportsmenek” (redukcja masy ciała,

zaburzenia gospodarki hormonalnej i funkcji gonad oraz demineralizacją kości) [Hergenroeder i wsp. 2015]. Warto przy tym podkreślić, że zbyt mała dostępność energii wywołuje taki sam zestaw zaburzeń u mężczyzn [Tenforde i wsp. 2016] dlatego obecnie pojawiły się propozycje aby Triadę Sportsmenek zastąpić nazwą „względny niedobór energii w sporcie” (ang. *RED-S -Relative Energy Deficiency in Sport*) [Mountjoy i wsp. 2014].

### **Zapotrzebowania na węglowodany i białko – aktualne zalecenia**

Podczas wysiłku fizycznego (niezależnie od jego rodzaju) podstawowym i najbardziej ekonomicznym źródłem energii są węglowodany (CHO). Ich dostępność jest czynnikiem limitującym wydolność organizmu, szczególnie przy wysiłkach długich lub wykonywanych ze zmienną intensywnością. Wyczerpanie glikogenu w mięśniach związane jest odczuwaniem zmęczenia oraz spadkiem intensywności wysiłku, na skutek obniżenia stężenia glukozy we krwi, natomiast niedostateczna dostępność węglowodanów do centralnego układu nerwowego skutkuje większym odczuwaniem zmęczenia, pogorszeniem zdolności ruchowych i spadkiem koncentracji [Burke i wsp. 2011; Spriet i wsp. 2014]. Właściwa dostępność węglowodanów warunkuje także odnowę ich rezerw ustrojowych w postaci glikogenu w mięśniach i w wątrobie. Sprawna odbudowa glikogenu jest więc podstawowym czynnikiem pozwalającym utrzymać wysoką wydolność fizyczną organizmu. Zapotrzebowanie dzienne sportowców na węglowodany uwarunkowane jest wielkością obciążeń treningowych i waha się od 3-5 g/kg m.c. przy wysiłkach lekkich, do 8-12 g/kg m.c. przy obciążeniach bardzo dużych [Thomas i wsp. 2016]. Z praktyki wiadomo, że podaż węglowodanów w diecie do 8 g/kg m.c. nie jest trudna do realizacji, naturalną prawidłowo zbilansowaną dietą. Większe zapotrzebowanie na ten składnik (> 8 g/kg m.c.) wymaga już jednak właściwego doboru produktów wysoko-węglowodanowych, a czasami także wsparcia naturalnej diety suplementami zawierającymi ten składnik pokarmowy. Dotyczy to zwłaszcza dni charakteryzujących się bardzo dużymi obciążeniami treningowymi, z dwoma lub więcej treningami dziennie, a także okresów bezpośrednio poprzedzających start w zawodach oraz samych zawodów. W przypadku zawodów, w których wysiłki startowe trwają powyżej 90 minut korzystne jest stosowanie

technik zwanych ładowaniem węglowodanów. W tym celu zaleca się w ciągu 48 godzin poprzedzających start dietę bardzo wysoko-węglowodanową (10-12 g/kg m.c.), połączoną ze znacznym zmniejszeniem objętości treningów [Burke i wsp. 2011].

Przy 2 treningach dziennie, oprócz 3-4 głównych posiłków bogatych w węglowodany, zaleca się dodatkowe ich przyjmowanie jak najszybciej po zakończonym wysiłku, w ilości 1,0-1,2 g/kg m.c. przez pierwsze 4-6 godzin [Kerksick i wsp. 2017]. To zapewnia sprawniejszą odbudowę glikogenu w mięśniach w pierwszej godzinie po wysiłku fizycznym, w której restytucja glikogenu jest najwyższa. W okresie odnowy rezerw glikogenowych niewielki dodatek białka (0,2-0,4 g/kg m.c.) zmniejsza zapotrzebowanie na węglowodany do 0,8 g/kg m.c. [Kerksick i wsp. 2017].

Uzupełnianie węglowodanów w trakcie wysiłków fizycznych zalecane jest przy wysiłkach o intensywności przekraczającej 70%  $\text{VO}_2\text{max}$ , trwających powyżej 1 godziny. I tak w wysiłkach trwających 1-2,5 godziny spożycie węglowodanów powinno wynosić 30-60 g/godz., a w wysiłkach bardzo długich trwających, powyżej 2,5-3 godziny może być wyższe (do 90 g/kg m.c.). Przy tak dużym spożyciu węglowodanów, w celu uzyskania lepszego ich tempa wchłaniania w przewodzie pokarmowym, należy uwzględniać różne rodzaje cukrów (np. mieszanina glukozy i fruktozy), wykorzystujące w enterocytach specyficzne dla siebie transportery. W wysiłkach krótszych, trwających do 1 godziny, wskazane są małe ilości węglowodanów lub tylko płukanie ust roztworem zawierającym ten składnik pokarmowy [Burke i wsp. 2011; Kerksick i wsp. 2017].

Drugi ważny makroskładnik diety sportowca – białko jest konieczne do naprawy, przebudowy lub/i rozbudowy własnych białek mięśniowych, wsparcia metabolicznych adaptacji, oraz podtrzymania jego obrotu w ustroju. U sportowców adaptacje wywołane treningiem powodują aktywację mechanizmów syntezy białek mięśniowych zwanych kompleksem mTORC1 (*mechanical target of Rapamycin complex1*). Te złożone procesy biosyntezy białka zachodzą po każdym zakończonym wysiłku fizycznym, chociaż jego charakter ma duży wpływ na rodzaj oraz ilość tworzonego białka [Thomas i wsp. 2016]. Największy wpływ na pobudzenie szlaku mTORC1 mają wysiłki o charakterze siłowym i one



pobudzają ten proces w sposób mechaniczny. Drugim ważnym czynnikiem aktywującym syntezę białek, jest duża dostępność niezbędnych aminokwasów, w tym głównie leucyny [Wilkinson i wsp. 2013; Apró i wsp. 2015]. To powoduje, że zapotrzebowanie na wysokiej jakości białko, przy wysiłkach o charakterze oporowym jest wyższe niż w innych rodzajach wysiłku fizycznego. Obecnie uważa się, że zapotrzebowanie sportowców na białko należy rozpatrywać nie ze względu na charakter uprawianej dyscypliny sportu (siła, wytrzymałość), ale powinno opierać się na zapewnieniu organizmowi optymalnych adaptacji w odpowiedzi na specyfikę treningu czy zawodów. Zwraca się przy tym uwagę, że zapotrzebowanie na białko zależne jest również od stopnia wytrenowania sportowca (sportowiec mniej wytrenowany potrzebuje więcej białka), rodzaju treningu (trening o bardzo dużej intensywności, lub nowy rodzaj treningu zwiększa zapotrzebowanie na ten składnik), dostępności węglowodanów oraz, co najważniejsze dostępności energii. Właściwa podaż energii oszczędza bowiem aminokwasy do syntezy białek oraz powoduje aktywację szlaku mTORC1, a węglowodany chociaż same w sobie nie pobudzają syntezy białek, to przyczyniają się do zmniejszania ich rozpadu podczas wysiłku fizycznego [Greenhaff i wsp. 2008; Close i wsp. 2016].

Aktualne zalecenia dotyczące zapotrzebowania sportowców na białko, wynoszą wg American College of Sports Medicine (ACSM) od 1,2 do 2,0 g/kg m.c./dzień [Thomas i wsp. 2016]. Wg International Society of Sports Nutrition (ISSN) zalecenia na ten składnik są bardzo podobne i wynoszą 1,4-2,0 g/kg m.c./dzień [Jäger i wsp. 2017]. Obydwa ww. gremia są zatem zgodne, że przy odpowiedniej dostępności energii, dzienna podaż białka wystarczająca dla optymalizacji treningu i stymulacji adaptacji metabolicznych nie przekracza 2,0 g/kg m.c., niezależnie od charakteru wysiłku. Potwierdza to także ostatnia metaanaliza [Morton i wsp. 2017], przeprowadzona na podstawie 49 badań, dotyczących wpływu spożywania różnych ilości białka na indukowany treningiem oporowym wzrost masy mięśniowej. Wskazuje ona, że u osób trenujących siłowo spożycie białka w ilości powyżej 1,6 g/kg m.c. nie powoduje dalszych korzyści w postaci przyrostu beztłuszczowej masy ciała.

Zapotrzebowanie na białko wyższe od przedstawionych powyżej wartości jest zalecane jedynie w okresach niedoboru energii w organizmie lub podczas dłuższych przerw w treningach (kontuzje), w celu ochrony organizmu przed utratą beztłuszczowej masy ciała. Zapotrzebowanie na białko w okresie niedoboru energii nie jest dokładnie ustalone i różni się nieco w zależności od źródła. ACSM określa zapotrzebowanie na ten składnik dosyć ogólnie stwierdzając jedynie, że spożycie białka w tym okresie powinno przekraczać 2 g/kg m.c. [Thomas i wsp. 2016]. Według ISSN natomiast zapotrzebowanie na białko w okresie niedoboru energii w ustroju jest wyższe i powinno wynosić od 2,3 do 3,1 g/kg m. c. [Jäger i wsp. 2017]. Istnieją dane wskazujące, że wysokobiałkowa dieta w przedstawionym powyżej zakresie może także wpływać korzystnie na skład ciała u osób trenujących siłowo, tj. może sprzyjać utracie tkanki tłuszczowej [Helms i wsp. 2014]. ISSN w ostatnim *position stand* odnosi się także do zagadnienia bezpieczeństwa spożywania zwiększonych ilości białka przez sportowców. Według tego stowarzyszenia spożycie białka w ilościach 2,5-3,3 g/kg m.c. (zalecanym tylko w okresie redukcji masy ciała), nawet w dłuższym okresie nie wywiera niekorzystnego wpływu na wskaźniki lipidowe krwi oraz markery funkcji nerek i wątroby u zdrowych sportowców [Jäger i wsp. 2017].

W celu zapewnienia sprawnej syntezy białka oraz lepszej powysiłkowej odnowy organizmu ważna jest nie tylko ogólna ilość spożywanego białka, ale także częstotliwość i czas jego przyjmowania względem wysiłku, jak również jakość spożywanego białka. Optymalnie białko powinno być przyjmowane co 3-4 godziny w ciągu dnia, w ilości 0,25-0,3 g pełnowartościowego białka/kg m.c. [Phillips 2012; Thomas i wsp. 2016; Jäger i wsp. 2017]. Przy treningach o charakterze oporowym właściwy rozkład poszczególnych porcji białka powinien uwzględniać także wczesną fazę odnowy, tj. 0-2 godz. po zakończonym wysiłku. Optymalna dawka białka w tym czasie wynosi 20-40 g, chociaż ostatnio zaleca się, aby białko przeliczać raczej na masę ciała. Uważa się, że zalecana dawka ~0,25 g/kg m.c. w tym okresie jest wystarczająca aby zmaksymalizować biosyntezę białek mięśniowych [Moore i wsp. 2015; Close i wsp. 2016]. Do stymulacji procesów biosyntezy białek konieczne jest dostarczenie w każdym posiłku 1-3 g leucyny [Jäger i wsp. 2017]. Wolfe [2017] w swojej ostatniej pracy przeglądowej wskazuje jednak, że

spożywanie samej leucyny lub tylko samych aminokwasów rozgałęzionych (leucyny, izoleucyny i waliny) jest niewystarczające do optymalnej syntezy białek ustrojowych, ponieważ obligatoryjne utlenianie niezbędnych aminokwasów nie może być nigdy całkowicie stłumione. Powyższe wyniki badań wskazują więc, że do optymalnej biosyntezy białek mięśniowych konieczne są białka, bogate we wszystkie niezbędne aminokwasy. Według obecnego stanu wiedzy przy powysiłkowej odnowie białek ustrojowych najlepszym białkiem są białka mleka. Są one lepsze niż inne wysokowartościowe białka np. z mięsa czy z jaj, z uwagi na wysoką zawartość leucyny, dobrą kinetykę wchłaniania aminokwasów rozgałęzionych i zawartość wszystkich niezbędnych aminokwasów [Jäger i wsp. 2017]. Podkreśla się jednocześnie, że istnieje potrzeba dalszych badań nad wpływem różnych rodzajów pojedynczych białek lub ich mieszanin na stymulację szlaku przemian białkowych (mTORC1) i syntezę białek mięśniowych, w następstwie wykonywania różnych rodzajów wysiłków fizycznych [Close i wsp. 2016].

### **Mity dotyczące żywienia sportowców**

Przegląd literatury naukowej dotyczący żywienia sportowców wskazuje, że na przestrzeni lat rezultaty badań jak i wynikające z nich praktyczne zalecenia dla sportowców ulegały i wciąż ulegają modyfikacjom, a część z nich z biegiem czasu przestaje być aktualna. Niestety wśród zawodników i trenerów, a nawet specjalistów zajmujących się żywieniem sportowców niektóre zweryfikowane już teorie wciąż funkcjonują. Istniejące mity opierają się na starej i nieaktualnej lub nie potwierdzonej naukowo wiedzy. Mogą być także efektem zbyt dużych uogólnień niejednoznacznych wyników badań, lub też błędnych wniosków wypływających z jednostkowych, często osobistych obserwacji.

