

ZMĘCZENIE I PRZETRENOWANIE – ZARYS PROBLEMU

FATIGUE AND OVERTRAINING – AN OVERVIEW OF THE PROBLEM

Justyna Bednarek¹, Magdalena Kępińska¹, Gabriela Augustyn¹, Zbigniew Szyguła^{2,3}

¹Studia III stopnia, Akademia Wychowania Fizycznego, Kraków

²Zakład Medycyny Sportowej i Żywienia Człowieka, Akademia Wychowania Fizycznego, Kraków

³Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, Nowy Sącz

Streszczenie

Zmęczenie jest zjawiskiem fizjologicznym, które inspiruje badaczy zajmujących się fizjologią wysiłku od ponad 120 lat. Zmęczenie jest stanem, który rozwija się podczas każdego wysiłku fizycznego, powodując obniżenie jego efektywności.

Problem ten jednak dotyczy zdrowych i chorych, ludzi w różnym wieku, wykonujących różne zawody i towarzyszy każdej działalności człowieka - zarówno pracy umysłowej jak i fizycznej, a nie tylko sportowców.

Mechanizm zmęczenia jest wieloczynnikowy, a jego skutki nie są w pełni poznane, dlatego w wielu przypadkach ciężko zdefiniować i wskazać główną przyczynę zmęczenia.

Celem pracy było przedstawienie na podstawie dostępnego piśmiennictwa naukowego głównych przyczyn składających się na zjawisko zmęczenia i przetrenowania oraz ich objawów i skutków.

Słowa kluczowe: zmęczenie, przetrenowanie, ból mięśniowy

Abstract

Fatigue is a physiological phenomenon that has been inspiring researchers in exercise physiology for more than 120 years. Fatigue is a state, that develops during each exercise, causing a reduction in its effectiveness.

However, this problem applies to both healthy and sick people of all ages, in various occupations and accompanies both mental and physical human activities, not only athletes.

The mechanism of fatigue is multifactorial, and its effects are not fully known, therefore in many cases it is difficult to define and indicate the main cause of fatigue.

The aim of the study was to present on the basis of the available scientific literature the main reasons constituting the phenomenon of fatigue and overtraining as well as their symptoms and effects.

Key words: fatigue, overtraining, muscle pain

Wstęp

Zmęczenie jest zjawiskiem wieloczynnikowym i nie w pełni poznany, pomimo wielu intensywnych badań podejmowanych od ponad 120 lat, czyli od czasu, gdy w 1891 r. włoski fizjolog Angelo Mosso sformułował i opublikował pracę zatytułowaną *La Fatima* [1]. Pojęcie zmęczenia inspirowało od dawna badaczy zajmujących się fizjologią mięśni i ćwiczeń fizycznych. W ciągu ostatnich dziesięcioleci przeprowadzono wiele badań mających na celu wyjaśnienie mechanizmów, które prowadzą do zmęczenia, gdyż problem ten dotyczy nie tylko sportowców ale właściwie każdego człowieka [2,3]. Dla sportowców zmęczenie, to być albo nie być, medal i chwała oraz związane z tym korzyści, albo porażka. Problem ten jednak dotyczy wszystkich – zdrowych i chorych, ludzi w różnym wieku, wykonujących różne zawody i towarzyszy każdej działalności człowieka - zarówno pracy umysłowej jak i fizycznej. U chorych i niepełnosprawnych zmęczenie ogranicza codzienną aktywność, pogarszając tym samym jakość życia. U młodych i zdrowych

zmęczenie pogarsza jakość wykonywanej pracy [3], a w niektórych zawodach (np. kierowca, operator ciężkich maszyn, pilot samolotu) może doprowadzić do niebezpiecznej sytuacji lub wręcz katastrofy.

Zmęczenie nie ma jednolitego podłoża i jednolitych objawów, stąd też niejednokrotnie jest trudne do zdefiniowania [4] i dlatego też w wielu przypadkach jest niezmiernie trudno z całą pewnością wskazać główną przyczynę zmęczenia [5].

Celem pracy było przedstawienie w zarysie głównych przyczyn składających się na zjawisko zmęczenia i przetrenowania oraz ich objawów i skutków.

Podział zmęczenia

Tradycyjnie, zmęczenie dzieli się na zmęczenie lokalne – dotyczące zmian zachodzących tylko w mięśniach zaangażowanych w wysiłek i ogólne – dotyczące całego organizmu [6]. Inny podział, to podział na zmęczenie obwodowe – zmiany metaboliczne na obwodzie upośledzają kurczliwość mięśni szkieletowych i ośrodkowe – zmiany dotyczą ośrodkowego układu nerwowego [7-9].

