

**Tadeusz Ambroży, Tomasz
Wieczorek, Dariusz Mucha**

**Zasady właściwego i bezpiecznego
prowadzenia treningu
wysokogórskiego jako elementu
kształtującego zdolności kondycyjne
sportowców**

Kultura Bezpieczeństwa. Nauka-Praktyka-Refleksje nr 24, 46-73

2016

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

ZASADY WŁAŚCIWEGO I BEZPIECZNEGO
PROWADZENIA TRENINGU
WYSOKOGÓRSKIEGO JAKO ELEMENTU
KSZTAŁTUJĄCEGO ZDOLNOŚCI
KONDYCYJNE SPORTOWCÓW

RULES OF PROPER AND SAFE
CONDUCTING ALTITUDE TRAINING
AS PART OF THE SHAPING ATHLETES'
STAMINA ABILITIES

TADEUSZ AMBROŻY
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

TOMASZ WIECZOREK
PZN

DARIUSZ MUCHA
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

ABSTRACT

The aim of study is to present rules of training in mountain conditions relating to the planning of training programs. The review of literature allows us to understand the course of physiological changes during acclimatization in mountains and it also helps us to distinguish human responses in acute phase from responses during subsequent processes of adaptation. The benefits of preparation which are results of training in the mountains

are as follows: increased transport of oxygen to the muscles, improvement of the blood functions associated with the transport of oxygen, increased aerobic capacity, which affects the growth of buffering ability of muscles and blood.

KEYWORDS: altitude training, strength, stamina abilities

ABSTRAKT

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zasad dotyczących treningu w warunkach wysokogórskich odnoszące się do planowania programów treningowych.

Przegląd literatury pozwala zrozumieć przebieg fizjologicznych zmian zachodzących w czasie górskiej aklimatyzacji, odróżnić reakcje człowieka w fazie ostrej od reakcji w czasie późniejszych okresów adaptacji. Osiągane korzyści przygotowania będące następstwem treningu w górach są następujące: zwiększony transport tlenu do mięśni, udoskonalenie funkcji krwi związanej z transportem tlenu, zwiększenie wydolności tlenowej, wpływającej na wzrost buforowej zdolności mięśni i krwi.

SŁOWA KLUCZOWE: trening wysokogórski, wytrzymałość, zdolności kondycyjne

WSTĘP

Globalizacja sportu, oprócz wymiaru promocyjnego, kulturowego oraz koniunkturalnego niesie za sobą konieczność częstych i szybkich zmian środowiska geograficznego, w którym przychodzi rywalizować sportowcom podczas imprez najwyższej rangi. Zmiany stref czasowych, wysokości nad poziomem morza (naturalna hipoksja), stref klimatycznych (temperatura, wilgotność powietrza) powodują, że teoretycy i praktycy sportu zmuszeni są do poszukiwań w zakresie dobrego przygotowania sportowców do występów w każdych warunkach. Arbitralnie należy stwierdzić, iż jest to wymóg obecnych czasów. Naukowcy i trenerzy, korzystając z doświadczeń opartych na wiedzy wcześniejszych pokoleń stale udoskonalają technologię treningu, pomimo że proces ten jest wyjątkowo złożony i trudny z powodu ograniczonych możliwości predyspozycji i zdolności adaptacyjnych sportowców. Współczesna struktura treningu, w tym obciążenia treningowe i startowe

w różnych dyscyplinach sportu, osiągnęły już swoje najwyższe wielkości i znajdują się na granicy możliwości adaptacyjnych organizmu. Przyczyną tego stanu rzeczy jest stale rosnąca i zaostrzająca się rywalizacja. Wybitni teoretycy i praktycy sportu zalecają dużą ostrożność przy tworzeniu programów treningowych, gdyż następstwa popełnionych błędów mogą mieć groźne w skutkach konsekwencje dla organizmu sportowców, zaczynając od obniżenia efektywności treningu oraz osiąganych wyników sportowych, do patologicznych zmian w ustroju zawodników włącznie.

Zachowanie organizmu sportowca w terenach położonych wysoko nad poziomem morza, stało się inspiracją licznych przemyśleń w środowisku sportowym. Na przestrzeni ostatnich trzydziestu lat trening w warunkach wysokogórskich był przedmiotem zainteresowania naukowców i trenerów¹. Dokonując przeglądu literatury można dostrzec, że trening wysokościowy rozpatrywany jest jako efektywny i aprobowany instrument wyjątkowo silnie wspierający poziom przygotowania zawodników, natomiast naukowcy zajmujący się fizjologią sportu wskazali na minimalną przewagę tego sposobu szkolenia nad poprawnie prowadzonym treningiem w warunkach nizinnych².

Z praktycznego punktu widzenia pozytywne doświadczenia trenerów i wysokokwalifikowanych zawodników dały mocne argumenty świadczące o korzyści treningu w warunkach wysokogórskich. Fakt ten spowodował, że wielu sportowców włącza w całoroczny plan treningowy, zarówno latem jak i zimą trening wysokościowy w warunkach zwiększonej hipoksji w celu uzyskania „przewagi konkurencyjnej”, przynoszącej sukces na zawodach najwyższej rangi. Obserwując aktualne wyniki sportowe na poziomie olimpijskim można zauważyć, że różnice w osiąganych rezultatach wynoszą około 0,5%³. Toteż trening w warunkach wysokogórskich włącza

¹ U. Fuchs, M. Reiss *Hohentraining. Das Erfolgsrezept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990; N. Terrados, E. Jansson, C. Sylven et al. *Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?* *Jurnal of Applied Physiology*, 68. 1990. s. 2369-2372; V. Issurin, V. Shkliar, L. Kaufman. *Concept of the modern training in medium height mountains: ergogenic effect and methodical principles of training*. *Sport Science*. Vilnius, 4 (26), 2001. s. 4-18; R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (9). 2007. s. 1610-1624.

² W.D. McArdle, F. Katch, V. Katch. *Exercise physiology*. Philadelphia/London: Lea & Febiger, 1991; J. Wilmore, D. Costill. *Training for sport and activit. Physiological basis of the conditioning process*. Champaing Il. Human Kinetics, 1993.

³ R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (9). 2007. s.1610-1624.

się w plan treningowy wielu zawodników w dyscyplinach indywidualnych jak również w zespołowych grach sportowych⁴.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie podstawowych zasad dotyczących treningu w warunkach wysokogórskich, odnoszące się do planowania programów treningowych dla zawodników różnych dyscyplin, uwzględniając specyfikę i wymagania współczesnego sportu.

Rozpoczęcie badań naukowych z zakresu treningu wysokogórskiego było ściśle związane z międzynarodowymi imprezami sportowymi, odbywającymi się w warunkach średniej wysokości, jak np.: Igrzyska Panamerykańskie w 1955 roku w Meksyku (2300 m n.p.m.), zimowe Igrzyska Olimpijskie w Squaw Valley (2000 m. n.p.m.) w 1960 roku, a w szczególności letnie Igrzyska Olimpijskie w Meksyku w 1968 roku.