Jeden z takich mitów wciąż funkcjonujący wśród dietetyków sportowych, a nawet naukowców zajmujących się żywieniem sportowców dotyczy **ograniczenia spożywania węglowodanów w ostatniej godzinie przed wysiłkiem fizycznym**. Jest on oparty na badaniach z lat 70-tych i mówi, że węglowodany spożywane w okresie 1 godziny przed wysiłkiem mogą pogarszać wydolność fizyczną organizmu poprzez wzrost stężenia insuliny, która zwiększa ryzyko przedstartowej hipoglikemii oraz hamuje lipolizę, co z kolei zwiększa wykorzystanie glikogenu mięśniowego

[Foster i wsp. 1979]. Wiele późniejszych badań jednak nie potwierdza tej teorii i wskazuje, że unikanie węglowodanów w ciągu ostatniej godziny przed wysiłkiem fizycznym nie jest uzasadnione, gdyż nie wywiera negatywnego wpływu na zdolności wysiłkowe [Jeukendroup & Killer 2010; Rosenbloom 2017]. Ponadto wyniki badań naukowych wskazują, że ani index glikemiczny węglowodanów ani ich ładunek, choć mają wpływ na ich metabolizm, nie poprawiają wydolności przedstartowej, jeśli spożywana przez sportowca dieta zawiera odpowiednią ilość energii i węglowodanów ogółem [Thomas i wsp. 2016]. Obecnie podkreśla się jedynie, że strategie dostarczania sportowcom węglowodanów w okresie 1 godziny przed wysiłkiem wymagają indywidualnego podejścia, ponieważ niektórzy sportowcy choć rzadko, jednak mogą wykazywać osobnicze predyspozycje do rozwoju hipoglikemii po spożyciu węglowodanów. Czynniki warunkujące takie skłonności nie są jak dotąd poznane [Jeukendroup & Killer 2010].

Drugi mit dotyczy **mimowolnych i bolesnych kurczy mięśniowych, pojawiających się podczas wysiłku i łączenia ich z potasem**. Wielu sportowców zarówno wyczynowych jak i trenujących rekreacyjnie kojarzy nagle kurcze mięśniowe z niedoborem tego składnika mineralnego w organizmie. Chociaż etiologia ich powstawania nie jest do końca poznana, to wyniki obecnych badań wykluczają potas jako czynnik wywołujący tego rodzaju dolegliwości, z uwagi małe procentowe jego ubytki w stosunku do zasobów ustrojowych, nawet przy dużej wysiłkowej utracie potu [Rosenbloom 2017]. Obecnie wymienia się kilka czynników mogących pojedynczo lub wspólnie wywoływać te zaburzenia podczas wysiłków fizycznych. Należą do nich: odwodnienie, zaburzenia elektrolitowe, zmęczenie i zmiany przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Istnieją badania wskazujące, że przyczyną kurczy mięśniowych u sportowców mogą być duże straty sodu z potem [Schwellnus 1997], jednakże obecnie uważa się że najbardziej prawdopodobną ich przyczyną są wywołane zmęczeniem zaburzenia przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, które prowadzą do zachwiania równowagi pomiędzy pobudzeniem a wyciszaniem neuronów motorycznych [Murray 2016]. Wykazano także, że niektórzy sportowcy ze względu na predyspozycje genetyczne oraz odpowiedź metaboliczną

mięśni są bardziej podatni na występowanie tego typu zaburzeń [Armstrong & Cross 2013].

Wyniki ostatnich kilku lat dotyczące wysiłkowych kurczy mięśniowych wskazują na udział receptorów z rodziny kanałów jonowych aktywowanych przejściowym potencjałem (TRP) (ang. *transient receptor potential*), należących do rodziny nieselektywnych kanałów kationowych, regulujących przepływ jonów wapnia i reagujących na bodźce chemiczne i fizyczne. Okazuje się, że pobudzenie tych receptorów w jamie ustnej może łagodzić niekorzystne objawy poprzez przekazywanie informacji do neuronów szpiku kostnego, które z kolei wyciszają aktywność neuronów motorycznych odpowiedzialnych za aktywację skurczu mięśnia [Craighead i wsp. 2017]. Ciekawe, że pobudzanie receptorów TRP mogą wywoływać niektóre produkty żywnościowe takie jak ostre przyprawy np. ostra musztarda, ostry pieprz, cynamon, imbir oraz sok z pikli i sok z limonki (kwaśne i słone roztwory), co wskazuje że tego rodzaju produkty mogą zapobiegać lub łagodzić objawy związane z niekontrolowanymi kurczami mięśni [Murray 2016; Rosenbloom 2017].

Ponieważ zmęczenie mięśni uważane jest za główną przyczynę zaburzeń nerwowo-mięśniowych, aby zapobiegać wysiłkowym kurczom mięśniowych sportowcom zaleca się wszelkie działanie, które mogą przyczynić się redukcji zmęczenia. Od strony dietetycznej należą do nich: utrzymywanie dobrego nawodnienia organizmu podczas wysiłku, właściwego uzupełniania substratów energetycznych, dostarczania zwiększonych ilości sodu, a także uwzględnianie w diecie wymienionych powyżej ostrych przypraw, zarówno przed jak i podczas wysiłków fizycznych [Murray 2016; Nelson & Churilla 2016; Craighead i wsp. 2017; Rosenbloom 2017]. Spośród działań nie związanych z dietą kurczom mięśniowym zapobiegać mogą zabiegi rehabilitacyjne takie jak streeching i masaże [Armstrong & Cross 2013].

### **Nowe strategie w żywieniu sportowców**

Pomimo ponad 50 lat badań naukowych dotyczących żywienia w sporcie, dziedzina ta wciąż dynamicznie się rozwija. Wcześniejsze, tradycyjne badania ostatnich 30 lat poprzedniego stulecia skupiały się głównie na strategiach mających na celu poprawę wydolności startowej i restytucji powysiłkowej. Dotyczyły one określenia optymalnych ilości

makroskładników, a także niektórych substancji ergogenicznych (kreatyna, kofeina) dla zwiększenia dostępności energii i opóźnienia symptomów zmęczenia. Badania naukowe ostatnich 10 lat koncentrują się bardziej na roli makro- i mikroskładników w regulacji szlaków sygnałowych komórek, które modulują adaptacje mięśni szkieletowych w odpowiedzi na trening o różnym charakterze. Obecnie żywienie podczas zawodów i żywienie podczas treningu zaczynają być traktowane, jako 2 odrębne strategie. Żywienie podczas zawodów skupia się bowiem głównie na optymalizacji wydolności fizycznej i zapobieganiu zmęczeniu, celem drugiego natomiast jest stymulacja bądź zwiększenie powysiłkowych adaptacji organizmu.

Chociaż w kontekście wydolności fizycznej węglowodany wciąż pozostają najlepszym substratem energetycznym, to obecnie uważa się, że okresowe zmniejszenie ich dostępności może poprawiać adaptacje do treningu, podczas gdy wysoka dostępność węglowodanów i suplementacja antyoksydantami mogą takie adaptacje nawet osłabiać [Morrison i wsp. 2015; Close i wsp. 2016]. I tak np. wyniki badań wskazują, że przy treningu o małej intensywności okresy zmniejszonej dostępności węglowodanów w następstwie - obniżonej ich zawartości w spożywanej diecie, treningu bez uzupełniania węglowodanów lub treningu ze zmniejszoną ilością glikogenu w mięśniach (poranny trening na czczo, popołudniowy trening bez właściwej odnowy glikogenu po I treningu), mogą poprawiać adaptacje istotne z punktu widzenia wydolności wytrzymałościowej. Ograniczona dostępność węglowodanów w wysiłkach tlenowych prowadzi bowiem do wzrostu biogenezy mitochondriów, poprawy utleniania tłuszczów i wzrostu odporności na zmęczenie poprzez aktywację szeregu kinaz i pobudzenie jądrowych czynników transkrypcyjnych [Close i wsp. 2016; Thomas i wsp. 2016]. W przypadku treningu siłowego natomiast, w wyniku pobudzenia omawianego już powyżej wielobiałkowego szlaku przemian mTORC1, dochodzi do aktywacji procesu biosyntezy białek miofibrylarnych. Czynnikiem stymulującym ten proces są wysiłki o charakterze oporowym, a spośród czynników żywieniowych wysokiej jakości białka. Podczas gdy rola różnych rodzajów białek w pobudzaniu tego procesu jest przynajmniej częściowo poznana [Close i wsp. 2016] to niezbadany pozostaje wciąż wpływ biopeptydów będących efektem ich żołądkowo-

jelitowego trawienia, szczególnie tych, które w swoim składzie zawierają tryptofan. Wiadomo, że zarówno biopeptydy, jak i wolny tryptofan wykazują pozytywny wpływ na zdrowie człowieka. Wolny tryptofan jest prekursorem wielu kluczowych biomolekuł takich jak: serotonina, melatonina, dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy (NAD), dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy (NADP), czy niacyna, jednakże uważa się, że biopeptydy zawierające ten aminokwas wykazują większą aktywność biologiczną niż sam tryptofan. Między innymi hamują one enzym konwertazę angiotensyny (ACE), wykazują właściwości przeciwutleniające, przeciwcukrzycowe i immunomodulacyjne. Istnieją także dane wskazujące na pozytywny ich wpływ na procesy poznawcze [Nongonierma & FitzGerald 2015]. Pomimo zainteresowania naukowców specjalizujących się w żywieniu sportowców biopeptydami zawierającymi tryptofan [Close i wsp. 2016], jak dotąd brak jest prac dotyczących ewentualnej ich roli w powysiłkowych procesach biosyntezy białka u osób aktywnych fizycznie, w tym trenujących siłowo. Nie zbadane pozostają także obszary dotyczące wpływu tłuszczów zawartych w produktach mlecznych na tempo powysiłkowej biosyntezy białka. Badania Elliota i wsp. [2006] sugerują na przykład, że mleko pełne może być bardziej korzystne niż mleko chude, gdyż może zwiększać wykorzystanie aminokwasów do produkcji białka.

Obecnie naukowcy wykazują duże zainteresowanie poszukiwaniem składników odżywczych diety lub substancji izolowanych z naturalnych produktów diety, które mogłyby dodatkowo wspomagać wyżej wymienione adaptacje. Dotychczasowe wyniki badań sugerują, że przy wysiłkach wytrzymałościowym pozytywną funkcję regulatorową mogą wykazywać: epikatechina [Hüttemann i wsp. 2013] i resweratrol [Close i wsp. 2016]. W wysiłkach o charakterze oporowym natomiast wspomagające działanie w powysiłkowych adaptacjach mogą wykazywać HBM [Wilkinson i wsp. 2013], oraz kwas ursolowy [Ogasawara i wsp. 2013] i fosfatydowy [Joy i wsp. 2014]. Niestety większość dotychczasowych badań dotyczących wymienionych powyżej składników dotyczy zwierząt, poza tym dotychczas uzyskiwane wyniki nie są jednoznaczne, dlatego zagadnienie to wymaga dalszych badań.

Spośród zagadnień dotyczących wpływu różnych składników pożywienia na poprawę zdolności wysiłkowych bardzo interesujące

wydają się być badania wskazujące na szybki i korzystny wpływ niektórych z nich na wydolność fizyczną, poprzez udział w aktywacji autonomicznego układu nerwowego, co w efekcie przekłada się na prawie natychmiastową poprawę możliwości wysiłkowych. Obecnie istnieją mocne dowody naukowe, wskazujące że płukanie jamy ustnej roztworami zawierającymi węglowodany (bez konieczności ich połykania) wpływa na poprawę zdolności do wykonywania wysiłków wytrzymałościowych trwających ok. 1 godziny (dłuższy pokonany dystans, poprzez możliwość utrzymania większej intensywności wysiłku, bez jednoczesnego wzrostu objawów zmęczenia) [Jeukendroup & Chambers 2010; Burke & Maughan 2014]. Ten szybki ergogeniczny efekt węglowodanów wynika z aktywacji określonych rejonów mózgu przez dośrodkowe sygnały pochodzące z czułych na węglowodany receptorów smaku jamy ustnej. Ciekawe, że wyniki dotyczące wpływu płukania jamy ustnej roztworami węglowodanów na inne rodzaje wysiłku są dużo mniej jednoznaczne [Gam i wsp. 2016]. Pozytywny wpływ płukania ust roztworami węglowodanów zainspirował badaczy do podjęcia podobnych badań nad substancjami wykazującymi inny smak. Obiecująco przedstawiają się wstępne wyniki wskazujące, że podobne działanie na centralny system nerwowy wywierają także napoje o gorzkim smaku (np. roztwór chininy). Ponieważ receptory wrażliwe na ten rodzaj smaku znajdują się w innej, bardziej tylnej części jamy ustnej i języka, korzystny efekt osiągnano, kiedy płukanie jamy ustnej połączone było z jednoczesnym połykaniem gorzkiego roztworu chininy [Gam i wsp. 2015a, 2015b]. Obecnie wiadomo, że w przypadku gorzkiego smaku dochodzi do pobudzenia przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, na skutek aktywacji innych niż w przypadku węglowodanów obszarów mózgu, co skutkuje poprawą wskaźników wydolności tym razem w wysiłkach krótkich i intensywnych. Autorzy zajmujący się zjawiskiem pobudzania receptorów smaku podkreślają jednak, że pomimo istnienia dowodów na aktywację autonomicznego układu nerwowego, nie wyjaśniony pozostaje wciąż mechanizm wpływu pobudzenia wybranych obszarów mózgu na poprawę możliwości wysiłkowych, zarówno w przypadku węglowodanów jak i gorzkich napojów [Gam i wsp. 2016].