Tabela 1. Subiektywne i obiektywne objawy zmęczenia [10]

OBJAWY ZMĘCZENIA	
SUBIEKTYWNE	OBIEKTYWNE
– uczucie zmęczenia – uczucie duszności – bóle mięśni – bóle w klatce piersiowej – nudności – zawroty głowy	– uczucie wyczerpania – obniżenie pobudliwości mięśni – zmniejszenie siły skurczu – zmniejszenie szybkości skurczu – zaburzenie koordynacji – pogorszenie precyzji ruchu – podwyższenie temperatury ciała – przyspieszenie częstości oddechów i akcji serca – wymioty – omdlenie

Zdaniem Enoka i Duchateau zmęczenie mięśni oznacza zmniejszenie siły maksymalnej lub mocy, którą zaangażowane mięśnie mogą rozwijać. Zjawisko to rozpoczyna się stopniowo, wkrótce po rozpoczęciu przedłużonej aktywności fizycznej [5].

Z kolei McKenna i Hargreaves postrzegają zmęczenie jako kaskadę zdarzeń występujących na poziomie wielonarządowym, wielokomórkowym i molekularnym. W związku z tym zmęczenie nie powinno być postrzegane jako pojedynczy proces, lecz raczej jako bardzo złożone zjawisko, składające się z wielu różnych elementów i działających w wielu miejscach [3].

W zależności od intensywności wysiłku i czasu jego trwania rozwija się zróżnicowany obraz zmęczenia. Wyróżnia się zmęczenie w wysiłkach krótkotrwałych o wysokiej intensywności oraz zmęczenie w wysiłkach długotrwałych [10].

W zmęczeniu w wysiłkach krótkotrwałych o wysokiej intensywności zachodzące zmiany mają charakter lokalny (zmęczenie obwodowe) i obejmują głównie mięśnie zaangażowane w wysiłek fizyczny. W tego typu wysiłkach bardzo szybko dochodzi do wyczerpania zapasów wysokoenergetycznych tj. ATP, fosfokreatyna i glikogen oraz do zakwaszenia wnętrza komórki mięśniowej. Z kolei w zmęczeniu w wysiłkach długotrwałych obserwuje się m.in. ubytek zasobów energetycznych, przyrost temperatury wewnętrznej, odwodnienie organizmu i zaburzenie gospodarki elektrolitowej oraz bóle mięśni. Wskazuje się często także na toksyczne działanie amoniaku oraz na zaburzenie stężeń neurotransmiterów w mózgu [10,11].

W zmęczeniu ośrodkowym w wyniku podwyższonego poziomu serotoniny w mózgu obserwuje się obniżenie sprawności procesów myślowych i zdolności wysiłkowych sportowca. W powstawaniu zmęczenia ośrodkowego włączone są także inne neuroprzekaźniki, takie jak dopamina, noradrenalina i kalmodulina, a także kwasy tłuszczowe oraz ich pochodne i amoniak [10,11].

Wśród objawów, które towarzyszyć mogą zmęczeniu, wyróżnia się szereg objawów subiektywnych – odczuwanych przez osobę wykonującą wysiłek, oraz szereg objawów obiektywnych, łatwych do zauważenia przez osobę postronną lub dających się zmierzyć przy pomocy odpowiedniej aparatury. Niektóre z licznych objawów zmęczenia wypunktowane zostały w tabeli 1

Powysiłkowa bolesność mięśni

Intensywny wysiłek fizyczny powoduje uszkodzenie włókien mięśniowych. Wielkość tego uszkodzenia zależy między innymi od czasu trwania i rodzaju ćwiczenia oraz od poziomu wytrenowania sportowca [12].

Bolesność mięśni występuje najczęściej na początku sezonu sportowego, gdy zawodnicy wracają do szkolenia, po okresie zmniejszonej aktywności. Nie mniej jednak pojawia się również, kiedy sportowcy uczą się nowych czynności ruchowych [13].