Początkowo badania i pilotażowe projekty koncentrowały się na opracowaniu racjonalnych programów treningowych w warunkach średniej wysokości, dla zawodników mających startować na zawodach przeprowadzanych wysoko nad poziomem morza. Po zgromadzeniu odpowiedniej wiedzy udoskonalono metody treningowe, a także pojawiły się programy systematycznych treningów na średniej wysokości, mające na celu osiągnięcie lepszego sportowego rezultatu na wysokości poziomu morza. Trening prowadzony w warunkach wysokogórskich od dawna inspirował przede wszystkim przedstawicieli nauki. Z praktycznego punktu widzenia, pozytywne doświadczenia znanych trenerów, wysokiej klasy sportowców, korzystających z treningu wysokogórskiego dają silne argumenty za jego stosowaniem. Obecnie, jest on często wliczany w proces treningu przygotowawczego znanych sportowców, szczególnie w dyscyplinach wytrzymałościowych oraz wytrzymałościowo-siłowych.

1. WYSOKOGÓRSKIE WARUNKI TRENINGOWE JAKO CZYNNIK DETERMINUJĄCY WYTRZYMAŁOŚĆ

Analiza warunków panujących wysoko nad poziomem morza wskazuje, że na rozwój wytrzymałości w tych warunkach mają istotny wpływ dwa podstawowe czynniki: aerodynamika i fizjologia.

Gęstość powietrza maleje wraz ze wzrostem wysokości, przykładowo: na wysokości 2200 metrów (wysokość Meksyku) jest w przybliżeniu

⁴ H.K. Rusko, A. Lappavuori, P. Makela et al. *Living high, training low: A new approach to altitude training at sea level I athletes*. Med.Sci. Sports. Exerc, 27 (5). 1995. s. 6; R. Wilber. *Altitude training and athletic performance*. Human Kinetics, Champaign, IL, 2004.

o 20% mniejsza niż na poziomie morza. Spadek gęstości powietrza i odpowiadające temu zmniejszenie się aerodynamicznego oporu pozwala osiągać lepsze wyniki szczególnie w konkurencjach szybkościowych. Rezultaty sprinterów odnotowane podczas Igrzysk Olimpijskich w Meksyku potwierdziły tę tezę. Zwycięzcy sprintów masowo poprawili rekordowe rezultaty, a w skoku w dal rekord świata został poprawiony przez Boba Beamona aż o 55cm!

W odróżnieniu od korzystnego czynnika aerodynamicznego, wpływ wysokości na fizjologiczne procesy jest negatywny, przede wszystkim z powodu obniżenia parcjalnego ciśnienia tlenu w powietrzu. Obniżona zawartość tlenu w istotny sposób obniża zdolności aerobowe sportowców, zaraz po przybyciu w góry. Objasnić ten fakt można tym, że niższa zawartość tlenu w atmosferze zmniejsza nasycenie nim krwi, a co za tym idzie pogarsza jego transport do tkanek mięśniowych. W trakcie wykonywania długotrwałych ćwiczeń na wysokości, gdzie dostawa tlenu do organizmu ma duże znaczenie, sportowcy osiągają gorsze wyniki, czego przykładem były rezultaty osiągane przez sportowców w niektórych dyscyplinach podczas Igrzysk Olimpijskich w Meksyku. W takiej sytuacji czynnik adaptacji w warunkach wysokogórskich jest nadzwyczaj istotny dla sportowców występujących w biegach na średnich oraz długich dystansach i innych konkurencjach wytrzymałościowych. Mieszkańcy terenów wysokogórskich (szczególnie tam urodzeni), mają dużą przewagę w cyklu dostarczania i wykorzystania tlenu nad przybyszami z nizin. Należy zaznaczyć, że na IO w Meksyku złote i srebrne medale w biegach na 5000, 10000 m, maratonie i w biegu z przeszkodami na 3000 m zdobyli mieszkańcy krajów mogących trenować w warunkach wysokogórskich: Etiopii, Kenii i Tunezji. Jeszcze przed IO w Meksyku było oczywiste, że współzawodnictwo w wielu dyscyplinach, oprócz szybkościowych wymaga uprzedniego treningu wysokogórskiego. Po tych igrzyskach zwrócono uwagę na wykorzystanie treningu w warunkach wysokogórskich w przygotowaniu sportowców do występów na poziomie morza.

2. PODSTAWY ADAPTACJI DO WARUNKÓW WYSOKOGÓRSKICH

Reakcje sportowców na przebywanie w górach powodowane są obniżonym ciśnieniem atmosferycznym, mniejszą zawartością tlenu w powietrzu oraz innymi czynnikami, takimi jak: większe nasłonecznienie i promieniowanie ultrafioletowe, jonizacja powietrza, skrajnie niskie i wysoka tem-

peratura, wilgotność. Tradycyjnie, czas przebywania i długość treningu w górach łączy się z wykorzystaniem hipoksji, jednakże należy pamiętać, że czynniki ekologiczne wpływają na reakcje sportowców, głównie wtedy gdy występują równocześnie. Efekt przebywania w warunkach wysokogórskich można osiągnąć na wysokościach od 1600 do 2600 m. n.p.m.

Mając na uwadze wyjątkowo złożony problem ostrej trwającej od kilku godzin do kilku dni, reakcji sportowców na początkowe przebywanie w warunkach wysokogórskich oraz długotrwałej reakcji trwającej od dwóch do pięciu tygodni często jeszcze dłużej, przedstawiono sposoby adaptacji organizmu do zastanych warunków otoczenia (tab. 1).

TAB. 1. REAKCJE NA POBYT I TRENING W WARUNKACH WYSOKOGÓRSKICH⁵

Funkcja fizjologiczna	Reakcja krótkotrwała	Reakcja długotrwała
Wentylacja płuc (MV)	Wzrost wentylacji płuc na skutek mniejszej zawartości tlenu	Wentylacja płuc pozostaje zwiększona
Częstotliwość skurczów serca (HR)	Wzrost częstotliwość skurczów serca w spoczynku i w czasie ćwiczeń; obniżenie znaczenia maksymalnej częstości skurczów serca	Powrót częstotliwości skurczów serca w spoczynku i w czasie ćwiczeń do poziomu zaobserwowanego przy rozpoczęciu treningu wysokogórskiego; maksymalna częstość skurczów serca zmniejsza się
Pojemność minutowa serca (Q)	Zmniejszenie pojemności minutowej serca w spoczynku i w czasie szczególnie intensywnego wysiłku	Powrót pojemności minutowej serca w spoczynku i w czasie wysiłku do poziomu zaobserwowanego w czasie rozpoczęcia treningu wysokogórskiego
Objętość wyrzutowa serca (SV)	Obniżenie objętości wyrzutowej serca w spoczynku i w czasie szczególnie intensywnego wysiłku	Powrót objętości wyrzutowej serca w spoczynku i w czasie wysiłku do poziomu zaobserwowanego w czasie rozpoczęcia treningu wysokogórskiego

⁵ W.D. McArdle, F. Katch, V. Katch. *Exercise physiology*. Philadelphia/London: Lea & Febiger, 1991; G.A. Brooks, T.D. Fahey, T.P. White *Exercise physiology. Human bioenergetics and its applications*. Mayfield Publisher. London. 2004; R. Wilber. *Current trends in altitude training*. Sports Medicine 31 (4). 2001. s.249-265.