Obecnie żywienie sportowców wkracza w nową erę, która nazywana jest **celowaną periodyzacją żywieniową** (ang. *targeted nutritional*



*periodisation*) [Close i wsp. 2016] lub **treningiem żywieniowym** (ang. *nutritional training*) [Jeukendroup 2017]. Pojęcie to nie odnosi się długoterminowych zmian w sposobie żywienia. Oznacza ono bowiem bieżące dopasowywanie diety do treningu, w celu uzyskania właściwych powysiłkowych adaptacji, pozwalających na poprawę wydolności fizycznej lub wywołanie innych korzystnych z punktu widzenia wydolności fizycznej adaptacji. Jeukendroup [2017] proponuje poszerzenie tej definicji o adaptacje wywołane samą dietą, czego przykładem może być poprawa wchłaniania węglowodanów jelicie cienkim, na skutek wzrostu transporterów różnych cukrów w enterocytach, czy zmiana jakościowa flory jelitowej, w następstwie spożywania dużych ilości węglowodanów. W periodyzacji żywieniowej jednak, istotne jest przede wszystkim jasne określenie celów poszczególnych sesji treningowych (maksymalizacja wydolności fizycznej lub stymulacja powysiłkowych adaptacji) i dopasowanie do tego odpowiednich strategii żywieniowych. Wiadomo jest, że zainicjowane wysiłkiem adaptacje mogą być pobudzone lub/i hamowane składnikami pożywienia [Close i wsp. 2016]. Opierając się na tej wiedzy naukowcy w ostatnim czasie wykazują bardzo duże zainteresowanie strategią „trenuj nisko, startuj wysoko” (ang. *train low, compete high*). *Train low* oznacza trening przy ograniczonej dostępności węglowodanów, wynikający ze zmniejszonej ilości glikogenu lub/i niskiej podaży węglowodanów z dietą. Wysiłki tlenowe wykonywane w takich warunkach prowadzą do adaptacji w kierunku większego wykorzystania tłuszczów, poprzez wzrost biogenezy mitochondriów i zwiększenia wewnątrzmięśniowych TG, większej aktywności lipazy hormonozależnej, i wzrostu aktywności molekuł transportujących tłuszcze (translokazy kwasów tłuszczowych i transferazy palmityno-karnitynowej). Ważną rolę w tych adaptacjach odgrywa sam glikogen, gdyż bierze udział w regulacji transkrypcji wielu genów, dlatego manipulowanie jego zasobami uważane jest obecnie za ważne narzędzie w optymalizacji adaptacji treningowych [Jeukendroup 2017]. I tak np. niski poziom glikogenu stymuluje wzrost aktywności kinazy AMPK oraz innych białek i cząstek sygnalizacyjnych szlaku metabolicznego, aktywowanego wysiłkami typu wytrzymałościowego, prowadząc do wymienionych powyżej adaptacji. Niestety wykazano jednocześnie, że trening z niską dostępnością węglowodanów powodować

mogą także pogorszenie utylizacji glikogenu (spadek glikogenolizy i obniżenie aktywności dehydrogenazy pirogronianowej - enzymu regulującego włączenie węglowodanów do cyklu Crebsa). Tak więc zmiany adaptacyjne wynikające ze stosowania tej strategii mogą z jednej strony poprawiać wydolność tlenową organizmu, z drugiej zaś mogą redukować możliwości korzystania z egzogennych węglowodanów, co w konsekwencji może przyczyniać się do braku poprawy wydolności fizycznej, a co więcej może nawet pogarszać zdolności wysiłkowe, przy bardziej intensywnych wysiłkach fizycznych [Close i wsp. 2016, Jeukendroup, 2017]. Autorzy zajmujący się zagadnieniem treningu z niskim poziomem glikogenu zwracają jednocześnie uwagę, na różnice mogące występować w powysiłkowych adaptacjach w zależności od metody prowadzącej do zmniejszenia poziomu glikogenu w mięśniach i w wątrobie (2 treningi dziennie, trening na czczo, trening bez wspomaganie węglowodanami, brak uzupełniania węglowodanów po wieczornym treningu), które nie do końca zostały poznane [Close i wsp. 2016, Jeukendroup 2017]. Jak dotąd nie określono również dokładnie, w jakich sytuacjach i jak często metoda ta może być bezpiecznie stosowana. Zwraca się także uwagę, że trening z niską dostępnością węglowodanów może pogarszać odporność organizmu i zwiększać wykorzystanie białek do procesów energetycznych. Wszystko to powoduje, że przy stosowaniu metody *train low* zalecana jest obecnie duża ostrożność. Uważa się, że celowana periodyzacja żywieniowa, dotycząca niskiej dostępności węglowodanów może być dobrym bodźcem do wywołania pozytywnych adaptacji zwiększających wytrzymałość, ale tylko przy treningach o niskiej i średniej intensywności [Close i wsp. 2016].

Podczas gdy nie ma wątpliwości, że sportowcy powinni startować z optymalnym poziomem glikogenu, to w przypadku treningu ze zmniejszoną dostępnością węglowodanów konieczne są dalsze badania w celu poszukiwań strategii żywieniowych, które będą wywoływały korzystne adaptacje treningowe, nie upośledzając przy tym startowej wydolności fizycznej oraz zdrowia sportowca.

Badania nad poszukiwaniem optymalnego modelu żywienia trwają. Szeroki zakres prowadzonych badań, duża dynamika ich rozwoju oraz cele stawiane żywieniu sportowców wyczynowych wskazują, że cały czas

pozostaje ono bardzo bliskie olimpijskiemu mottu „*Citius, Altius, Fortius*” (szybciej, wyżej, mocniej).

### **Piśmiennictwo:**

1. Apró W, Moberg M, Hamilton DL, Ekblom B, Rooyackers O, Holmberg HC, Blomstrand E. Leucine does not affect mechanistic target of rapamycin complex 1 assembly but is required for maximal ribosomal protein s6 kinase 1 activity in human skeletal muscle following resistance exercise. *FASEBJ*. 2015; 29 (10): 4358-4373.
2. Armstrong S, Cross T. Exercise associated muscle cramps. *Medicine Today* 2013; 14 (11): 62-65.
3. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci*. 2011; 29 Suppl 1: S17-27.
4. Burke LM, Maughan RJ. The governor has a sweet tooth: mouth sensing of nutrients to enhance sports performance. *Eur. J Sport Sci*. 2014; 15(1): 29-40.
5. Burke LM. Practical sports nutrition. 2009 Human Kinetics.
6. Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic Biol Med*. 2016; 98: 144-158.
7. Craighead DH, Shank SW, Gottschall JS, Passe DH, Murray B, Alexander LM, Kenney WL. Ingestion of transient receptor potential channel agonists attenuates exercise-induced muscle cramps. *Muscle Nerve*. 2017; 56(3): 379-385.
8. Elliot TA, Cree MG, Sanford AP, Wolfe RR, Tipton KD. Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2006; 38(4): 667-674.
9. Foster C, Costill DL, Fink WJ. Effect of preexercise feeding on endurance performance. *Med Sci Sports*. 1979; 11:1-5.
10. Gam S, Guelfi KJ, Fournier PA. New Insights into Enhancing Maximal Exercise Performance Through the Use of a Bitter Tastant. *Sports Med*. 2016;46(10): 1385-1390.
11. Gam S, Guelfi KJ, Hammond G, Fournier PA. Mouth rinsing and ingestion of a bitter-tasting solution increases corticomotor excitability in male competitive cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2015; 115(10): 2199-2204 (a).
12. Gam S, Tan M, Guelfi KJ, Fournier PA. Mouth rinsing with a bitter solution without ingestion does not improve sprint cycling performance. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(1): 129-138 (b).

13. Greenhaff PL, Karagounis LG, Peirce N, Simpson EJ, Hazell M, Layfield R, Wackerhage H, Smith K, et al. Disassociation between the effects of amino acids and insulin on signaling, ubiquitin ligases, and protein turnover in human muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2008; 295(3): E595-604.
14. Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Brown SR. A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014; 24(2): 127-138.
15. Hergenroeder AC, De Souza MJ, Anding RH. The Female Athlete Triad: Energy Deficiency, Physiologic Consequences, and Treatment. *Adolesc Med State Art Rev.* 2015; 26(1): 116-142.
16. Hüttemann M, Lee I, Perkins GA, Britton SL, Koch LG, Malek MH. Epicatechin is associated with increased angiogenic and mitochondrial signalling in the hindlimb of rats selectively bred for innate low running capacity. *Clin Sci* 2013; 124(11): 663-674.
17. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, Purpura M, Ziegenfuss TN, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017; 14 (20): 3-25.
18. Jeukendroup AE, Chambers ES. Oral carbohydrate sensing and exercise performance. *Curr Opin Clin Nutr* 2010; 13 (4): 447-451.
19. Jeukendroup AE, Killer SC. The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *J Nutr Metab* 2010; 57: 18-25.
20. Jeukendroup AE. Periodized nutrition for athletes. *Sports Med.* 2017, 47(Suppl 1): 51-63.
21. Joy JM, Gundermann DM, Lowery RP, Jäger R, McCleary SA, Purpura M, Roberts MD, Wilson SM, et al. Phosphatidic acid enhances mTOR signaling and resistance exercise induced hypertrophy. *Nutr Metab.* 2014; 11:29. doi: 10.1186/1743-7075-11-29.
22. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout JR, Campbell B, Wilborn CD, Taylor L, Kalman D, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017, 29;14:33. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4.
23. Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, Breen L, Burd NA, Tipton KD, Phillips SM. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015; 70(1): 57-62.
24. Morrison D, Hughes J, Della Gatta PA, Mason S, Lamon S, Russell AP, Wadley GD. Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans. *Free Radic Biol Med.* 2015; 89: 852-862.

25. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, Aragon AA, Devries MC, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med.* 2017. doi: 10.1136/bjsports-2017-097608. [Epub ahead of print]
26. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke LM, et al. The IOC consensus statement: beyond of Female Athlete Triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med.* 2014; 48 (7): 491-497.
27. Murray B. How curiosity killed the cramp; od exercise associated muscle crumps emerging science on the cause and prevention of exercise-associated muscle crumps. *MAAAJ* 2016; 29:5-7.
28. Nelson NL, Churilla JR. A narrative review of exercise-associated muscle cramps: Factors that contribute to neuromuscular fatigue and management implications. *Muscle Nerve.* 2016; 54(2): 177-85.
29. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Bioactive properties of milk proteins in humans: A review. *Peptides.* 2015; 73: 20-34.
30. Ogasawara R, Sato K, Higashida K, Nakazato K, Fujita S. Ursolic acid stimulates mTORC1 signaling after resistance exercise in rat skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2013; 305(6): E760-765.
31. Phillips SM Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Brit J Nutr.* 2012; 108 (suppl 2): S158-167.
32. Rosenbloom Ch. Sports nutrition myth that deserve to die but live on. *Nutrition Today,* 2017; 52: 57-61.
33. Schwellnus MP, Derman EW, Noakes TD. Aetiology of skeletal muscle 'cramps' during exercise: a novel hypothesis. *J Sports Sci.* 1997; 15: 277-285.
34. Spriet LL. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. *Sports Med.* 2014; 44 Suppl 1: S87-96.
35. Tenforde AS, Barrack MT, Nattiv A, Fredericson M. Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. *Sports Med.* 2016; 46(2): 171-182.
36. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Nutrition and athletic Performance. American College of Sports Medicine Joint position Statement. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48: 449-455
37. Wilkinson DJ, Hossain T, Hill DS, Phillips BE, Crossland H, Williams J, Loughna P, Churchward-Venne TA, et al. Effects of leucine and its metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *J Physiol.* 2013; 591(11): 2911-2923.

38. Wolfe RR. Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: myth or reality? *J Int Soc Sports Nutr.* 2017; 14:30. doi: 10.1186/s12970-017-0184-9.
39. World Health Organization, Technical Report series 935. Protein and aminoacids requirements in human nutrition: report of joint fao/who/uni expert consultation, 2011.

**Dr hab. Barbara Frączek, prof. nadzw.**  
Zakład Medycyny Sportowej i Żywności Człowieka,  
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

## **Profilaktyka odwodnienia i strategie prawidłowego nawadniania sportowców**

### **Wprowadzenie**

W czasie intensywnego wysiłku fizycznego tempo metabolizmu może zwiększyć się 15-20-krotnie w porównaniu do warunków spoczynkowych. Nasilenie metabolizmu powoduje znaczne, nawet 100-krotne, zwiększenie szybkości wytwarzania ciepła w pracujących mięśniach, w wyniku czego następuje wzrost temperatury mięśni z 34-36°C (w spoczynku) do 37-39°C (w pierwszych 3-4 minutach pracy). Mięśnie do pracy mechanicznej wykorzystują tylko około 1/4 ilości energii metabolicznej<sup>1</sup>, zatem zdecydowana jej większość musi ulec zamianie w energię cieplną. Generowane ciepło przenoszone jest do przepływającej krwi, a wraz z nią rozprowadzane po całym organizmie, powodując wzrost temperatury wewnętrznej i uruchomienie mechanizmów rozpraszania ciepła oraz nasilenie procesu pocenia się. Energia cieplna może być rozpraszana poprzez przewodzenie, promieniowanie, konwekcję lub parowanie potu z powierzchni skóry [Szygła 1997].