Wyróżniamy dwa typy powysiłkowej bolesności mięśni szkieletowych: bolesność wczesną i opóźnioną. Bolesność wczesna, która pojawia się już podczas wysiłku i ustępuje po jego zaprzestaniu, związana jest przede wszystkim z gromadzeniem się jonów wodorowych powstających w wyniku dysocjacji kwasu mlekowego produkowanego w dużych ilościach podczas wysiłku, niedokrwieniem oraz niedotlenieniem mięśni [14]. Bolesność opóźniona (Delayed Onset of Muscle Soreness) pojawia się natomiast dopiero po 24 – 48 godzinach od zakończenia wysiłku fizycznego, a zanika stopniowo po upływie 5-7 dni i jest związana z mechanicznymi uszkodzeniami tkanki łącznej oraz komórek mięśniowych [15].

Powysiłkowa opóźniona bolesność mięśniowa (DOMS) wywołana jest przez uszkodzenia w obrębie włókien mięśniowych, które powstają podczas wzrostu ich napięcia (rozrywanie błon komórkowych oraz uszkodzenia innych elementów komórkowych). Zmiany te można stwierdzić na podstawie biopsji mięśniowej. Dodatkowo, na uszkodzenie komórek

mięśniowych wskazuje wzrost aktywności kinazy kreatynowej (CK) we krwi, która jest markerem uszkodzeń strukturalnych mięśni szkieletowych [16].

DOMS i związane z nią mikrouszkodzenia komórek mięśniowych powstają głównie podczas intensywnych skurczów ekscentrycznych, ale również po zbyt intensywnym rozpoczęciu ćwiczeń po dłuższej przerwie, czy po wprowadzeniu nowej formy wysiłku od jednostki treningowej [17,18].

Objawy powysiłkowej opóźnionej bolesności mięśni mogą mieć więc różny zasięg – od tkliwości do ciężkiego bólu, upośledzającego funkcję mięśni włącznie [19]. Bolesności tej towarzyszą również m.in.: ograniczenie zakresu ruchu z powodu powstającego obrzęku komórek, uczucie sztywności i bolesności uciskowej mięśni, dysfunkcje w obrębie połączeń nerwowo-mięśniowych oraz osłabienie maksymalnej siły skurczu dowolnego (MVC) [16]. Objawy te ustępują co prawda po okresie 5-7 dni od zakończenia wysiłku, nie mniej jednak całkowita regeneracja włókien mięśniowych, które były uszkodzone jest znacznie wolniejsza [15].

Przetrenowanie

Każdy sportowiec, niezależnie od uprawianej dyscypliny, posiada pewną granicę adaptacji swojego organizmu do intensywnego treningu. Po przekroczeniu tej granicy następuje niezdolność dalszej adaptacji do wymagań stawianych przez obciążenia treningowe, co w konsekwencji obniża zdolność wysiłkową [20]. Dodatkowo jeśli sportowiec nie ma zbyt dużo czasu na wypoczynek, następuje sumowanie się pozostałości po zmęczeniu, rozwija się zmęczenie przewlekłe i dochodzi do przemęczenia oraz przetrenowania [21].

Przetrenowanie (overtraining, overreaching) to nieplanowane zmniejszenie, albo stagnacja wydolności zawodnika, które trwa przez dłuższy czas i jest wywołane przeciążeniem organizmu, a nie zaś ostrym zmęčeniem [17]. Zespół przetrenowania to zaburzenia funkcjonowania organizmu o charakterze patologicznym, który odznacza się spójną i stałą niezdolnością do wykonywania wysiłku oraz niemożnością powrotu sportowca do stanu prawidłowego, nawet po kilku dniach wypoczynku [20,22].

Zespołowi przetrenowania towarzyszą różne dolegliwości, które są najczęstszymi objawami i skutkami tego zjawiska. Wśród nich wyróżnia się: uczucie ciężkiego zmęczenia, bolesność mięśni, niechęć do pracy i treningu, nadmierne występowanie uszkodzeń narządu ruchu, zaburzenia łaknienia, snu i nastroju, trudności w koncentracji, obniżenie odporności immunologicznej oraz wahania częstości skurczów serca, głównie podczas wysiłku [17,20-22].

U sportowców zjawisko przetrenowania jest klasycznie definiowane jako spadek wydajności przy zachowaniu normalnego programu treningowego [23]. Właściwie, termin „przetrenowanie” obejmuje zało-

żenie, że jest to przeciążenie wynikające z ruchu. Nie mniej jednak, obecnie wiadomo, że kliniczne objawy zespołu przetrenowania związane są ze stresem, zarówno psychologicznym, jak również fizjologicznym, a także nieodpowiednim wypoczynkiem, zaburzeniem odżywiania oraz łagodnym stanem zapalnym [24]. Częstość występowania tego zjawiska nie jest znana, ale zazwyczaj częściej występuje u sportowców wytrzymałościowych tj.: kolarzy, długodystansowców, triathlonistów [23].