Zakwaszenie krwi	Zwiększona akumulacja kwasu mlekowego po wysiłku i po maksymalnie intensywnym wysiłku	Zmniejszona ilość kwasu mlekowego po wysiłku i po maksymalnie intensywnym wysiłku w porównaniu z poziomem z początku treningu wysokościowego
Poziom zdolności aerobowych	Redukcja maksymalnego zużycia tlenu do 1 procenta na każde 100 metrów zwiększania wysokości	Wzrost aktywności oksydacyjnej enzymów mitochondrialnych; powrót maksymalnego zużycia tlenu prawie do poziomu zaobserwowanego w czasie rozpoczęcia treningu wysokogórskiego
Wydolność tlenowa	Hipoksja przyspiesza procesy glikolityczne i glikogenolityczne	Podwyższenie buforowych możliwości mięśni podnosi wydolność tlenową
Reakcja hormonalna	Podwyższony poziom sekrecji katecholamin; wyrzut EPO, która stymuluje produkcję erytrocytów i hemoglobiny	Podwyższony poziom kortyzolu, który wskazuje na stresową reakcję i oddziałuje na katabolizm tkanki mięśniowej
Reakcja hematologiczna	Objętość plazmy i ogólna objętość krwi zmniejsza się zaraz po wznoszeniu się na wysokość.	Wzrost ogólnej objętości krwi, ilości erytrocytów i masy hemoglobiny
Mięśnie szkieletowe		Wzrost gęstości kapilar mięśniowych; możliwe zmniejszenie masy mięśniowej na skutek katabolicznego działania kortyzolu oraz obniżenie syntezy białek
Gospodarka wodno-elektrolitowa	Tendencja do odwodnienia na skutek wzmożonej, zintensyfikowanej funkcji oddychania i utraty płynów z moczem zachwiana termoregulacja organizmu	Zużycie płynów może sięgać czterech – pięciu litrów na dzień
System immunologiczny	Zwiększone ryzyko infekcji górnych dróg oddechowych	Zwiększony poziom hormonów stresu (katecholamin, kortyzolu) osłabiają funkcję odpornościową organizmu

Zmiany fizjologiczne spowodowane przebywaniem i treningiem w warunkach wysokogórskich są znaczne. Wdychanie powietrza z niską zawartością tlenu wywołuje podrażnienie chemoreceptorów i wzrost wentylacji

płuc. Dzięki wzmożonej wentylacji do organizmu dostarczana jest taka sama ilość tlenu jak na poziomie morza zarówno w spoczynku jak i w czasie wysiłku. Objętość osocza krwi zmniejsza się zaraz po przybyciu w wysokie tereny; w ciągu tygodnia lub dłużej wraca ona do poziomu z początku treningu wysokogórskiego lub je przekracza. Częstotliwość skurczów serca w spoczynku i w czasie wykonywania umiarkowanych obciążeń treningowych zwiększa się proporcjonalnie do zmniejszania ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi tętniczej. Dodatkową przyczyną zwiększania się częstotliwości skurczów serca może być także wzmożony transport katecholamin do krwi (głównie adrenaliny), który występuje szczególnie w pierwszym okresie pobytu w górach. Pojemność minutowa serca w spoczynku i w trakcie wykonywania umiarkowanych obciążeń treningowych zmniejsza się istotnie w przeciągu pierwszych dwóch dni. W przeciągu kilku kolejnych dni wraca ona do poziomu z początkowego okresu pobytu i treningu wysokogórskiego. Tak więc w ciągu kilku dni pierwszych dni częstość skurczów serca zwiększa się wyraźnie, a wyrzut serca obniża zarówno w spoczynku jak i w trakcie wykonywania różnych obciążeń treningowych⁶. Jedną z ważnych następstw hipoksji jest zmniejszenie ukrwienia nerek, co stymuluje syntezę erytropoetyny (EPO) – hormonu, wpływającego na produkcję erytrocytów i hemoglobiny. Zwiększona koncentracja EPO powoduje syntezę dodatkowych erytrocytów i hemoglobiny. Proces ten trwa około 5–7 dni. Z tym wyraźnym wzrostem zdolności krwi do transportu tlenu łączy się wzrost aerobowych zdolności sportowców. Zmiany te uświadamiają znaczenie zmniejszania maksymalnego poboru tlenu w czasie ostrej reakcji zachodzącej z powodu przebywania na wysokości i jego postępujące zwiększanie w procesie aklimatyzacji. W ciągu pierwszych dni hipoksja przyspiesza reakcje glikolityczne i rozbitcie glikogenu. W tym czasie poziom progu aerobowego istotnie się zmniejsza, zmniejsza się również odpowiednia intensywność pracy na poziomie przemian progu aerobowego. Zmienia się także reakcja metaboliczna przy wykonywaniu zwykłych czynności ruchowych – zaobserwowano nagły wzrost zakwaszenia krwi. W trakcie dalszej aklimatyzacji zwiększa się pojemność buforowa mięśni, która zapobiega nadmiernej acidozie (spadek pH) w czasie wykonywania treningów z dużym obciążeniem. Treningi wysokościowe z dużym obciążeniem, trwające dłużej niż tydzień, prowa-

⁶ R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (9). 2007. s.1610-1624.

dzą do zwiększonej sekrecji kortyzolu, stymulującej kataboliczne reakcje, mogące prowadzić do zmniejszenia masy tkanki mięśniowej⁷. Kolejnym skutkiem podwyższonego poziomu kortyzolu jest osłabienie systemu odpornościowego i pojawienie się ryzyka powstania infekcji górnych dróg oddechowych. Zaraz po przybyciu w góry wzmożony proces oddychania i utrata płynów może prowadzić do odwodnienia organizmu, dlatego w należy znacznie zwiększyć ilość spożywanych płynów – do 4–5 litrów na dobę.

Na przestrzeni kilkudziesięciu lat korzyści treningu wysokościowego wiązano przede wszystkim z zmianami hematologicznymi, czyli z lepszą dostawą tlenu do mięśni. Zmiany te jednak są przejściowe i szybko po powrocie na poziom morza – w ciągu kilku dni erytrocyty i hemoglobina wracają do poziomów odpowiednich do zaobserwowanych na początku treningu wysokościowego. Drugą korzyścią jest podwyższenie zdolności do wysiłku – udoskonalenie aerobowych możliwości w skutek zwiększenia buforowej pojemności mięśni i krwi, kolejną udoskonalenie wewnątrzkomórkowych adaptacji mięśni, w tym zwiększenie liczby mitochondriów w komórkach⁸. Ten czynnik był jednak mniej badany i rzadziej uwzględniany w publikacjach naukowych. Ogólnie uznano, że trening w warunkach wysokogórskich prowadzi do zwiększenia możliwości transportu tlenu do mięśni⁹. Korzystne zmiany zachodzą także w mikrostrukturze tkanki mięśniowej¹⁰.