---

<sup>1</sup> Energia metaboliczna to suma energii uwolnionej w przemianach katabolicznych danej substancji w postaci ciepła oraz energii przenoszonej na ATP. Jej ilość określa się odejmując od energii strawnej ciepło spalania moczu. Energia metaboliczna stanowi tę część dostarczonej z pożywieniem energii chemicznej, która może być wykorzystywana przez organizm po odliczeniu strat związanych z niepełnym strawieniem pokarmu oraz strat azotu w moczu. Wartość energii metabolicznej jest podstawą oceny rzeczywistej wartości energetycznej żywności. Źródło: Gawęcki J i Jeszka J. [red.] Energia w żywności i żywieniu. Wyd. UP, Poznań 2010, s.20-25.

## **Gospodarka wodno-elektrolitowa podczas wysiłku fizycznego**

Należy zwrócić uwagę, że zwiększona potliwość występuje również w termoneutralnym lub chłodnym otoczeniu. Tempo wydalania potu zależy od wielu czynników, w tym: predyspozycji indywidualnych (masa ciała, cechy dziedziczne, płeć, wiek, stan emocjonalny, stopień wytrenowania, ubiór), wysiłku (rodzaj, intensywność, czas trwania) oraz warunków środowiskowych (temperatura, wilgotność, promieniowanie słoneczne, ruch powietrza, ukształtowanie terenu). Wytwarzanie potu warunkują czynniki funkcjonalne (obniżony poziom wydolności fizycznej, brak aklimatyzacji cieplnej, udar cieplny w przeszłości i wiek) oraz nabyte (odwodnienie, schorzenia infekcyjne przebyte nawet tydzień wcześniej, np. górnych dróg oddechowych, także przebiegające z gorączką, biegunka, wymioty, otyłość, niedobór snu, niektóre leki i używki, m.in. przeciwgorączkowe, psychotropowe, uspokajające, nasenne, antyhistaminowe, środki hormonalne, beta-blokery, niektóre schorzenia skóry oraz choroby przewlekłe, np. cukrzyca, schorzenia układu krążenia, nadczynność tarczycy). Jeśli wysiłek fizyczny wykonywany jest w środowisku gorącym lub o dużej wilgotności, rozpraszanie ciepła jest poważnie utrudnione [Szyguła 1997]. Podczas wzmożonego wysiłku wytwarzanie potu wynosi około 0,5-1,5 l/h, przy bardziej intensywnych wysiłkach w gorący i parny dzień może dochodzić nawet do 4 l/h. Wraz z potem następuje utrata elektrolitów, w tym: sodu (20-80 mmol/l potu), chloru (20-60 mmol/l), potasu (4-8 mmol/l) i magnezu (<0,2 mmol/l), a także, w mniejszych ilościach: wapnia, żelaza, miedzi, dwuwęglanów, fosforanów, siarczanów, kwasu mlekowego, aminokwasów i niektórych witamin [Maughan 2014]. Wydalenie 1 litra potu, zawierającego 50 mmol sodu, powoduje utratę 2,9 g chlorku sodu, zatem sportowcy trenujący raz lub dwa razy dziennie, wraz z 5 litrami potu, tracą około 15 g soli. Warto zwrócić uwagę, że przy bardzo zróżnicowanych wartościach dziennego spożycia NaCl w różnych krajach (Anglia - 6 g, Niemcy - 10 g, Szwecja - 2 g, Polska - 5 g), podczas wzmożonego wysiłku (szczególnie w gorącym otoczeniu) zalecenie



ograniczania soli kuchennej przez sportowców jest nieuzasadnione, gdyż wraz z wydalaniem potu następuje bardzo duża utrata chlorku sodu. Większe straty ww. składników prowadzą do zachwiania równowagi elektrolitowej organizmu.

Nasilone pocenie się w warunkach hipertermii wysiłkowej, związane z utratą wody i soli mineralnych, może bardzo szybko doprowadzić do poważnych zaburzeń gospodarki wodno-elektrolitowej. W warunkach homeostazy wodnej, płyny zewnątrzkomórkowe (zawierające jony sodowe, chlorkowe, wodorowęglanowe) oraz wewnątrzkomórkowe (zawierające jony potasowe, magnezowe, fosforanowe i białczany) mają jednakowe ciśnienie osmotyczne (tzw. osmolalność). W warunkach niewystarczającej podaży lub/i zwiększonej utraty wody następuje zmiana składu i objętości przestrzeni zewnątrzkomórkowej, związana ze zmniejszeniem się objętości osocza oraz wzrostem ciśnienia osmotycznego i poziomu sodu. W celu wyrównania stężeń następuje przemieszczanie się wody z przestrzeni o niższej osmolalności (komórki) do przestrzeni o wyższej osmolalności (osocze), co prowadzi do odwodnienia wewnątrzkomórkowego.

### **Odwodnienie a zdolność wysiłkowa**

Odwodnienie wywołuje liczne zmiany patofizjologiczne, w tym: podwyższenie temperatury wewnętrznej, zwiększającej ryzyko hipertermii, wzrost częstości skurczów serca, zmniejszenie objętości wyrzutowej i minutowej serca, obniżającej pochłanianie tlenu, ograniczenie przepływu skórniego, zmniejszającego utlenowanie pracujących mięśni, szybsze zużycie glikogenu oraz obniżenie funkcji centralnego układu nerwowego (umysłowych i poznawczych). Niedostateczne nawodnienie komórek, z jednej strony pogarsza zdolność do wysiłku, wskutek hipowolemii (zmniejszenia objętości osocza i krwi krążącej), znacząco obniżającej wydolność układu sercowo-naczyniowego, a z drugiej zmniejsza sprawność mechanizmów termoregulacyjnych i zaburza przebieg procesów metabolicznych.

Prowadzi to do znacznego osłabienia zdolności wysiłkowych organizmu, a nawet zagrożenia zdrowia i życia, w następstwie wyczerpania lub udaru cieplnego. Początkowe objawy (ból głowy, splątanie mowy, zaburzenia orientacji, osłabienie, uczucie senności) trwają bardzo krótko i mogą być niezauważone. Jeśli wysiłek nie zostanie przerwany lub nie nastąpi uzupełnienie płynów, rozwija się choroba cieplna. Istnieje pogląd, że w zaburzeniach cieplnych występuje pewien ciąg objawów, od niegroźnych skurczów mięśniowych, poprzez wyczerpanie cieplne, do groźnego dla życia udaru cieplnego.

Odwodnienie organizmu stanowi, obok „zakwaszenia” (ang. *acidification*), zadłużenia tlenowego i wyczerpania substratów energetycznych, jedną z przyczyn pojawienia się zmęczenia. Uważa się, że odwodnienie rzędu 2-3% masy ciała (np. około 1400-2100 ml wody u mężczyzny ważącego 70 kg) stanowi krytyczny punkt w rozwoju odwodnienia. Wyraźne odczucie pragnienia pojawia się przy odwodnieniu<sup>2</sup> 1,5-2% masy ciała i skutkuje obniżeniem zdolności wysiłkowych o około 10%, a 2-4 procentowy spadek masy ciała oznacza pogorszenie zdolności do wykonywania wysiłku o 20-30%. Od tego momentu obserwuje się już znaczne zmniejszenie zdolności wysiłkowych. Utrata powyżej 15% masy ciała jest zazwyczaj śmiertelna [Sawka i wsp. 2007].

Wymienione powyżej konsekwencje odwodnienia zależą od: rodzaju wysiłku, warunków otoczenia oraz predyspozycji osobniczych. Ponadto, duża utrata sodu wpływa na powstawanie skurczów mięśni i osłabienie ich siły, poprzez zaburzenie przewodnictwa nerwowego oraz gospodarki wodnej organizmu/komórek. Obniżenie stężenia sodu w osoczu krwi poniżej 135 mmol/l (norma: 135-144 mmol/l) (hiponatremia) powoduje przemieszczanie się wody do przestrzeni wewnątrzkomórkowej, co prowadzi do obrzęku komórek. Ciężka postać hiponatremii (stężenie

---

<sup>2</sup> Odwodnienie określane jest jako procent utraty masy ciała, czyli jeśli masa ciała mierzona przed wysiłkiem wynosi 70kg, a po wysiłku 68,6 kg, to nastąpiła utrata masy ciała równa 1,4kg, co stanowi o odwodnieniu 2%.

sodu poniżej 120 mmol/l) może prowadzić nawet do zejścia śmiertelnego. Profilaktyka hiponatremii polega na wypijaniu odpowiedniej ilości napojów, najlepiej izotonicznych, zawierających węglowodany i sód.

Gospodarka wodno-elektrolitowa organizmu, możliwość jej kontroli oraz regulacji była i jest obiektem zainteresowań wielu ośrodków badawczych na świecie. Zwraca uwagę, że rekomendacje dotyczące nawadniania podczas wysiłku fizycznego zmieniały się na przestrzeni lat, często przechodząc z kategorii naukowych faktów do naukowych mitów. Jeszcze do 1969 roku odradzano sportowcom spożywania jakichkolwiek płynów podczas wykonywania wysiłków fizycznych, ze względu na potencjalne obciążenie układu pokarmowego i negatywny wpływ na zdolności wysiłkowe. Z początkiem lat 70-tych XX wieku uznano te zalecenia za „zbrodnicze szaleństwo”, zagrażające odwodnieniem i udarem cieplnym. Od tego momentu zalecano sportowcom przyjmowanie tak dużej ilości płynów, jak to tylko możliwe, nie dostrzegając w tym żadnych zagrożeń. Niestety, w 1981 roku odnotowano pierwszy przypadek hiponatremii u 46-cio letniej uczestniczki ultra maratonu (90 km) w Południowej Afryce. Kilka lat później, w 1985 roku opublikowano wyniki badań klinicznych w grupie czterech sportowców, u których stwierdzono ciężką objawową hiponatremię, spowodowaną nadmiernym spożyciem płynów i zatrzymaniem wody w organizmie. Stan ten nazwano zatruciem wodnym.

### **Napoje nawadniające**

We właściwie dobranej strategii nawadniania ważne są: **rodzaj** przyjmowanych płynów, ich **ilość** i **częstość** spożycia.

Efektywność wchłaniania płynów zależy od ich osmolalności. Ciśnienie osmotyczne osocza krwi wynosi od 275 do 295 mOsm/kg wody, a wartość ta oznacza liczbę moli substancji osmotycznie czynnych, rozpuszczonych w 1 litrze osocza. Organizm tracący wodę, w pierwszej kolejności zmniejsza objętość płynów zewnątrzkomórkowych, a następnie wszystkich płynów ustrojowych, co powoduje wzrost ich ciśnienia

osmotycznego. Różnice w stężeniu elektrolitów powodują przenikanie wody przez błony komórkowe aż do wyrównania ciśnienia osmotycznego, określanego jako izotonia. Ze względu na ilość soli mineralnych zawartych w napojach w stosunku do ilości elektrolitów we krwi wyróżnia się napoje: hipotoniczne, hipertoniczne i izotoniczne.

Płyny hipotoniczne (200-250 mOsm/L), np. woda, mocno rozcieńczone soki owocowe i warzywne, o zawartości węglowodanów 5-7%, zawierają mniej minerałów i innych składników niż płyny ustrojowe. Płyny te dobrze wchłaniają się z przewodu pokarmowego, jednak powodują rozcieńczenie osocza i obniżenie ciśnienia osmotycznego krwi, przez co przedwcześnie gaszą pragnienie, utrudniając odpowiednie nawodnienie organizmu. Nasilają także diurezę i niewystarczająco uzupełniają tracony z potem sód. Podawanie czystej wody w czasie długotrwałego wysiłku fizycznego może zatem spowodować, że część elektrolitów przeniknie do wnętrza przewodu pokarmowego, co wpłynie na obniżenie ich stężenia we krwi i ryzyko rozwoju hiponatremii. Płyny hipotoniczne z wyższą zawartością składników mineralnych (w tym sodu) mogą być stosowane w celu nawadniania podczas bardzo gorących dni.

Napoje hipertoniczne (soki owocowe i warzywne, mocno słodzone napoje, odżywki), posiadają osmolalność wyższą od płynów ustrojowych (>330 mOsm/L), a zawartość węglowodanów przekracza 10%. Ich zaletą jest lepsze uzupełnianie składników traconych podczas wysiłku, a wadą spowolnione wchłanianie wody w jelitach (wskutek przejściowej resorpcji), co pogłębia jej deficyt w komórkach. Płyny hipertoniczne podawane w trakcie intensywnego wysiłku fizycznego mogą powodować zaburzenia żołądkowo-jelitowe, nudności i biegunki.