Wyróżniamy dwa typy przetrenowania, związane z zaburzeniami równowagi układu autonomicznego. Typ I nazywany szeroko objawowym, związany jest ze zmianami dotyczącymi części współczulnej. Ten typ przetrenowania jest relatywnie łatwy do rozpoznania i występuje zazwyczaj u zawodników młodych, niedoświadczonych, którzy uprawiają dyscypliny szybkościowo-siłowe. Dominują tu objawy pobudzenia organizmu w przeciwieństwie do typu II, w których dominuje zwolnienie procesów metabolicznych. W przetrenowaniu typu II mamy do czynienia w większym stopniu z układem przywspółczulnym i przeważnie dotyczy on sportowców starszych, uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe. Typ II jest trudny do zdiagnozowania, a związane z nim objawy przetrenowania ustępują wolno, mimo zmniejszenia objętości treningowej i zastosowania środków zapobiegawczych [17,22,24].

Każda z tych dwóch odmian przetrenowania charakteryzuje się odmiennymi objawami, które przedstawiono w tabeli 2.

Przetrenowanie jest zatem skutkiem długotrwałego braku równowagi pomiędzy treningiem, a wypoczynkiem. Główną przyczyną rozwoju zespołu przetrenowania u sportowca są zbyt mocne obciążenia treningowe, przekraczające możliwości adaptacyjne organizmu [17,23]. Należy jednak zaznaczyć, że forsownie sportowca może prowadzić do przetrenowania tylko wtedy, jeśli trwa ono przez zbyt długi okres czasu lub stosowane obciążenie jest za duże [20]. W literaturze istnieje ponadto wiele hipotez dotyczących rozwoju zespołu przetrenowania [17,20,22]. Do najważniejszych należą m. in.: zaburzenie funkcji połączeń nerwowo-mięśniowych (powoduje to, że do osiągnięcia wysokiego poziomu aktywności motorycznej mięśni konieczny jest wyższy poziom stymulacji) [22], miopatia mięśniowa (zmiany ultrastruktury we włóknach mięśniowych typu II) [17], upośledzenie funkcji obwodowych receptorów beta-adrenergicznych (co sugeruje, że aktualne stężenie katecholamin we krwi nie wywołuje odpowiedniej reakcji w tkankach) [22], zaburzenia osi podwzgórzowo-przysadkowej (efektem jest nieprawidłowy profil hormonalny powodujących zaburzenia regulacji syntezy białek u obojga płci, zaburzenia miesiączkowania u kobiet oraz osłabienie popędu płciowego u mężczyzn), nadmierne pobudzenie osi

Tabela 2. Patofizjologiczne objawy klasycznego (sympatykotonicznego) zespołu przetrenowania z nowoczesnym (parasympatykotonicznym) zespołem przetrenowania - podobieństwa i różnice [17,22,24]

OBJAWY WSPÓLNE	
– obniżenie zdolności wysiłkowych – niepokój, nadmierne pobudzenie – szybkie osiągnięcie zmęczenia – brak motywacji podczas zawodów – zwiększona podatność na infekcje – zmniejszenie submaksymalnego i maksymalnego stężenia mleczanu – zaburzenie koordynacji ruchowej	
OBJAWY RÓŻNICUJĄCE	
Przetrenowanie typu I (współczulne (sympatykotoniczne, bogatoobjawowe, typ basedowy)	Przetrenowanie typu II (przywspółczulne parasympatykotoniczne, skąpoobjawowe, typ addisonowy)
Zaburzenie snu	Sen niezakłócony
Obniżony apetyt	Apetyt normalny
Wzrost podstawowej przemiany materii	W normie
Spadek masy ciała	W normie
Wzrost temperatury ciała, skłonność do pocenia (wilgotne ręce, pocenie w nocy)	Termoregulacja normalna
Przyspieszone tętno spoczynkowe	Bradykardia/ hiperbradykardia
Bicia, klucia serca	Nie występują
Skłonność do nadciśnienia/nadciśnienie	Wzrost rozkurczowego ciśnienia krwi
Opóźniony powrót HR do normy po wysiłku	Normalny powrót HR do normy
Hiperwentylacja podczas wysiłku	Brak tych zaburzeń
Nadpobudliwość na bodźce zewnętrzne	Nie występuje
Zaburzenia koordynacji ruchowej	
Skrócenie czasu reakcji	Czas reakcji normalny/ wydłużony
Drżenie mięśni, wewnętrzny niepokój, drażliwość, nadpobudliwość	Spokój, normalny nastrój