Prezentacja krótko i długotrwałych reakcji organizmu sportowca w czasie przebywania i treningu w górach ujawnia duże trudności, związane z planowaniem przygotowaniem i prowadzeniem treningu, podczas gdy wymierne korzyści treningu wysokościowego pozostają jeszcze trudne do oszacowania. Zatem wielce uzasadnione wydaje się być postawienie

⁷ V. Issurin, V. Shkliar, L. Kaufman. *Concept of the modern training in medium height mountains: ergogenic effect and methodical principles of training*. Sport Science. Vilnius, 4 (26), 2001. s. 4-18.

⁸ M. Vogt, H. Hoppeler *Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?* Progress in Cardiovascular Diseases. 2010; 52.s. 525-533.

⁹ M.C. Mizuno, T. Juel, E. Bro-Rasmussen et al. *Limb skeletal muscle adaptations I athletes after training at altitude*. Journal of Applied Physiology, 68. 2001. s. 496-502.

¹⁰ N. Terrados, E. Jansson, C. Sylven et al. *Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?* Journal of Applied Physiology, 68. 1990. s. 2369-2372; M. Vogt, H. Hoppeler *Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?* Progress in Cardiovascular Diseases. 2010; 52.s. 525-533.

pytania: Jakie korzyści daje trening w warunkach wysokogórskich? Choć odpowiedź na to pytanie wydaje się być oczywista dla dużej części trenerów, jest ona bardzo problematyczna dla fizjologów¹¹. Tym niemniej, ilość sportowców trenujących w górach, a także ilość ośrodków treningowych położonych wysoko w górach stale się zwiększa. Wielu sportowców, przedstawicieli różnych dyscyplin sportowych, jak np. Alexander Popov, Michael Phelps (pływanie), Lance Armstrong (kolarstwo) w swoich programach treningowych systematycznie korzysta z przygotowania w warunkach wysokościowych.

Były też przypadki, że niektórzy sportowcy np. w grach zespołowych zrezygnowali z przygotowania w warunkach wysokościowych. Trenerzy rozwiązali ten problem, dzieląc sportowców na mających wysoki i niski poziom pozytywnej reakcji na warunki wysokościowe, wykluczając tych ostatnich z programu treningu w górach. Takie praktyczne podejście wydaje się być w pełni zgodne z badaniami naukowymi, potwierdzającymi to, że sportowców źle znoszących trening w warunkach górskich można rozpoznać po ich hematologicznej reakcji, jak również po tempie polepszania sportowego poziomu¹². Dodatkowe argumenty przemawiające za tą koncepcją można znaleźć w badaniach genetycznych człowieka. Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci naukowcy przeprowadzili wiele badań genetycznych, aby określić, różnice pomiędzy sportowcami wysokiej klasy i nie uprawiającymi sportu w częstości występowania genotypów. Wykazano, że 14 chromosom człowieka zawiera indukowany hipoksją gen – Hiv1a, który reguluje syntezę i sekrecję EPO, moduluje transport glukozy, aktywność enzymów glikolitycznych oraz immunologiczną i metaboliczną odpowiedź organizmu w czasie przebywania i treningu w górach¹³. U sportowców z genetycznym podłożem do korzystnej reakcji na hipoksję daje

¹¹ W.D. McArdle, F. Katch, V. Katch. *Exercise physiology*. Philadelphia/London: Lea & Febiger, 1991; J. Wilmore, D. Costill. *Training for sport and activity. Physiological basis of the conditioning process*. Champaign Il. Human Kinetics, 1993.

¹² R.F. Chapman, J. Stray-Gundersen, B.D. Levine. *Individual variation in response to altitude training*. Journal of Applied Physiology 85 (4). 1998, s. 1448-1456.

¹³ S. Witowski, J. Chen, R.L. Stray-Gundersen, et al. *Genetics markers for erythropoietic responses to altitude*. Med. Sci. Sports. Exerc, 34 (Suppl. 5): 2002. s. 246; R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 39 (9). 2007. s.1610-1624; M. Vogt, H. Hoppeler *Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?* Progress in Cardiovascular Diseases. 2010; 52.s. 525-533.

się zaobserwować o wiele wyższą koncentrację EPO¹⁴. Sportowcy ci prezentowali również dużo korzystniejsze zmiany w systemie krwionośnym, wywołane treningiem w warunkach wysokogórskich. Należy zaznaczyć, że badania efektywności kształtowania zdolności kondycyjnych w warunkach wysokogórskich dały bardzo różne rezultaty. Wyniki niektórych badaczy nie wykazały pozytywnych zmian w obszarze fizjologicznych wskaźników (hematologicznych, pojemność tlenowa krwi) ani polepszenia sportowego wyniku. Te sprzeczności, można częściowo wyjaśnić koncepcją dzielenia sportowców na wykazujących wysoki i niski poziom pozytywnej reakcji na przygotowanie kondycyjne w warunkach wysokościowych. Z tego punktu widzenia, interesującym, jest analiza rezultatów otrzymanych w grupie składającej się tylko z sportowców z wysoką, pozytywną reakcją. Przytoczone powyżej przykłady potwierdzają, że sportowcy o wysokiej, pozytywnej reakcji na trening w warunkach wysokogórskich, osiągają założone korzyści przygotowania kondycyjnego.

Na podstawie przeglądu literatury można wskazać wpływ treningu wysokogórskiego na zdolności kondycyjne (tab. 2).

TAB. 2. ROLA TRENINGU WYSOKOGÓRSKIEGO NA KSZTAŁTOWANIE ZDOLNOŚCI KONDYCYJNYCH WYKORZYSTYWANYCH W ZWODACH SPORTOWYCH NA POZIOMIE MORZA¹⁵

Korzyści	Uwagi
Zwiększony transport tlenu do mięśni	Dużo niższa zawartość tlenu w powietrzu atmosferycznym wpływa na syntezę hormonu erytropoetyny (EPO), który stymuluje produkcję dodatkowych czerwonych krwinek i hemoglobiny, zapewnia lepszą dostawę tlenu do mięśni; ogólna objętość krwi również się powiększa.

¹⁴ S. Witovski, J. Chen, R.L. Sray-Gundersen, et al. *Genetics markers for eritropojetic responses to altitude*. Med. Sci. Sports. Exerc, 34 (Suppl. 5): 2002. s. 246.