Z kolei napoje izotoniczne mają osmolalność zbliżoną do ciśnienia osmotycznego płynów ustrojowych (270-330 mOsm/L), zawartość węglowodanów wynosi 6-10%, a składniki mineralne występują w ilości zbliżonej do składu potu. Wraz z wodą dostarczają sód (460-1150 mg/L), potas oraz węglowodany w odpowiednim stężeniu, przez co w sposób

doraźny, ale skuteczny uzupełniają wodę, elektrolity i witaminy w organizmie oraz pozwalają na oszczędzanie zasobów glikogenu, powodując wzrost siły i wytrzymałości. Zatem w czasie wysiłków długotrwałych (ponad 60 minut) zaleca się stosowanie napojów izotonicznych, o temperaturze 15-21°C. Podczas treningów odbywających się w temperaturze poniżej 15°C napoje izotoniczne mogą być bardziej stężone (10%). Ostatnio zwraca się uwagę na możliwość znacznie większego wykorzystania węglowodanów podczas wysiłku (1,75 g /min) niż dotąd sądzono (1g /min). Reakcję taką stwierdzono po zastosowaniu mieszanki węglowodanów (glukozy i fruktozy) w zwiększonych dawkach (90 g/godz.), a nie zaobserwowano przy stosowaniu pojedynczych węglowodanów (np. samej glukozy) w mniejszych dawkach (30-60 g/godz.). Ponadto, napoje izotoniczne stosowane podczas wysiłków długotrwałych stają się hipotoniczne w stosunku do osocza o zwiększonej osmolalności i nie zabezpieczają w pełni przed hiponatremią [Stachenfeld 2013]. W czasie wysiłków trwających do godziny, do nawadniania można stosować wodę mineralną bogatą w składniki mineralne (Ca, Na, K, Mg). Jeśli w czasie wysiłku wykorzystano znaczne rezerwy węglowodanów, po jego zakończeniu należy spożywać napoje wzbogacone w ten składnik (np. maltodekstryny w napoju izotonicznym lub sok owocowy). Po wypiciu porcji bardziej stężonego napoju (z węglowodanami) należy kontynuować nawadnianie płynami izotonicznymi (napojami dla sportowców lub rozcieńczonymi sokami).

Warto zaznaczyć, że w nawadnianiu dzieci i młodzieży należy ograniczać stosowanie komercyjnych napojów izotonicznych, bogatych w substancje dodatkowe. Stosowane mogą być natomiast napoje przygotowane w warunkach domowych. Przykłady domowych napojów izotonicznych: (1) 1,5 l wody, 3 łyżki miodu, 1/2 łyżeczki soli kuchennej, kilka kropli cytryny; (2) 55 ml (1/4 szklanki) gorącej wody, 55 ml (1/4 szklanki) wyciskanego soku z pomarańczy, 660 ml (3 szklanki) zimnej wody, 4 łyżki cukru, 2 łyżki soku z cytryny, 1/2 łyżeczki soli

kuchennej; (3) 20 ml koncentratu pomarańczowego, 1000 ml wody, 1 g soli kuchennej; (4) sok owocowy rozcieńczony „pół na pół” z wodą, 1/2 łyżeczki soli kuchennej.

### **Zalecenia dotyczące właściwego nawadniania sportowców**

Zapobieganie odwodnieniu polega na przyjmowaniu odpowiedniej ilości płynów przed wysiłkiem fizycznym i w trakcie jego trwania oraz uzupełnieniu strat wodno-elektrolitowych po jego zakończeniu. W literaturze przedmiotu można spotkać się z wieloma zaleceniami ilościowymi: „*ad libitum*” [IMMDA 2002], 400–800 ml/h [Walter 2007], 170–225 ml co 10-15 min ( $\approx$  680-1020 ml/h) [ISSN 2010], które wyznaczają szeroki zakres objętości płynów zalecanej w czasie godzinowego wysiłku, tj. 400–1020 ml/h. Jaka ilość płynów zapewnia zatem efektywne nawodnienie? Powszechnie znane są zalecenia profilaktyki odwodnienia, którą należy rozpocząć już dzień przed zawodami. Należy wypić taką ilość napojów, aby dobrze nawodnić organizm, czego dowodem jest oddawanie dużej objętości moczu, koloru jasno-słomkowego. Jest to metoda bardzo prosta, ale należy pamiętać, że może być obciążona pewnym błędem.

Obiektywną metodą oceny stopnia nawodnienia jest pomiar osmolalności lub gęstości moczu, do czego jednak potrzebne są specjalne przyrządy (osmometry). Na 2 godziny przed zawodami sportowiec powinien wypić 500–700 ml płynów (woda lub napój zawierający węglowodany) [Shirreffs 2014]. Bezpośrednio przed wysiłkiem można spożyć 200-600 ml płynu [AIS], a na 20 minut przed długotrwałym wysiłkiem nawet 500-1000 ml [Goulet 2014]. Strategia nawadniania w trakcie wysiłku powinna być opracowana na podstawie szybkości pocenia się (utrata masy ciała), przy czym przyjmowanie płynów powinno rozpocząć się najszybciej jak to możliwe i być powtarzane regularnie, p. co 20 minut w porcji około 150-250 ml (może to być woda mineralna, o ile wysiłek nie trwał dłużej niż 1 godzinę, a w trakcie wysiłku długotrwałego korzystniejszy jest napój izotoniczny, który przyczynia się do oszczędzania glikogenu w mięśniach). Strategia nawadniania musi być

kontynuowana po zakończeniu wysiłku (ok. 450–700 ml na każde 0,5 kg utraconej masy ciała), w celu jak najszybszego uzupełnienia strat wodno-elektrolitowych i dostarczenia węglowodanów niezbędnych do resyntezy glikogenu mięśniowego. Aby w ciągu 2 godzin uzupełnić 2/3 ubytku wody, należy co 15–20 minut wypijać 200–250 ml napoju zawierającego węglowodany oraz 30-40 mmol/l sodu. Całkowita ilość napojów wypitych w ciągu 6 godzin od zakończenia wysiłku powinna przekraczać o 25-50% objętość utraconej wody.

Dane dotyczące wielkości utraty wody z potem są bardzo zróżnicowane, nie tylko między zawodnikami różnych dyscyplin sportowych, ale również między przedstawicielami tej samej dyscypliny, a różnice mogą sięgać nawet 2-3 litrów na godzinę. Ogólne zatem rekomendacje dotyczące nawadniania mogą być nieskuteczne i prowadzić do odwodnienia lub przewodnienia, ponieważ zapotrzebowanie na płyny, poza intensywnością i czasem trwania wysiłku, w dużej mierze zależy od indywidualnych cech fizjologicznych i biochemicznych sportowca. Rozwiązaniem problemu jest monitorowanie indywidualnych zmian masy ciała podczas wysiłków o różnej intensywności, podejmowanych w różnych warunkach klimatycznych i planowanie strategii nawadniania adekwatnie do obserwowanych zmian, aby uniknąć odwodnienia większego niż 2% utraty masy ciała.

Zalecenia praktyczne powstałe w oparciu o wytyczne American College of Sports Medicine (ACSM) i Australian Institute of Sport (AIS) wskazują, aby do każdego treningu przystępować odpowiednio nawodnionym. Zakłada się, że jeżeli od ostatniego wysiłku upłynęło 8-12 godzin i zawodnik spożywał zbilansowaną dietę, uzupełniając regularnie płyny, jego organizm powinien być odpowiednio nawodniony. W sytuacji zbyt krótkiego czasu na regenerację (mniej niż 8-12 godzin od ostatniego wysiłku), niezbilansowanej diety oraz odwodnieniu (stwierdzonym w pomiarach i obserwacji) pomocnym może się okazać tzw. *aggressive prehydration*, polegające na wypiciu 4 godziny przed wysiłkiem ok. 5-7 ml płynu/kg mc. Jeżeli zawodnik nie oddaje odpowiedniej ilości moczu

lub mocz jest ciemny i gęsty, należy spożyć kolejne 3-5 ml/kg m.c. na 2 godz. przed planowanym wysiłkiem. Dodatek sodu 20-50 mEq/L napoju i/lub małe słone przekąski mogą stymulować pragnienie i ułatwić przyswajanie płynów. Dla wysiłków trwających dłużej niż 30 minut należy zaplanować indywidualną strategię nawadniania, określając masę ciała przed wysiłkiem i po wysiłku oraz ilość spożytych płynów w trakcie wysiłku, z uwzględnieniem czasu trwania wysiłku.

Głównym celem nawadniania w czasie wysiłku jest niedopuszczenie do odwodnienia powyżej 2%. Podobne stanowisko prezentuje Międzynarodowy Komitet Olimpijski [IOC 2010]. Podczas ćwiczeń siłowych i szybkościowo-siłowych rekomenduje się zaplanowanie strategii nawadniania, porównując masę ciała przed i po wysiłku (mierzona po oddaniu moczu) i spożytych płynów w trakcie wysiłku, z uwzględnieniem czasu jego trwania. Zmiana masy ciała, łącznie z ilością spożytych płynów, uwzględniająca czas trwania wysiłku, pozwala na wyliczenie intensywności pocenia się w czasie godziny i określenie zalecanej objętości płynów, przy czym należy mieć na uwadze, że intensywność pocenia się może być różna u tego samego zawodnika w zależności od intensywności wysiłku, warunków otoczenia, stroju, dyspozycji itp. Podczas wysiłków tlenowych trwających dłużej niż godzinę, przy dostępności płynów nawadniających i możliwości indywidualnego ustalania intensywności pracy, dorośli sportowcy (nie młodzież i osoby starsze) mogą nawadniać się zgodnie z odczuwanym pragnieniem.

W warunkach niskiej temperatury otoczenia, podczas aklimatyzacji cieplej, w czasie wysiłków tlenowych, wytrzymałościowych, długotrwałych oraz o zmiennej intensywności, zaleca się opracowanie indywidualnej strategii nawadniania, chroniącej przed odwodnieniem większym niż 2-3%. W warunkach bardzo wysokiej temperatury otoczenia zaleca się, o ile to możliwe, przyjmowanie płynów o najniższej tolerowanej temperaturze, co pozwala na obniżenie temperatury wewnętrznej, korzystnie wpływającej na wytrzymałość [Burdon i wsp.



2010]. Podczas wysiłków godzinnych o wysokiej intensywności (np. mecz piłki nożnej, piłki ręcznej, koszykówki) sportowcy powinni wypijać minimalne ilości płynów, przepłukując usta co 8-10 minut przez 5-10 sekund niewielką ilością płynu nawadniającego, zawierającego węglowodany (20-25 ml), co zwiększa zdolności wysiłkowe.

W okresie powysiłkowym uzupełnianie płynów i elektrolitów jest szczególnie istotne przy odwodnieniu przekraczającym 1-2% masy ciała. Przy niższym odwodnieniu równowaga wodno-elektrolitowa może być osiągnięta poprzez spożycie odpowiedniego posiłku. Po wysiłku powodującym znaczne odwodnienie, w ciągu 4-6 godzin, należy spożyć około 1,5 litra płynu na każdy utracony kilogram masy ciała, pijąc regularnie małe porcje, z dodatkiem sodu i elektrolitów, pamiętając, że ilość wypijanych płynów powinna być większa niż ilość utraconej wody.

Należy pamiętać, że dzieci mają słabe poczucie pragnienia, dlatego istnieje konieczność ciągłego przypominania o wypijaniu płynów w ciągu dnia oraz podczas wysiłku. Co więcej, dzieci pocą się mniej niż dorośli, dlatego łatwiej o przegrzanie organizmu.

### **Podsumowanie**

Z uwagi na szczególne znaczenie wody dla przebiegu nasilonych procesów metabolicznych oraz efektywności mechanizmów termoregulacyjnych ustroju w warunkach wzmożonego wysiłku fizycznego, prawidłowe uzupełnianie płynów jest kluczowym aspektem żywienia sportowców, warunkującym zdolność do wysiłku oraz homeostazę fizjologiczną. Zastosowanie indywidualnej strategii nawadniania jest jedynym skutecznym sposobem przeciwdziałania odwodnieniu i jego konsekwencjom (skurcze cieplne, wyczerpanie cieplne, udar cieplny), a także przewodnieniu i hiponatremii.

**Piśmiennictwo:**

1. AIS/Australian Institute of Sport  
[http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/factsheets/hydration/fluid\\_who\\_needs\\_it](http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/factsheets/hydration/fluid_who_needs_it)
2. Burdon CA, O'Connor HT, Gifford JA, Shirreffs SM. Influence of beverage temperature on exercise performance in the heat: a systematic review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010; 20, 166-174.
3. Goulet EDB. Performance effects of dehydration [w:] Maughan RJ. *Sport Nutrition. The encyclopaedia of sports medicine. An IOC Medical Commission publication.* Wyd. Wiley- Blackwell, Chichester. UK, 2014; 185-198.
4. IMMDA/ International Marathon Medical Directors Association: Advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *New Studies in Athletics: The IAAF Technical Quarterly*, 2002; 17:1:15-24.
5. International Olympic Committee. Consensus Statement on Sports Nutrition. <http://www.olympic.org/Documents/Reports/EN/CONSENSUS-FINAL-v8-en.pdf>
6. ISSN/International Society of Sports Nutrition: Exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010; 7:7.
7. Maughan RJ. Water and electrolyte loss and replacement in training and competition. [w:] Maughan RJ. [ed.] *Sport Nutrition. The encyclopaedia of sports medicine. An IOC Medical Commission publication.* Wyd. Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 2014; 174-184.
8. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 37:377-390.
9. Shirreffs SM. Rehydration and recovery after exercise [w:] Maughan RJ. *Sport Nutrition. The encyclopaedia of sports medicine. An IOC Medical Commission publication.* Wyd. Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 2014; 199-205.
10. Stachenfeld NS. Assessing hydration in the laboratory and field. *Sports Sci Exe.* 2013;26;1-4.
11. Szyguła Z. Choroba cieplna u sportowców i sposoby jej zapobiegania (I). *Sport Wyczynowy.* 1997; 7-8:60-69.
12. Szyguła Z. Choroba cieplna u sportowców i sposoby jej zapobiegania (II). *Sport Wyczynowy.* 1997; 9-10: 54-63.
13. Walter P, Infanger E, Muhlemann P. Food Pyramid of the Swiss Society for Nutrition. *Ann Nutr Metab.* 2007; 51, 2: 15-20.