korowo-nadnerczowej (w konsekwencji wyczerpanie nadnerczy, również na skutek dodatkowych czynników takich jak: nauka, praca, stres środowiskowy, podróże ze zmianą stref czasowych) [20], zaburzenia szlaków metabolicznych (co powoduje wzrost stężenia wolnego tryptofanu w osoczu, który przechodzi do mózgu i nasila syntezę serotoniny, co w efekcie powoduje zmęczenie i senność), zaburzenia w ośrodkowych szlakach motorycznych - alfa-motoneuronach (zmniejszenie ich pobudliwości, obniżenie potencjałów oraz opóźnienie w reakcji na wysiłek-zapisy EMG) [17] oraz niedobór węglowodanów (oznaki zmęczenia obwodowego i rozwoju hipoglikemii z powodu niedoboru glikogenu mięśniowego) [22].

Czas ustępowania przetrenowania zależy od wielu czynników, przede wszystkim od tego z jakim typem przetrenowani mamy do czynienia. W przypadku przetrenowania I typu zawodnik wraca do normy po kilku tygodniach zmniejszenia intensywności treningów i stosowania różnych zabiegów wyciszających/uspokajających. Jeśli rozwinęło się pełnoobjawowe

przetrenowanie typu II, to czas powrotu zawodnika do normy może trwać od 3 do 6 miesięcy, a czasami nawet do roku. Dlatego też niezmiernie ważnym jest uchwycenie pierwszych oznak przetrenowania, aby nie dopuścić do jego rozwoju. Rozpoznaniu służą wskaźniki przetrenowania wymienione i pogrupowane w Tabeli 3.

Większość z badanych wskaźników wymaga konieczności użycia szczegółowych kryteriów oceniania i nie mogą być stosowane podczas rutynowego monitorowania procesu treningowego [26].

Zespół objawów związany z przetrenowaniem sportowca ma niewątpliwie charakter wielowymiarowy. U jego podłoża leży wiele przyczyn, stąd też ciągle pojawiają się nowe teorie na temat powstawania tego zjawiska [20].

Aby uniknąć przetrenowania wprowadzono także wiele strategii postępowania, ogólnie nazwanych odnową biologiczną – szereg różnych zabiegów i metod mających przyspieszyć powysiłkową regenerację organizmu zawodnika po zawodach czy ciężkim treningu.

Tabela 3. Wykaz wskaźników biologicznych przetrenowania zawodnika [25-29]

Wskaźniki wydolności fizjologicznej	Wskaźniki anatomiczne	Wskaźniki fizjologiczne	Wskaźniki biochemiczne	Wskaźniki immunologiczne	Wskaźniki psychiczne
– sprawność motoryczna, – poziom sportowy, – restytucja, – tolerancja obciążeń treningowych.	– bolesność mięśni, – bóle krzyża, – bóle z przeciążenia, – złamanie przecięśniowe, – zapalenie ścięgien	– skład ciała, – wskaźniki krążeniowe, – przyspieszone oddechy, – obniżenie lub wzrost częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego krwi, – spadek całkowitej i beztłuszczowej masy ciała, – zaburzenia miesięczkowe, – częste stany zapalne układu moczowo-płciowego, – zaburzenia żołądkowo-jelitowe, – uczucie stałego zmęczenia, – trądzik młodzieńczy – nasilenie zmian	– skrócenie czasu krzepnięcia, – wzrost liczby płytek krwi, – zmniejszenie liczby elementów morfotycznych krwi, – obniżenie stężenia potasu i wapnia we krwi, – spadek zasobów glikogenu mięśniowego i wątrobowego, – obniżenie stężenia hemoglobiny, – obniżenie stężenia żelaza w surowicy, – wzrost stężenia adrenaliny i noradrenaliny, – zwiększenie stężenia prolaktyny we krwi, – obniżenie stężenia insuliny we krwi	– częste infekcje górnych dróg oddechowych, – spadek odporności, obrzęk węzłów chłonnych, – opóźnione gojenie się ran.	– pogorszenie samopoczucia, – spadek samooceny, depresja, – lęk przed rywalizacją, – spadek koncentracji.

Pytanie jednak czy istnieją naukowe dowody na skuteczność ich stosowania? Obecnie w wielu ośrodkach na świecie prowadzone są poważne badania mające na celu zweryfikowanie ich skuteczności.