¹⁵ B. Ekholm, B. Berglund *Effect of erythropoietin administration on maximal aerobic power*. Scand. Journ. Med. Sci. Sports, 1; 1991. s.88-93; N. Terrados, E. Jansson, C. Sylven et al. *Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?* Jurnal of Applited Physiology, 68. 1990. s.2369-2372; M.C. Mizuno, T. Juel, E. Bro-Rasmussen et al. *Limb skeletal muscle adaptations I athlets after training at altitude*. Jurnal of Applited Physiology, 68. 2001. s.496-502; J.C. Gore. *Hematological and non-hematological effects of altitude training*. Materiały z USOC Itrenational Altitude Training Symposium „Hipoksja w teorii i praktyce. Modele treningu wysokościowego” Colorado Springs, 21-23.10.2009.

Zwiększona utylizacja tlenu w komórkach mięśniowych	Trening wysokościowy zwiększa koncentrację mioglobiny, zwiększona kwasica metaboliczna oraz ilość mitochondriów; wzrasta kapilaryzacja tkanki mięśniowej.
Zwiększona pojemność tlenowa na skutek zwiększenia się buforowych możliwości mięśni i krwi	Trening wysokościowy zwiększa zdolności krwi i mięśni do wiązania nadmiaru jonów wodorowych i zapobiega acidozie; w rezultacie aerobowe możliwości sportowców wzrastają.

Ocena zalet treningu w warunkach wysokogórskich wymaga także krytycznych uwag. Niestety, wskaźniki zwiększonej ilości erytrocytów i wzrostu masy hemoglobiny obniżają się po powrocie na poziom morza¹⁶, a postępująca normalizacja objętości krwi trwa od dwóch do czterech tygodni. Można przypuścić, że krew niektórych sportowców skuteczniej transportuje tlen przez długi okres czasu, niż krew innych, u których te korzyści zanikają szybciej. Te potencjalne korzyści, można prawdopodobnie wytłumaczyć lepszymi wewnątrzkomórkowymi mechanizmami adaptacji tkanki mięśniowej, co uzyskuje się dzięki treningowi wysokościowemu.

Zwiększona pojemność aerobowa na poziomie morza to realna korzyść treningu w górach; pomaga zrozumieć, dlaczego w ciągu ostatnich trzech dziesięcioleci duża liczba wysokiej klasy sprinterów (biegacze na 400 m, itd.) korzystała z przygotowania w warunkach wysokogórskich.

3. ZAŁOŻENIA I ZASADY TRENINGU W WARUNKACH WYSOKOGÓRSKICH

Fizjologiczna reakcja na trening w górach zasadniczo różni się od tej na poziomie morza, dlatego programy dotyczące treningu wysokościowego powinny zawierać istotne różnice. Powinny one nie przekraczać granicy biologicznej adaptacji, z drugiej strony powinny one zapewniać osiągnięcie zaplanowanego sportowego efektu. Dlatego niezbędne jest stosowanie odpowiednich ogólnych i metodologicznych zasad oraz właściwych zaleceń, opracowanych na podstawie obserwacji trenerów i empirycznych wyników badań zgromadzonych na przestrzeni ostatnich lat.

¹⁶ J. Wilmore, D. Costill. *Training for sport and activit. Physiological basis of the conditioning process*. Champaing Il. Human Kinetics, 1993.

Z analizy literatury dotyczącej periodyzacji treningu w warunkach wysokogórskich można dostrzec założenia, które mają pierwszorzędne znaczenie w sprecyzowaniu ogólnego celu. Wybitni praktycy jak i naukowcy proponują wybrać jeden z trzech wariantów:

- trening wysokościowy przeznaczony do przygotowania sportowców do zawodów przeprowadzanych w warunkach górskich,
- efekty treningu wysokościowego wykorzystywane we współzawodnictwie na poziomie morza,
- trening wysokogórski przeprowadzany dla urozmaicenia i aktywizacji procesu treningowego.

Mając określony ogólny cel, szczególną uwagę należy skierować na dobór i selekcję sportowców, którzy pozytywnie reagują na trening wysokościowy. Decyzja o włączeniu sportowca w taki program powinna być podjęta z uwzględnieniem indywidualnych reakcji zawodnika, poprzedzona treningiem próbnym na wysokości i wynikami badań medycznych. W kolejnym etapie szczególnie ważne jest zaplanowanie programu treningowego, dopasowanego do faz aklimatyzacji wysokogórskiej. Na długość trwania każdej z faz wpływają warunki przebywania w górach (wysokość nad poziomem morza, klimat, pogoda itd.) i indywidualne cechy sportowców (poprzednie wyniki treningu wysokościowego, wysokość, masa ciała, masa mięśniowa oraz zdolności aerobowe). Ostatnim, najważniejszym założeniem jest planowanie programu treningowego po zakończeniu przebywania na wysokości z uwzględnieniem faz reaklimatyzacji na poziomie morza. Ta zasada, dotyczy także uczestnictwa w zawodach oraz korzystania z efektu podwyższenia zdolności do wysiłku po treningu w warunkach górskich. Pierwsza opisana wyżej zasada dotyczy strategii przygotowania, kiedy trenerzy decydują o udoskonaleniu swojej treningowej koncepcji poprzez włączenie do niej treningu wysokościowego. Według Issurina i Vrijensa istnieją przynajmniej trzy ogólne cele takiego przygotowania i każdy z nich charakterystyczny jest dla odpowiedniego, rocznego planu treningowego¹⁷ (tab. 3).

¹⁷ V. Issurin, V. Shklier, L. Kaufman. *Concept of the modern training in medium height mountains: ergogenic effect and methodical principles of training*. Sport Science. Vilnius, 4 (26), 2001. s. 4-18.

TABELA. 3. CELE I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TRENINGU WYSOKOGÓRSKIEGO PROWADZONEGO W RAMACH ROCZNEGO CYKLU PRZYGOTOWAŃ SPORTOWCÓW¹⁸

Cel treningu wysokościowego	Typ mezocyklu	Ilość obozów treningowych w warunkach wysokościowych	Całkowity czas przebywania w górach
Przygotowanie do zawodów na poziomie morza	Bazowy Przejściowy	2-3	35-60 dni
Przygotowanie do zawodów na wysokości	Bazowy Przejściowy Przedstartowy	3-4	50-100 dni
Urozmaicenie rocznego przygotowania i jego udoskonalenie	Bazowy	1-2	15-25 dni

Wykorzystanie treningu w warunkach wysokogórskich do podwyższenia zdolności kondycyjnych na poziomie morza, zakłada pojawienie się potencjalnych fizjologicznych korzyści, które przedstawiono w tabeli 2. Z punktu widzenia fizjologii, jak i teorii sportu ważne jest kontrolowanie reakcji sportowca, równocześnie z uprzednim przygotowaniem go do nietypowych obciążeń treningowych oraz zmieniających się warunków. Można założyć, że wykorzystanie fizjologicznych korzyści w dużym stopniu determinuje i „zapowiada” reakcję na proces treningowy w trakcie każdego, kolejnego uczestnictwa w treningach wysokościowych. W związku z tym systemy treningowe, wykorzystujące efekt przygotowania wysokościowego opracowane w wielu krajach, między innymi w Rosji, Niemczech, USA, zakładają ściśle przestrzeganie zasady włączenia w proces ogólnego przygotowania sportowego – 2 lub 3 obozów w warunkach wysokościowych. Druga zasada odnosi się do koncepcji dzielenia sportowców na mających