**Dr n. zdr. inż. Krzysztof Durkalec-Michalski**

Zakład Dietetyki Katedry Higieny Żywienia Człowieka,

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Polski Związek Zapaśniczy

Członek Rady Ekspertckiej KRSIO

**Czy stosowanie suplementów diety w sporcie  
jest konieczne?**

W sporcie wyczynowym, jak i amatorskim szczególną rolę pełni właściwy sposób żywienia. Niejednokrotnie to właśnie prawidłowa dieta może stanowić jeden z głównych determinantów wydolności fizycznej, decydując o osiągniętych wynikach, a co za tym idzie także o zwycięstwie lub porażce. Niestety sportowcy często nie zdają sobie sprawy z tak istotnego wpływu codziennego, zwyczajowego sposobu żywienia [Dascombe i wsp. 2009]. Jest to o tyle istotne, iż tym samym wpływają na zmniejszenie skuteczności procedury treningowej, uwzględniającej różne makro- i mikro-cykle. W efekcie może to skutkować brakiem efektywnej superkompensacji i hamowaniem wzrostu zdolności wysiłkowych.

W ostatnich latach obserwuje się znaczący wzrost zainteresowania nie tylko sportowców, ale także osób aktywnych fizycznie uczestnictwem w licznych zawodach biegowych, triathlonowych, kolarskich lub związanych z wysiłkiem siłowym dyscyplinach o charakterze sylwetkowym (m.in. kulturystyka, fitness), jak i mających na celu wykonanie konkretnej pracy mięśniowej (m. in. podnoszenie ciężarów, trójbój, *strongman*). Warto wspomnieć także, o rosnącej popularności siłowo-wytrzymałościowych programów treningowych, jak m. in. *crossfit* – pozwalających na rozwój ogólnej sprawności i adaptacji do różnorodnych wysiłków: od sportu po walkę wojskową, *surwiwal* i codzienne życie. Dzięki tego typu bodźcom wysiłkowym możliwa jest efektywna stymulacja rozwoju wytrzymałości siłowej, dynamiki, szybkości, gibkości, koordynacji, równowagi, a także siły i masy mięśniowej.

Należy zwrócić uwagę, że obciążenia treningowe mogą jednak, z powodu wysokiej objętości i intensywności, przewyższać skalę obciążeń startowych. W związku z tym faktem wykonywanie znaczącego wysiłku fizycznego wymaga przygotowania nie tylko odpowiedniego programu treningowego, ale także ustalenia zindywidualizowanej strategii dietetycznej w całym okresie - nie tylko startowym, ale także przygotowawczym. Właściwy sposób żywienia, wspólnie z odpowiednią procedurą treningową i regeneracją powysiłkową, są zatem jednym z głównych elementów wpływających na wydolność fizyczną, odpowiednie samopoczucie, jak również stan zdrowia osób uprawiających sport [Dunford i wsp. 2008; Am Diet Ass 2009; Kreider i wsp. 2010; Hausswirth i wsp. 2011; Stellingwerff i wsp. 2011; Maughan i wsp. 2012].

Zawodnicy i trenerzy powinni zwrócić szczególną uwagę, że znaczenie racjonalnego odżywiania wzrasta wraz ze zwiększeniem obciążeń treningowych, a co za tym idzie wzrostem wydatków energetycznych i innych potrzeb organizmu, wynikających z intensywnej pracy mięśniowej. W zależności od poziomu aktywności fizycznej jedne z ostatnich rekomendacji International Society of Sports Nutrition wskazują, że u osób uprawiających rekreacyjną aktywność fizyczną (3 razy w tygodniu, po 30-40 minut/dobę) zapotrzebowanie energetyczne wynosi średnio: 25-35 kcal/kg m.c./dobę, z kolei w przypadku umiarkowanych i intensywnych wysiłków fizycznych (5-6 razy w tygodniu, po 2-3 godziny/dobę) potrzeby energetyczne wzrastają ponad dwukrotnie, czasem nawet do blisko 80 kcal/kg m.c./dobę [Kreider i wsp. 2010]. W takich przypadkach konieczne może być już korzystanie z łatwo przyswajalnych i skoncentrowanych źródeł niezbędnych makroskładników.

W aspekcie żywienia w sporcie jednym z podstawowych kryteriów, o których zapominają sportowcy i osoby aktywne fizycznie, jest regularność przyjmowanych posiłków i płynów oraz ich odpowiedni skład jakościowo-ilościowy. Zaburzenie tych elementów może w bardzo szybkim tempie prowadzić do: zmniejszenia efektywności prowadzonej

procedury treningowej i skuteczności odnowy powysiłkowej, pogorszenia stanu psychofizycznego zawodnika, uniemożliwienia osiągnięcia superkompensacji lub nawet zagrożenia zdrowia.

W praktyce zatem, często trudne może być efektywne pokrycie zwiększonego zapotrzebowania organizmu na energię i składniki pokarmowe wyłącznie za pomocą standardowej i konwencjonalnej diety, co może wymagać stosowania przez sportowców i osoby aktywne fizycznie, odpowiednich suplementów i odżywek. Powinno to dotyczyć jednak najczęściej specyficznych okresów zwiększonego obciążenia wysiłkowego, w których niemożliwe jest zrównoważenie wysokich potrzeb organizmu jedynie za pomocą konwencjonalnej żywności. Jako skrajne przykłady przytoczyć można w tym miejscu m.in. 3-tygodniowy wyścig kolarski Tour de France, czy coraz modniejsze wyścigi ultrawytrzymałościowe (składające się m. in. z pływania, jazdy na rowerze i/lub biegania), w których dobowe wydatki energetyczne niektórych zawodników sięgają 8000-12000 kcal, co niejako wymusza korzystanie przez nich z łatwo przyswajalnych i skoncentrowanych źródeł makroskładników, zawartych w odpowiednich suplementach i odżywkach. Dzięki stosowaniu tego typu środków ergogenicznych możliwe jest: wspomaganie procesów regeneracji powysiłkowej organizmu i osiągnięcie stanu superkompensacji – niezbędnych w efektywnym wzroście wydolności, a w zależności od specyfiki uprawianej dyscypliny sportu, także zwiększeniu m. in. wytrzymałości, siły, mocy lub masy mięśniowej [Calfée i wsp. 2006; Am Diet Ass 2009; Kreider i wsp. 2010; Hausswirth i wsp. 2011; Benardot 2012; Maughan i wsp. 2012; Bellinger 2014; Durkalec-Michalski i wsp. 2017]. Celowość wzbogacania diety sportowców suplementami i odżywkami wynika ponadto z potencjalnych korzyści, w odniesieniu do wspomagania odporności organizmu, zmniejszenia ryzyka wystąpienia kontuzji i innych powikłań zdrowotnych [Burke 2007; Malinauskas i wsp. 2007; Dunford i wsp. 2008; Am Diet Ass 2009; Kreider i wsp. 2010; Hausswirth i wsp. 2011; Benardot 2012; Lun i wsp. 2012; Bellinger 2014]. Należy jednak

pamiętać, że powinno się przestrzegać sportowców i trenerów przed przecenianiem roli suplementów w codziennym żywieniu i utwierdzać ich w słusznym przekonaniu, że tego typu środki powinny być zawsze jedynie świadomym uzupełnieniem prawidłowo zbilansowanej diety. Szczególnie istotna wydaje się zatem w tym temacie myśl Rona Maughana, że w dzisiejszym sporcie konieczne jest, aby sportowcy byli „świadomi, jakie cele ma spełniać stosowany przez nich sposób żywienia oraz jaką strategię żywienia podjąć, aby osiągnąć ten cel” [IOC Nutrition Workin Group 2010].

### **Białka**

W dyscyplinach sportu o charakterze siłowym, jak i wytrzymałościowym duże znaczenie ma właściwa podaż białek. Warunkują one prawidłowy przebieg procesów metabolicznych i wzrostowych, regenerację powysiłkową, rozwój organizmu oraz jego adaptację do wysiłku fizycznego. W żywieniu osób aktywnych fizycznie są najważniejszym składnikiem budulcowym, tworzącym nie tylko tkankę mięśniową i łączną, ale również hormony, enzymy, białka transportujące i odpornościowe.

Rekomendowane spożycie tego makroskładnika „w świecie sportowym” nadal budzi nieustanne kontrowersje. Wbrew powszechnym opiniom sportowców, nadmierny pobór białek nie wydaje się jednak korzystny i nie wpływa pozytywnie na wydolność fizyczną. Zalecenia wskazują, że w zależności od okresu treningowego, podaż białek w sporcie powinna wynosić od 1,2g do 2,0g na kilogram masy ciała [Am Diet Ass 2009; IOC Nutrition Workin Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Phillips i wsp. 2011].

W przypadkach, w których właściwe spożycie białka mogłoby być utrudnione (np. brak gotowego posiłku potreningowego i/bądź ograniczony czas na przygotowanie, zakup lub spożycie posiłku w ciągu dnia), cenne może być uzupełnienie niezbędnej ilości białek za pomocą suplementacji odżywkami białkowymi (np. izolaty, hydrolizaty lub koncentraty m.in. białek serwatkowych, kazeinowych, czy jajecznych),

bądź suplementami aminokwasowymi. Ich głównym zastosowaniem jest wspomaganie przyrostu siły i masy mięśniowej (głównie w sportach siłowych i szybkościowo-siłowych), a także wspieranie procesów odnowy w wysiłkach wytrzymałościowych lub okresów redukcji tkanki tłuszczowej. Łatwość wykorzystania tych środków wiąże się z faktem, że są one dostępne w postaci sproszkowanej w dużych, jak i mniejszych porcjowanych opakowaniach, a także jako batony, płyny lub nawet dodatki do przypraw.

### **Węglowodany**

Węglowodany w sporcie są najważniejszym źródłem energii - zwłaszcza w trakcie intensywnej pracy mięśniowej. Przy wyborze bogatych źródeł tych makroskładników w diecie, osoby uprawiające sport powinny wybierać głównie produkty nisko-przetworzone, pełnoziarniste oraz owoce i warzywa. Ich ilość należy jednak ustalić z uwzględnieniem specyfiki wykonywanego wysiłku. Całkowite wydatki energetyczne sportowców siłowych są bowiem nieco mniejsze, aniżeli w sportach o mieszanej energetyce wysiłku i dyscyplinach wytrzymałościowych. Z tego względu, celem zapewnienia efektywnej podaży energii, w zależności od specyfiki okresu szkoleniowego i charakteru uprawianego sportu, większość rekomendacji sugeruje: w sportach siłowych podaż węglowodanów na poziomie 4-7 g/kg m.c., do nawet ponad 12 g/kg m.c. w dyscyplinach ultra-wytrzymałościowych [Am Diet Ass 2009; IOC Nutrition Workin Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Maughan i wsp. 2012]. W przypadku niemożności spożycia tak dużych ilości węglowodanów lub konieczności „dożywiania” w trakcie zawodów („w terenie”) nieoceniona pomoc płynie ze strony specjalnych skoncentrowanych odżywek, zawierających węglowodany proste (glukoza, fruktoza) i/lub złożone (maltodekstryny, polimery o wysokiej masie cząsteczkowej).

Główne zastosowanie tego typu odżywek energetycznych związane jest ze zwiększeniem tempa wytwarzania i magazynowania energii, resyntezą i superkompensacją glikogenu oraz przyspieszeniem odnowy

powysiłkowej. W praktyce stosuje się obecnie głównie mieszanki różnych rodzajów węglowodanów, o zróżnicowanej strukturze, co pozwala na uzyskanie wyższego tempa ich wchłaniania i utleniania. Dodatkowo w celu poprawy działania tych środków często stosuje się dodatki wzbogacające, biorące udział w procesach przemiany materii (witaminy i składniki mineralne) oraz działające psychoenergetyzująco (kofeina, tauryna). Osoby uprawiające sport mogą zatem przyjmować preparaty węglowodanowe przed, w trakcie i po wysiłku, pod postacią płynów, żeli i batonów energetycznych, a nawet specjalnych cukierków, czy żelek, które dzięki wysokiej zawartości węglowodanów prostych, pozwalają na szybkie dostarczenie energii niezbędnej do pracy mięśni [Jeukendrup 2007; IOC Nutrition Workin Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Stellingwerff i wsp. 2011].