Piśmiennictwo/References

- Di Giulio C, Daniele F, Tipton CM. Angelo Mosso and muscular fatigue: 116 years after the first congress of physiologists: IUPS commemoration. *Adv Physiol Educ* 2006; 30: 51–7. doi:10.1152/advan.00041.2005.
- Boullosa D, Nakamura F. The evolutionary significance of fatigue. *Front Physiol* 2013; doi: 10.3389/fphys.2013.00309.
- McKenna MJ, Hargreaves M. Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! *J Appl Physiol* 2008; 104: 286–7.
- Kozłowski S. Granice przystosowania. Warszawa: Wiedza Powszechna, 1986.
- Enoka R, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol* 2008; 586(1): 11–23.
- Lisewska I. *Odnova biologiczna sportowców*. Biblioteka Trenera. Warszawa: Polski Komitet Olimpijski, 1971.
- Kozłowski S., Nazar K., Kaciuba-Uściłko H. Fizjologia wysiłków fizycznych. W: Kozłowski S, Nazar K. (red.) *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 1995.
- Noakes T D, St Clair Gibson A. Logical limitations to the “catastrophe” models of fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med* 2004; 38: 648–9.
- Noakes T D, St Clair Gibson A, Lambert EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med* 2004; 38: 511–4. doi: 10.1136/bjism.2003.009860.
- Szygula Z, Gawroński W. Zmęczenie jako rezultat wysiłku fizycznego - zarys problemu. *Med Sport* 2002; 6(1): 93–101.
- Żołądź JA. Co warunkuje siłę, moc i wytrzymałość mięśni szkieletowych człowieka? W: *Metody statystyki i data mining w badaniach naukowych*, StatSoft Polska 2003; 23–27.
- Martínez-Amat A, Marchal J, Prados J. Release of muscle α -action into serum after intensive exercise. *Biol Sport* 2010; 27: 263–8.

13. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 2003; 33 (2): 145-64.
14. Bąkowski P, Musielak B, Sip P i wsp. Wpływ masażu na powysiłkową bolesność mięśni. *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska* 2008; 73(4); 1-5.
15. Hume PA, Cheung K, Maxwell L i wsp., DOMS: An overview of treatment strategies. *Int J Sport Med* 2004; 5(2): 98-118.
16. Jaskólska A, Bogucka M, Świstak R i wsp., Mechanizmy powstania, objawy i następstwa opóźnionej bolesności mięśni szkieletowych (DOMS). *Med Sportiva* 2002; 6(4): 189-201.
17. Gawroński W, Szyguła Z. Zmęczenie, przetrenowanie i sposoby intensyfikacji wypoczynku. W: *Medycyna sportowa*. Jegier A, Nazar K, Dziak A. (red.) Warszawa: PTMS, 2005, str.: 465-82.
18. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med* 2008; 38(6): 483-503.
19. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 2003; 33(2): 145-64.
20. Hackney AC, Dobridge J, Wilson LS. Zespół przetrenowania u sportowców: hipotezy dotyczące mechanizmów rozwoju i metody terapii, *Med Sport* 2001; 5(3): 147-59.
21. Szyguła Z. Odnowa biologiczna metoda czy konieczność. *Medical Tribune* 2006; 10: 22-3.
22. Foster C, Lehman M. Zespół przetrenowania. *Med Sport* 2002; 6(4): 229-37.
23. Brooks K, Carter J. Overtraining, exercise, and adrenal insufficiency. *J Nov Physiother* 2013; 3(125) doi:10.4172/2165-7025.1000125.
24. Pearce PZ. A practical approach to the overtraining syndrome. *Curr Sports Med Rep* 2002; 1(3): 179-83.
25. Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(2): 317-31.
26. Hartmann U, Mester J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 209-15.
27. Halson S, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? an analysis of overreaching and overtraining research *Sports Med* 2004; 34(14): 967-81.
28. Petibois C, Cazorla G, Poortmans JR, Déléris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports. *Sports Med* 2002; 32(13): 867-78.
29. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining, *J Sports Sci Med* 2002; 1: 31-41.

Adres do korespondencji / Address for correspondence:

Zbigniew Szyguła
Zakład Medycyny Sportowej i Żywienia Człowieka
Akademia Wychowania Fizycznego
Al. Jana Pawła II 78
32-513 Kraków
Tel: 12-6831223
e-mail: wfszygul@cyf-kr.edu.pl