¹⁸ V. Issurin, J. Vrijens *Altitude training in elite sport*. *Flamish Journal for Sports Medicine and Sport Science*, 7, (66). 1996. s. 24-41.

wysoki i niski poziom pozytywnej reakcji na trening wysokogórski¹⁹. Dokonanie takiego podziału, może być zrealizowane z wykorzystaniem obiektywnych, naukowych metod albo za pomocą właściwych dla poszczególnych dyscyplin wskaźników. Ocena wpływu treningu wysokościowego na sportowca wymaga odbycia przez niego 1–2 obozów w warunkach wysokogórskich, gdzie można określić jego indywidualną reakcję na tego typu obciążenia. Praktyka wskazuje na to, że większość wysokiej klasy sportowców, szczególnie reprezentujących sporty wytrzymałościowe, pozytywnie reaguje na trening w górach. Jednakże, z drugiej strony, u tych samych sportowców często obserwuje się zróżnicowaną i zmienną reakcję. Najbardziej wpływowym czynnikiem adaptacji jest doświadczenie zgromadzone w czasie poprzednich obozów. Sportowcy mający duże doświadczenie związane z treningiem wysokościowym szybciej i lepiej przewyciężają trudności początkowego okresu aklimatyzacji. Taka „przyspieszona” adaptacja osiągnana jest dzięki fizjologicznym czynnikom oraz bardziej racjonalnym zachowaniem w czasie treningu i w okresie odpoczynku. W trakcie uczestnictwa w pierwszym treningowym obozie u młodych sportowców (18–21 lat) zwykle obserwuje się stosunkowo korzystną reakcję na obciążenia. Dodatkowymi zaletami w początkowej fazie adaptacji jest mniejsza masa mięśniowa i wyższa pojemność tlenowa. Te dwa czynniki zwykle decydują o reakcji sportowców²⁰. Tradycyjnie, przygotowanie w warunkach górskich uważa się za odpowiednie dla sportowców reprezentujących sporty wytrzymałościowe²¹. W rzeczywistości jednak liczba dyscyplin sportu, w których korzysta się z tego rodzaju treningu jest dużo większa. Uważa się, że sportowcy z dyscyplin szybkościowo-siłowych również mogą wykorzystać trening wysokościowy.

¹⁹ R.F. Chapman, J. Stray-Gundersen, B.D. Levine. *Individual variation in response to altitude training*. Journal of Applied Physiology 85 (4). 1998, s. 1448–1456.

²⁰ M. Reiss. *Hauptrichtungen des Einsatzes und der Methodik des Hohentraining in den Ausdauersportarten*. Leistungssport, 4. 1998. s. 21–28; H.K. Rusko, A. Lappavuori, P. Makela et al. *Living high, training low: A new approach to altitude training at sea level I athletes*. Med.Sci. Sports. Exerc, 27 (5). 1995. s. 6; R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 39 (9). 2007. s. 1610–1624.

²¹ H.K. Rusko, A. Lappavuori, P. Makela et al. *Living high, training low: A new approach to altitude training at sea level I athletes*. Med.Sci. Sports. Exerc, 27 (5). 1995. s. 6; M. Reiss. *Hauptrichtungen des Einsatzes und der Methodik des Hohentraining in den Ausdauersportarten*. Leistungssport, 4. 1998. s. 21–28.

TAB. 4. PROPONOWANE OBCIĄŻENIA TRENINGOWE I TYPY MEZOCYKLI WYKORZYSTYWANE W PRZYGOTOWANIU KONDYCYJNYM W WARUNKACH WYSOKOGÓRSKICH²²

Możliwe obciążenia treningowe	Typ mezocyklu	Uwagi
Ogólne fizyczne przygotowanie, aerobowe obciążenia niskiej lub średniej intensywności, ćwiczenia ukierunkowane.	Bazowy	Przeznaczany głównie do wykorzystania na początku sezonu
Ćwiczenia wokół anaerobowego progu, obciążenia na maksymalną siłę albo z aerobowo-siłową wytrzymałością, próg mleczanowy.	Bazowy	Przeznaczany głównie do wykorzystania w środku sezonu
Ćwiczenia kształtujące wytrzymałość aerobowo-anaerobową i ćwiczenia anaerobowe, glikolityczne specyficzne dla danej dyscypliny, obciążenia kształtujące wytrzymałość anaerobowo-siłową	Przejściowy	Może być wykorzystany tylko po dostatecznej aklimatyzacji
Przygotowanie ogólne, specyficzne dla poszczególnych dyscyplin	Bazowy	Planowany jako początkowa faza etapu kończącego przygotowanie
Ścisłe przygotowanie przed zawodami: specyficzne dla poszczególnych dyscyplin, imitujące ćwiczenia i ćwiczenia na maksymalną szybkość razem z pełną odbudową.	Przedstartowy	Może być wykorzystywany przed zawodami odbywającymi się w warunkach wysokogórskich

²² V. Issurin, J. Vrijens *Altitude training in elite sport*. *Flamish Journal for Sports Medicine and Sport Science*, 7, (66). 1996. s. 24-41; V. Issurin, V. Shkliar, L. Kaufman. *Concept of the modern training in medium height mountains: ergogenic effect and methodical principles of training*. *Sport Science*. Vilnius, 4 (26), 2001. s. 4-18.

4. PLANOWANIE PROGRAMU TRENINGOWEGO W ODNIESIENIU DO FAZ AKLIMATYZACJI W WARUNKACH WYSOKOGÓRSKICH

Aklimatyzacja górską to bardzo złożony proces, na który wpływają: środowisko oraz czynniki fizjologiczne, metodologiczne i indywidualne. Mimo złożoności tego procesu i różnorodność indywidualnych reakcji, można wymienić trzy różne fazy takiej aklimatyzacji (tab.5).