### **Wybrane inne suplementy**

Oprócz dostarczenia odpowiedniego poziomu energii i głównych makroskładników diety - u osób wykonujących intensywne wysiłki fizyczne korzystne może być wzbogacenie diety za pomocą dostępnych na rynku suplementów [Calfee i wsp. 2006; Am Diet Ass 2009; Kreider i wsp. 2010; Maughan i wsp. 2012]. Dotyczy to zwłaszcza specyficznych okresów (np. okres przedstartowy, starty, zgrupowania wyjazdowe, powrót do treningu po kontuzji czy znaczący wzrost obciążeń etc.). O zastosowaniu konkretnych związków powinny jednak zawsze decydować zindywidualizowane potrzeby sportowca [Kreider i wsp. 2010; Maughan i wsp. 2012]. Ponadto, szczególnie ważne jest, aby stosowane przez sportowców preparaty były bezpieczne i dobrej jakości, a ich uzasadnione wykorzystanie nie wiązało się z jakimkolwiek ryzykiem zdrowotnym lub możliwością naruszenia przepisów antydopingowych [Calfee i wsp. 2006; IOC Nutrition Working Group 2010; Maughan i wsp. 2012]. Istotne jest także, aby środki te były skuteczne w podnoszeniu poziomu osiągniętych wyników. Często bowiem deklaracje zamieszczone na etykietach niektórych suplementów, nie odzwierciedlają



ich rzeczywistego wpływu na organizm, który powinien być potwierdzony na drodze rzetelnych badań naukowych, zgodnych z zasadami *evidence-based medicine*. Dużym ułatwieniem jest w tym zakresie możliwość korzystania z dostępnych rekomendacji m.in. opublikowanego pod koniec 2012 roku Stanowiska Centralnego Ośrodka Medycyny Sportowej i Komisji Medycznej Polskiego Komitetu Olimpijskiego [Wspólne Stanowisko... 2012], dotyczących klasyfikacji suplementów i żywności funkcjonalnej w sporcie. Uwagę zwraca także zaktualizowane stanowisko Australijskiego Instytutu Sportu w zakresie klasyfikacji produktów, które mogą, bądź nie powinny być rekomendowane do stosowania przez sportowców (Tabela 1) [AIS 2017].

**Tabela 1. Zaktualizowany podział suplementów Australijskiego Instytutu Sportu [AIS 2017]**

Przegląd i kategorie	Podkategorie	Środki
<p><b>GRUPA A</b>  <b>Poziom dowodów:</b>  <b>Do stosowania w określonych sytuacjach w sporcie, przy użyciu protokołów opartych na dowodach.</b></p> <p><b>Zastosowanie w ramach programów suplementacji:</b>                      Przewidziane lub dopuszczone do stosowania przez niektórych sportowców zgodnie z praktyką najlepszych protokołów.</p>	<p><b>Żywność sportowa</b> - specjalistyczne produkty do praktycznego stosowane, jako źródło składników odżywczych, gdy niepraktyczne jest spożycie codziennego pokarmów.</p>	Napoje sportowe
		Sportowe żele
		Cukierki sportowe
		Płynne posiłki
		Białka serwatki
		Batony sportowe
	<p><b>Suplementy medyczne</b> - stosowane w leczeniu problemów klinicznych, w tym zdiagnozowanych niedoborów żywieniowych. Wymaga indywidualnego dozowania i nadzoru przez właściwego lekarza medycyny sportowej / naukowego praktyka.</p>	Napoje sportowe (elektrolitowe)
		Suplementy wapnia
		Suplementy żelaza
		Probiotyki
		Preparaty zawierające multiwitaminy i składniki mineralne
		Witamina D

	<p><b>Suplementy wspomagające wydolność</b> - stosowane bezpośrednio przyczyniają się do jej optymalnego wzrostu. Powinny być stosowane w indywidualnych protokołach pod kierunkiem naukowca-praktyka / lekarza medycyny sportowej. Chociaż mogą istnieć ogólne dowody naukowe dla tych produktów, dodatkowe badania mogą być często wymagane do indywidualnego i zależnego od danych sytuacji dostosowania protokołów.</p>	<p><b>Kofeina</b></p>
		<p><b>B-alanina</b></p>
		<p><b>Dwuwęglany</b></p>
		<p><b>Sok z buraków</b></p>
		<p><b>Kreatyna</b></p>
<p><b>GRUPA B</b>  <b>Poziom dowodów: Zasluguja na dalsze badania i mogą być brane pod uwagę u sportowców w ramach protokołu badawczego lub monitorowanych studiów przypadku.</b></p> <p><b>Zastosowanie w ramach programów suplementacji:</b>  Do suplementacji sportowców w ramach badań lub monitorowania sytuacji klinicznej.</p>	<p><b>Polifenole żywności</b> - żywieniowe środki o aktywności biologicznej, w tym przeciwutleniacze oraz o działaniu przeciwzapalnym. Mogą być wykorzystywane w postaci żywności lub jako izolowane środki</p>	<p><b>Kwercytyna</b></p>
		<p><b>Sok z wiśni (cierpki)</b></p>
		<p><b>Owoce egzotyczne (np. acai, goji, itp.)</b></p>
		<p><b>Kurkumina</b></p>
		<p><b>Antyoksydanty (np. wit. C i E)</b></p>
		<p><b>Karnityna</b></p>
		<p><b>HMB</b></p>
		<p><b>Glutamina</b></p>
	<p><b>Oleje rybne</b></p>	
	<p><b>Glukozamina</b></p>	
<p><b>GRUPA C</b>  <b>Poziom dowodów: Mają mało znaczących dowodów korzystnego wpływu.</b></p> <p><b>Zastosowanie w ramach programów suplementacji:</b>  Nie przewidziane w ramach programów suplementacji sportowców. Mogą być dopuszczone do indywidualnego użytku</p>	<p><b>Kategorie suplementów z grupy A i B – stosowane niezgodnie z zatwierdzonymi protokołami</b></p>	<p><b>Sprawdzić grupy A i B</b></p>
	<p><b>Reszta - jeśli nie są uwzględnione w grupach A, B lub D.</b>  Suplementy z grupy C nie są wymieniane, aby uniknąć wrażenia ich wyjątkowości</p>	<p><b>Podsumowania badań niektórych suplementów, które należą do grupy C, można znaleźć w "A-Z suplementów"</b></p>

<p>przez sportowca, w którym ma miejsce specyficzna zgoda (lub zgłoszenie) suplementacyjnego panelu sportowego.</p>		<p>(AIS Sports Nutrition section of the ASC website)</p>
<p><b>GRUPA D</b>                  Poziom dowodów: Zakazane lub z wysokim ryzykiem zanieczyszczenia substancjami, które mogą wprowadzić do pozytywnego wyniku badań dopingowych.</p> <p>Zastosowanie w ramach programów suplementacji: Nie powinny być stosowane przez sportowców.</p>	<p><b>Stymulanty</b>  <a href="http://www.wada-ama.org">www.wada-ama.org</a></p>	<p><b>Efedryna</b></p>
		<p><b>Strychnina</b></p>
		<p><b>Sibutramina</b></p>
		<p><b>Methylhexanamine (DMAA)</b></p>
		<p><b>1, 3-dimetylbutylamina (DMBA)</b></p>
	<p><b>Inne ziołowe stymulanty</b></p>	
	<p><b>Prohormony i boostery hormonów</b>  <a href="http://www.wada-ama.org">www.wada-ama.org</a></p>	<p><b>DHEA</b></p>
		<p><b>Androstenedion</b></p>
		<p><b>19-norandrostentione/ol</b></p>
		<p><b>Inne prohormony</b></p>
		<p><b>Tribulus terrestris and inne boostery testosteronu</b>  <b>Sproszkowany korzeń Maca</b></p>
	<p><b>Środki i „peptydy” uwalniające GH</b>                  _Mogą być one sprzedawane jako suplementy (lub zostały opisane jako takie), w przypadku niezatwierdzenia jako produkty farmaceutyczne.</p>	
<p><b>Beta-2-agoniści</b>  <a href="http://www.wada-ama.org">www.wada-ama.org</a></p>	<p><b>Higenamina</b></p>	
<p><b>INNE</b>  <a href="http://www.wada-ama.org">www.wada-ama.org</a></p>	<p><b>Glicerol</b> - stosowany w strategiach re / hypertratacji – zabroniony, jako ekspander plazmowy</p>	
	<p><b>Colostrum</b> - niezalecane przez WADA ze względu na włączenie czynników wzrostu do jego składu.</p>	

## Przegląd wybranych popularnych suplementów dla sportowców

### 1. Kreatyna

Kreatyna jest naturalnie występująca w organizmie aminą, która może być syntetyzowana endogennie z argininy, glicyny i metioniny

[Calfee i wsp. 2006; Cooper i wsp. 2012]. Jej cząsteczka połączona z wysokoenergetyczną resztą fosforanową tworzy fosfokreatynę (PCr) [Bishop 2010; Cooper i wsp. 2012]. Suplementacja kreatyną wpływa na zwiększenie syntezy i poziomu PCr mięśniowej oraz resyntezę ATP [Calfee i wsp. 2006; Bishop 2010; IOC Nutrition Working Group 2010; Cooper i wsp. 2012]. Podaż tego preparatu oddziałuje także na stymulację wzrostu siły i mocy mięśniowej oraz beztłuszczowej masy ciała [Am Diet Ass 2009; Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010; IOC Nutrition Workin Group 2010; Cooper i wsp. 2012; AIS 2017]. W niektórych pracach wskazywano również, że kreatyna może oddziaływać korzystnie w przeciwdziałaniu i/lub w trakcie leczenia kontuzji [Kreider i wsp. 2010; Cooper i wsp. 2012]. Należy jednak pamiętać, że suplementacja tym preparatem powinna być prowadzona w cyklach, a spożycie większych ilości może powodować m.in. dolegliwości żołądkowo-jelitowe oraz zaburzać funkcjonowanie niektórych narządów, w przypadku ich osłabienia lub niewydolności [Calfee i wsp. 2006; Am Diet Ass 2009; Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010; Cooper i wsp. 2012].

## **2. Dwuwęglan sodu**

Korzyści płynące z suplementacji dwuwęglanem sodu wydają się wynikać z jego działania alkalizującego [Am Diet Ass 2009; Kreider i wsp. 2010; Peart i wsp. 2012]. Związek ten może bowiem wpływać na równowagę kwasowo-zasadową i neutralizować nadmiar jonów  $H^+$ , powstających z kwasu mlekowego w trakcie wysiłków o wysokiej intensywności [Bishop 2010; IOC Nutrition Working Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Peart i wsp. 2012]. Dzięki temu działaniu włókna mięśniowe mogłyby być bardziej odporne na zmęczenie [Am Diet Ass 2009]. Skuteczność buforującego wpływu dwuwęglanu sodu wykazano w dyscyplinach sportu o różnym charakterze wysiłku, od konkurencji wytrzymałościowych do siłowo-szybkościowych [Bishop 2010; IOC Nutrition Working Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Peart i wsp. 2012]. Uwagę zwraca niestety fakt, że u wielu sportowców podaż

rekomendowanych dawek może wiązać się z wystąpieniem działań niepożądanych, związanych przede wszystkim z zaburzeniami działania układu pokarmowego [Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010; Peart i wsp. 2012].

### **3. $\beta$ -alanina**

Korzyści płynące z suplementacji  $\beta$ -alaniną wydają się wiązać przede wszystkim z faktem, że może ona determinować szybkość syntezy karnozyny, stanowiącej jeden z głównych wewnątrz-komórkowych czynników, buforujących nadmiar jonów  $H^+$ , powstających w wyniku dysocjacji kwasu mlekowego we włóknach mięśniowych [Bishop 2010; IOC Nutrition Working Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Stellingwerff i wsp. 2011; Bellinger 2014]. Dzięki temu jej podaż wspomaga zdolności wysiłkowe zwłaszcza w dyscyplinach szybkościowo-siłowych [Bishop 2010; IOC Nutrition Working Group 2010; Kreider i wsp. 2010; Stellingwerff i wsp. 2011; Bellinger 2014]. Co więcej,  $\beta$ -alanina może zwiększać także wrażliwość mięśni i efektywność uwalniania jonów  $Ca^{2+}$  [Bellinger 2014]. Należy jednak wspomnieć, że u wielu sportowców podaż rekomendowanych dawek może wiązać się z wystąpieniem działań niepożądanych, związanych przede wszystkim z wystąpieniem parestezji [Bishop 2010; Bellinger 2014].

### **4. Aminokwasy rozgałęzione (BCAA)**

W przypadku aminokwasów rozgałęzionych (BCAA: leucyna, izoleucyna, walina) należy zaznaczyć, że blisko 35% mięśni jest zbudowanych z tych aminokwasów [Zhang 2017]. Stymulują syntezę białek mięśniowych oraz odznaczają się działaniem antykatabolicznym, związanym m.in. z hamowaniem proteolizy białek mięśniowych [Negro 2008; Kreider i wsp. 2010; Phillips 2011; Zhang 2017]. Wpływają na przyspieszenie procesów odnowy powysiłkowej, zmniejszają powysiłkową bolesność mięśni [Negro 2008; Kreider i wsp. 2010; Waldron 2017; Zhang 2017]. Podaż tych aminokwasów może także

redukować stopień odczuwanego zmęczenia [Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010]. Mogą one być wykorzystywane do celów energetycznych podczas wysiłku [Bishop 2010].

### **5. Kwas $\beta$ -hydroksy- $\beta$ -metylomasłowy (HMB)**

Kwas  $\beta$ -hydroksy- $\beta$ -metylomasłowy jest metabolitem leucyny oraz kwasu ketoizokapronowego ( $\alpha$ -KIC) [Kreider i wsp. 2010; Durkalec-Michalski i wsp. 2017]. W przypadku jego suplementacji wiele prac wskazuje na działanie antykataboliczne, które wydaje się być widoczne zwłaszcza w trakcie wysokiego obciążenia organizmu i występowania uszkodzeń mięśniowych [Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010; Durkalec-Michalski i wsp. 2017]. Efekt ten może wynikać z hamowania przez ten związek aktywności ubikwityny-proteasomu, co z kolei mogłoby ograniczyć proteolizę białek mięśniowych [Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010; Durkalec-Michalski i wsp. 2017]. Korzystny wpływ suplementacji HMB można wiązać także z jego potencjalnym oddziaływaniem na pobudzenie ekspresji kinazy mTOR i IGF-1, co wpływałoby dodatnio na syntezę białek mięśniowych [Kraemer i wsp. 2009; Bishop 2010; Durkalec-Michalski 2017]. Z punktu widzenia praktycznego niektóre dane literaturowe wykazały, że podaż tego preparatu wspomaga korzystną korektę składu ciała, zwiększenie siły i mocy mięśniowej, maksymalnego i szczytowego poboru tlenu oraz zmniejszenie stopnia uszkodzenia mięśni po wysiłku, a także opóźnionej bolesności mięśni i początku akumulacji mleczanu we krwi [Kraemer i wsp. 2009; Bishop 2010; Kreider i wsp. 2010; Durkalec-Michalski i wsp. 2017].