TAB. 5. FAZY AKLIMATYZACJI GÓRSKIEJ I ICH OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA²³

Faza	Reakcja sportowców	Czas trwania
Ostra	Zwiększenie częstości skurczów serca w spoczynku i w trakcie wykonywania ćwiczeń. Istotne obniżenie się szybkości progu anaerobowego. Zwiększona akumulacja kwasu mlekowego w czasie wykonywania ćwiczeń o umiarkowanej intensywności.	3-7 dni
Przejsiowa	Standardowa reakcja na obciążenia o niskiej i umiarkowanej intensywności. Wzrost częstotliwości skurczów serca i wzrost stężenia kwasu mlekowego w trakcie wykonywania intensywnych ćwiczeń. Wzrost wentylacji płuc.	3-5 dni
Stabilizacyjna	Standardowa reakcja na obciążenia o niskiej, umiarkowanej i wysokiej intensywności. Standardowe stężenie kwasu mlekowego przy wykonywaniu intensywnych ćwiczeń. Zwiększona ilość erytrocytów i większa masa hemoglobiny.	dalsze przebywanie

Faza ostra aklimatyzacji to okres ograniczonego wysiłku fizycznego. U niedoświadczonych sportowców ten okres może wywołać niepożądane reakcje np. w wyniku nadmiernego wysiłku, mogą nastąpić niekorzystne reakcje fizjologiczne. Takie zaburzenia mogą być związane ze zwiększoną sekrecją katecholamin i z obniżonym poziomem samokontroli. Długotrwałość tej fazy zależy głównie od indywidualnych cech każdego sportowca; zwykle jest ona krótsza u tych sportowców, którzy mają już doświadczenie treningowe zdobyte na obozach w warunkach wysokogórskich.

Faza przejściowa charakteryzuje się większymi możliwościami wysiłkowymi, ale niestabilnymi oraz mniej przewidywalnymi reakcjami spor-

²³ V. Issurin, J. Vrijens *Altitude training in elite sport*. *Flamish Journal for Sports Medicine and Sport Science*, 7, (66). 1996. s. 24-41.

towców. W tej fazie sportowiec może odczuwać nadmierne zmęczenie po stosunkowo niedużych obciążeniach i gorzej kontrolować technikę ruchu. Czas trwania tej fazy także zależy od indywidualnych właściwości, waha się od 6 do 12 dni, dotyczy realizacji treningu z obniżonymi obciążeniami. Należy ze szczególną ostrożnością wykonywać intensywne ćwiczenia anaerobowe, ich przedwczesne stosowanie może negatywnie wpłynąć na proces adaptacji sportowców. W fazie stabilizacji, sportowcy mogą już realizować programy treningowe z dużymi obciążeniami prawie bez ograniczeń (tab. 6).

TAB. 6. OGÓLNE ZAŁOŻENIA SPORZĄDZANIA PROGRAMÓW TRENINGOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM FAZ AKLIMATYZACJI GÓRSKIEJ²⁴

Charakterystyka treningowego procesu	Faza ostra	Faza przejściowa	Faza stabilizacyjna
Typ mikrocyklu	Wprowadzający	Obciążeniowy	Obciążeniowy albo uderzeniowy
Czas trwania mikrocyklu	3-7 dni	3-5 dni	5-7dni
Ilość mikrocyklów	1	1	1-3
Ogólna objętość treningu	zwykła albo o 10-20% mniejsza	Zwykła albo o 5-10% mniejsza	zwykła
Objętość treningu prowadzonego z dużą intensywnością	o 40-60% mniejsza	o 15-30% mniejsza	zwykła
Złożoność koordynacyjna	niska	średnia	zwykła

Program treningowy w fazie ostrej, czyli aklimatyzacji początkowej, różni się od treningu realizowanego na poziomie morza (tab. 6). Próby rozpoczęcia programu treningowego w górach ze standardowym obciążeniem wykorzystywanym na poziomie morza podejmowane były w róż-

²⁴ V. Issurin, J. Vrijens *Altitude training in elite sport*. *Flamish Journal for Sports Medicine and Sport Science*, 7, (66). 1996. s. 24-41.

norodnych dyscyplinach sportu. Najczęściej, rezultatem takiego treningu było obniżenie możliwości wysiłkowych zawodników. W związku z tym sportowcy wolniej przechodzili okres reaklimatyzacji i nie poprawiali swojego poziomu wytrenowania po powrocie na poziom morza. Dlatego pierwszy mikrocykl programu treningowego w warunkach wysokogórskich powinien być zrealizowany z mniejszymi obciążeniami. W czasie fazy przejściowej ogólna objętość treningowa osiąga zaplanowany poziom, ale intensywność wykonywanych ćwiczeń jest niższa. Faza stabilizacji pozwala na dozowanie większych obciążeń treningowych, które w ostatecznym rozrachunku określają kumulacyjne efekty przygotowania wysokościowego. Taki wysoki poziom obciążeń jest utrzymywany prawie do końca pobytu w górach. Jednakże, w czasie ostatnich dwóch dni, obciążenia treningowe powinny być zmniejszone, by ułatwić sportowcom reaklimatyzację na poziomie morza.

Ważnym aspektem jest długość zgrupowań treningowych w warunkach wysokogórskich. Jeśli główny cel przygotowania w górach jest ukierunkowany na uzyskanie najlepszych wyników sportowych na zawodach w warunkach wysokogórskich, to efekt treningu w warunkach wysokościowych powinien być ściśle powiązany ze wzrostem obciążeń treningowych w fazie stabilizacyjnej. Właściwym będzie przedłużenie pracy treningowej w tej fazie do trzech, czterech tygodni. W takim przypadku, czas trwania obozu treningowego wysokogórskiego może wynosić miesiąc lub dłużej. W przypadku chęci przygotowania sportowców do współzawodnictwa na poziomie morza celem treningów wysokogórskich jest osiągnięcie dostatecznego poziomu adaptacji fizjologicznej. Czas trwania takiego obozu wynosi od 20 do 25 dni ²⁵.

Na zakończenie warto wskazać najczęściej popełniane błędy w periodyzacji treningu wysokogórskiego:

- ignorowanie specyficznych warunków panujących w górach (lub niedostateczne branie ich pod uwagę) w czasie planowania i realizacji programu treningowego,
- rezygnacja z odpowiednich do możliwości sportowca obciążeń treningowych w fazie stabilizacji.

²⁵ U. Fuchs, M. Reiss *Hohentraining. Das Erfolgsrezept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990; V. Issurin, V. Shkliar, L. Kaufman. *Concept of the modern training in medium height mountains: ergogenic effect and methodical principles of training*. Sport Science. Vilnius, 4 (26), 2001. s. 4-18.

5. EFEKTY TRENINGU WYSOKOGÓRSKIEGO W OKRESIE POZIOMU REAKLIMATYZACJI

Poziom przygotowania sportowców w górach ma najczęściej na celu osiągnięcie optymalnego wyniku sportowego w okresie reaklimatyzacji. Okres ten jest określony przez co najmniej trzy czynniki (tab.7):

- Pierwszy, to fizjologiczne zmiany zachodzące po powrocie z gór.
- Drugi związany jest z odmiennością obciążeń treningowych po zakończeniu treningu wysokościowego.
- Trzeci sygnalizuje o indywidualnych możliwościach sportowców.