### **Podsumowanie**

Sposób żywienia determinuje efektywne i zdrowe uprawianie sportu na poziomie amatorskim, jak i możliwość osiągnięcia sukcesu w sporcie wyczynowym. Wymaga to jednak dużej regularności i zgromadzenia odpowiedniego czasu, co w praktyce dla wielu osób może być trudne do zrealizowania. W takich przypadkach korzystne wydaje się wzbogacenie

diety o odpowiednie suplementy i odżywki, które mogłyby zminimalizować potencjalne ryzyko niedożywienia i zwiększyć skuteczność treningu przez stymulację superkompensacji wysiłkowej i zwiększenie efektywności procesów odnowy. Należy jednak pamiętać, że nieuzasadnione stosowanie tego typu preparatów - odbiegające od rekomendowanych protokołów suplementacji, a także zażywanie produktów „niskiej” jakości, mogą wbrew założeniom, prowadzić do obniżenia wydolności fizycznej, ryzyka złamania przepisów antydopingowych, a także powodować niepożądane i niebezpieczne dla zdrowia efekty uboczne. Z tego względu wszelka suplementacja powinna być opracowywana w oparciu o indywidualne potrzeby, wyłącznie przez wykwalifikowanych i specjalizujących się w tej tematyce dietetyków lub lekarzy.

### **Piśmiennictwo**

1. AIS. <http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/classification> [dostęp 2017-10-07].
2. American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine, Rodriguez N.R., Di Marco N.M., Langley S.: American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2009; 41 (3): 709-731.
3. Bellinger P.M.:  $\beta$ -Alanine supplementation for athletic performance: an update. *J. Strength Cond. Res.*, 2014; 28 (6): 1751-70. doi: 10.1519/JSC.0000000000000327.
4. Benardot D. *Advanced sports nutrition*. Human Kinetics, Champaign 2012.
5. Bishop D.: Dietary supplements and team-sport performance. *Sports Med.*, 2010; 40 (12): 995-1017.
6. Burke L.: *Practical Sport Nutrition*. Champaign, IL: Human Kinetics 2007.
7. Calfee R., Fadale P.: Popular ergogenic drugs and supplements in young athletes. *Pediatrics*. 2006; 117 (3): e577-e589.
8. Cooper R., Naclerio F., Allgrove J., Jimenez A.: Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2012; 9 (1): 33. doi: 10.1186/1550-2783-9-33.
9. Dascombe B.J., Karunaratna M., Cartoon J., Fergie B., Goodman C.: Nutritional supplementation habits and perceptions of elite athletes within a

- state-based sporting institute. *J. Sci. Med. Sport.* 2010; 13 (2): 274-280. doi: 10.1016/j.jsams.2009.03.005. Epub 2009 Sep 22.
10. Dunford M., Doyle J.A.: *Nutrition for Sport and Exercise.* Thomson/Wadsworth, Belmont 2008.
  11. Durkalec-Michalski K., Jeszka J., Podgórski T. The effect of a 12-week beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on highly-trained combat sports athletes: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. *Nutrients.* 2017; 9 (7): E753. doi: 10.3390/nu9070753.
  12. Hausswirth C., Le Meur Y.: Physiological and nutritional aspects of post-exercise recovery: specific recommendations for female athletes. *Sports Med.* 2011; 41 (10): 861-882.
  13. IOC Nutrition Working Group of the International Olympic Committee: *Nutrition for Athletes.* IOC Consensus Conference, Lausanne 2010 (updated in 2012).
  14. Jeukendrup A.: Carbohydrate supplementation during exercise: does it help? How much is too much? *Gatorade Sports Science Institute* 2007; 20 (3): 106-1-8.
  15. Kraemer W.J., Hatfield D.L., Volek J.S., Fragala M.S., Vingren J.L., Anderson J.M., Spiering B.A., Thomas G.A., Ho J.Y., Quann E.E., Izquierdo M., Häkkinen K., Maresh C.M.: Effects of amino acids supplement on physiological adaptations to resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2009; 41 (5): 1111-1121.
  16. Kreider R.B., Wilborn C.D., Taylor L., Campbell B., Almada A.L., Collins R., Cooke M., Earnest C.P., Greenwood M., Kalman D.S., Kerksick C.M., Kleiner S.M., Leutholtz B., Lopez H., Lowery L.M., Mendel R., Smith A., Spano M., Wildman R., Willoughby D.S., Ziegenfuss T.N., Antonio J.: ISSN exercise and sport nutrition review: research and recommendations. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2010; 7 (7): 1-43.
  17. Lun V., Erdman K.A., Fung T.S., Reimer R.A.: Dietary supplementation practices in Canadian high-performance athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2012; 22 (1): 31-37.
  18. MacLaren D., Morton J.: *Biochemistry for sport and exercise metabolism.* Wiley-Blackwell 2012.
  19. Malinauskas B.M., Overton R.F., Carraway V.G., Cash B.C.: Supplements of interest for sport-related injury and sources of supplement information among college athletes. *Adv. Med. Sci.* 2007; 52, 50-54.
  20. Maughan R.J., Shirreffs S.M.: Nutrition for sports performance: issues and opportunities. *Proc. Nutr. Soc.* 2012; 71 (1): 112-119.
  21. Negro M., Giardina S., Marzani B., Marzatico F. Branched-chain amino acid supplementation does not enhance athletic performance but affects muscle



- recovery and the immune system. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2008; 48 (3): 347-351.
22. Peart D.J., Siegler J.C., Vince R.V.: Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J. Strength Cond. Res.* 2012; 26 (7): 1975-83. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182576f3d.
  23. Phillips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Sports Sci.* 2011; 29 (suppl 1): S17-27 doi: 10.1080/02640414.2011.585473.
  24. Stellingwerff T., Maughan R.J., Burke L.M.: Nutrition for power sports: middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *J. Sports Sci.* 2011; 29 (suppl. 1): S79-S89.
  25. Waldron M., Whelan K., Jeffries O., Burt D., Howe L., Patterson SD. The effects of acute branched-chain amino acid supplementation on recovery from a single bout of hypertrophy exercise in resistance-trained athletes. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2017; 42 (6): 630-636.
  26. Wspólne Stanowisko Centralnego Ośrodka Medycyny Sportowej i Komisji Medycznej Polskiego Komitetu Olimpijskiego: Stosowanie suplementów diety i żywności funkcjonalnej w sporcie. Rekomendacje dla polskich związków sportowych. Warszawa 2012.
  27. Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao S. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2017; 8:10. doi: 10.1186/s40104-016-0139-z.

## **Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych**

Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych powstało 25 sierpnia 1980 roku z inicjatywy członków Komitetu Żywienia Człowieka Polskiej Akademii Nauk, a Honorowym Przewodniczącym został prof. dr hab. Aleksander Szczygieł. Pierwszym Przewodniczącym (obecnie Honorowy Przewodniczący) był prof. dr hab. dr h.c. Stanisław Berger (1980-1986), następnie funkcje tę pełniła przez wiele lat prof. dr hab. Anna Gronowska-Senger (1987-2007).

Główną ideą stworzenia Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych było zintegrowanie środowiska naukowego z obszaru nauk medycznych, rolniczych, ekonomicznych, biologicznych i przyrodniczych, działających w zakresie dyscypliny **żywienie człowieka**. Powołanie Towarzystwa umożliwiło rozwój i podnoszenie prestiżu nauk żywieniowych w naszym kraju w stosunku do innych nauk, stworzenie krajowego forum dla wymiany doświadczeń, poglądów i stanowisk w ważących sprawach objętych właściwościami Towarzystwa, nawiązywanie kontaktów z innymi towarzystwami żywieniowymi, zarówno w kraju jak i poza jego granicami – PTNŻ jest członkiem Federacji Europejskich Towarzystw Żywnościowych (FENS – Federation of European Nutrition Societies).

Podstawowym zadaniem Towarzystwa było i jest organizowanie oraz popieranie działalności zmierzającej do rozwoju nauk żywieniowych, upowszechnianie i propagowanie osiągnięć naukowych z zakresu żywienia, zarówno w kraju jak i poza jego granicami.

Cele te są realizowane poprzez:

- organizowanie konferencji, zebrań, sympozjów i kongresów naukowych, jak również wykładów, odczytów, wystaw, audycji w środkach masowego przekazu;
- współpracę z krajowymi i zagranicznymi jednostkami zajmującymi się problematyką żywienia;
- prowadzenie działalności wydawniczej;
- społeczne doradztwo naukowe w dziedzinie żywienia człowieka.

Od roku 1993 Polskie Towarzystwo Nauk Żywnieniowych, wspólnie z Wydziałem Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW, organizuje corocznie konferencje z cyklu „Fakty i fikcje w żywieniu człowieka”, podejmując różnorodne tematy:

Numer konferencji	Rok	Temat
I	1993	Fakty i fikcje w żywieniu człowieka
II	1994	Odchudzanie
III	1995	Tłuszcze
IV	1996	Suplementacja w żywieniu – za i przeciw
V	1997	Solić, słodzić – zdrowiu szkodzić?
VI	1998	Żywność niekonwencjonalna – za i przeciw
VII	1999	Czy wiemy co jemy?
VIII	2000	Żywnienie a alergie pokarmowe
IX	2001	Żywność funkcjonalna – blaski i cienie
X	2002	Witaminy antyoksydacyjne – fakty i kontrowersje
XI	2003	Dioksyny – ryzyko dla zdrowia?
XII	2004	Mleko – za i przeciw
XIII	2005	Fosfor w żywieniu człowieka – korzyści i zagrożenia
XIV	2006	Dodatki do żywności – blaski i cienie
XV	2007	Woda – rola i znaczenie w żywieniu człowieka
XVI	2008	Odchudzanie – korzyści i zagrożenia
XVII	2009	Suplementy diety – korzyści i zagrożenia
XVIII	2010	Solić czy nie?
XIX	2011	Czy nasze dzieci wiedzą co jedzą?
XX	2012	Czy warto czytać informacje na opakowaniach produktów spożywczych?
XXI	2013	Napoje energetyzujące – blaski i cienie
XXII	2014	Nutrigenetyka przyszłością żywienia?
XXIII	2015	Dieta bezglutenowa – fakty i mity
XXIV	2016	Bakterie przewodu pokarmowego człowieka – korzyści i zagrożenia?
XXV	2017	Żywnienie a aktywność fizyczna

Polskie Towarzystwo Nauk Żywnieniowych prowadzi swoją stronę internetową ([ptnz.sggw.pl](http://ptnz.sggw.pl)), aktualizowaną poprzez zamieszczanie informacji o wydarzeniach naukowych zarówno krajowych, jak i międzynarodowych. Przygotowywane są również informacje o samym

towarzystwie lub o konferencjach organizowanych/ współorganizowanych przez towarzystwo i przesyłane do innych serwisów internetowych, np. [www.kalendarzszkolen.mp.pl](http://www.kalendarzszkolen.mp.pl), [www.updates.worldoflearnig.com](http://www.updates.worldoflearnig.com).

Zarząd Główny oraz Oddziały Towarzystwa prowadzą współpracę o charakterze krajowym i międzynarodowym. W ramach **współpracy krajowej** wymienić należy:

- Komitet Nauki o Żywieniu Człowieka PAN i jego zespoły,
- Polskie Towarzystwo Dietetyki,
- Polskie Towarzystwo Technologów Żywności,
- Warszawska Szkoła Zdrowia,
- Instytut Żywności i Żywienia,
- Instytut-Pomnik Centrum Zdrowia Dziecka,
- Instytut Matki i Dziecka,
- Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii,
- Uniwersytety Trzeciego Wieku,

a w ramach **współpracy międzynarodowej**:

- Federacja Europejskich Towarzystw Żywnościowych (FENS),
- Europejska Akademia Nauk Żywnościowych (EANS),
- Niemieckie Towarzystwo Żywnościowe,
- European Amaranth Association (Oddział Krakowski).

W chwili obecnej Towarzystwo liczy około 300 członków, tym samym powiększyło swój skład osobowy prawie 10-krotnie w ciągu 37 lat istnienia. Działa poprzez swoje oddziały, tj.: Warszawski, Poznański, Krakowski, Gdańsko-Olsztyński oraz Białostocki.

Więcej informacji na temat Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych można znaleźć w publikacji:

Kołałajtis-Dołowy A., Hamułka J., Brzozowska A.: „Wkład Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych w upowszechnianie wiedzy o prawidłowym żywieniu człowieka”, [w:] Towarzystwa Naukowe w Polsce: dziedzictwo, kultura, nauka, trwanie. Kruszewski Z. (red.), Wydawca: Rada Towarzystw Naukowych przy Prezydium PAN, Warszawa 2013, ISBN 978-83-61236-46-7.