TAB. 7. ZMIANY W POZIOMIE SPORTOWYM I ZDOLNOŚCIACH MOTORYCZNYCH U SPORTOWCÓW W OKRESIE REAKLIMATYZACJI PO TRENINGU WYSOKOŚCIOWYM

Okres	Zmiany w poziomie sportowym i zdolnościach motorycznych
3-10 dzień	Dosłownie: stan przygnębiający; uczestnictwo w zawodach jest nie-rekomendowane*
14-18 dzień	Stąły wzrost poziomu sportowego, możliwość osiągnięcia wysokiego wyniku sportowego**
12-28 dzień	Wzrost ogólnych i specyficznych dla danej dyscypliny reakcji, pomysłne, skuteczne występowanie w zawodach***
37-46 dzień	Wzrost pozostałych wskaźników świadczących o poziomie wytrenowania sportowców; wysokie prawdopodobieństwo pomyslnego występowania na zawodach****

* U. Fuchs, M. Reiss Hohentraining. *Das Erfolgszept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990.

** M. Reiss, U. Fuchs, B. Pfefferkorn et al. Hohentraining und Nachhoheneffect Untersuchungen über ihren Einfluss auf die Dynamics des Trainingszustanden und dir *sportliche Form im Mittelstreckenlauf*. *Theorie und Praxis Leistungssport*, 9: 1969. s. 87-123; J.A. Faulkner, J. Kollias, Favour et al. Maximum aerobic capacity and running *performance at altitude*. *Jurnal of Applited Physiology*, 24; s. 685-691.

*** U. Fuchs, M. Reiss Hohentraining. *Das Erfolgszept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990.

**** V. Issurin, V. Shkliar, L. Kaufman. Concept of the modern training in medium height mountains: *ergogenic effect and methodical principles of training*. *Sport Science*. Vilnius, 4 (26), 2001. s. 4-1.

Po treningu w górach można zauważyć trzy pozytywne fazy reaklimatyzacji (tab.7). Pierwsza, w ciągu jednego, dwóch dni po powrocie na poziom morza, druga w okresie pomiędzy 12 a 28 dniem i trzecia, między 37 a 46 dniem. Pierwsza i druga faza są korzystne²⁶. Potwierdzenie oparto na analizie formy sportowej zawodników po zakończeniu obozów treningowych w warunkach wysokogórskich, trwających od 12 do 28 dni na wysokości od 1640 do 2500 m. Rezultaty pokazują, że korzystna dynamika formy sportowej u zawodników była głównie osiągnięta w czasie pierwszych dwóch dni oraz między 16 a 20 dniem po powrocie na poziom morza, natomiast większość pogarszających się efektów treningu wysokogórskiego była zaobserwowana między 5 a 10 dniem reaklimatyzacji. Doniesienia naukowe więc potwierdzają występowanie dwóch, pozytywnych faz w ciągu okresu reaklimatyzacji. Trzecia faza i jej występowanie wymaga specjalnego komentarza. W literaturze istnieje mało udokumentowanych badań, które wskazywałyby na utrzymanie odpowiednio wysokiego poziomu sportowego przez zawodników przez dłuższy czas po treningu w warunkach wysokogórskich. Jedno z takich badań było przeprowadzane w czasie przygotowań narodowej drużyny Rosji w pływaniu. Zgodnie z rocznym planem przeprowadzono trzy obozy treningowe w warunkach wysokogórskich, trwających od 20 do 22 dni. W czasie reaklimatyzacji po ostatnim górskim obozie (w przeciągu 52 dni) pływacy brali udział w wielu zawodach. Występowali oni w różnych konkurencjach, a ich rezultaty były przybliżone do najlepszych wyników w sezonie. Najlepsze rezultaty były osiągnięte między 42 a 47 dniem po powrocie z gór.

W świetle przytoczonego wyżej przykładu można sądzić, że efekt zwiększenia zdolności do wysiłku po zakończeniu treningów wysokościowych może trwać trochę dłużej niż sądzono wcześniej. Brak danych o negatywnych zmianach hematologicznych, biochemicznych oraz komórkowych, wywołanych treningiem w warunkach wysokogórskich może być argumentem za trwaniem tak długiego okresu reaklimatyzacji. Korzyści osiągnięte w wyniku treningu wysokogórskiego są więc bezsporne i prowadzą do wyraźnego polepszenia wyników sportowych.

²⁶ M. Reiss, H. Zansler. *Ansatze fur Erhohung der Leistungswirksamkeit der Trainingkonzeption in den Ausdauersportarten*. Theorie und Praxis Leistungssport. Berlin, 25 (2), 1987. s. 26-51; H.K. Rusko, H.O. Tikkanen, J.E. Poltonen. *Altitude and endurance training*. Journal of Sports Sciences,; 22.2004. s. 928-945; R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 39 (9). 2007. s. 1610-1624.

6. PLANOWANIE TRENINGU WYSOKOGÓRSKIEGO

Można wyróżnić trzy różne warianty planowania treningu, zawierającego w swoich założeniach obóz w warunkach wysokościowych. Plany te ukierunkowane są na uzyskanie optymalnego poziomu przygotowania sportowców do rywalizacji odbywającej się na poziomie morza. Wariant A to obóz ogólnorozwojowy przeprowadzony głównie dla poprawy sprawności ogólnej. W takim przypadku okres przygotowawczy można zacząć od obozu w górach, z programem uwzględniającym wszechstronne, umiarkowane i ukierunkowane ćwiczenia, z akcentem położonym na rozwój możliwości aerobowych oraz ogólnych zdolności siłowych. Kontynuacja przygotowania na poziomie morza poświęcona jest rozwojowi tych zdolności z wykorzystywaniem specjalistycznych dla poszczególnych dyscyplin środków treningowych. Dalszy etap treningu, może wykorzystywać pozytywną fazę reaklimatyzacji, a mezocykl przedstartowy kończy ten okres treningowy.

Wariant B to obóz w warunkach wysokościowych przeprowadzony pod kątem startu w zawodach na poziomie morza w drugiej pozytywnej fazie reaklimatyzacji. Etap treningowy zaczyna się od bloku wstępnego „przedgórskiego”, trwającego od 1 do 2 tygodni. Jego kontynuacją jest treningowy obóz w warunkach wysokogórskich, składający się z między innymi ze „spokojnej pracy aerobowej” w fazie ostrej i przejściowej oraz mocno obciążającej pracy treningowej w fazie stabilizacji. Program treningowy po zakończeniu przygotowania wysokogórskiego kontynuowany jest przez specjalistyczny dla każdej dyscypliny proces treningowy w mezocyklu przedstartowym i startowym.

Wariant C to obóz w warunkach wysokogórskich przeprowadzony w warunkach, gdzie start w zawodach na poziomie morza następuje w trzeciej, ostatniej, pozytywnej fazie reaklimatyzacji, między 36 a 46 dniem po zakończeniu przygotowania wysokogórskiego. W takim przypadku po zakończeniu obozu w górach następuje kontynuacja treningów w warunkach poziomu morza. Sportowcy podlegają reaklimatyzacji uczestnicząc w zawodach natychmiast po fazie depresyjnej – między 11 a 14 dniem po powrocie na poziom morza, albo jeszcze wcześniej. Długość mezocyklu bazowego i okresu przejściowego powinna być optymalnie dostosowana, do udziału w głównych zawodach.

Wariant B jest najczęściej wykorzystywany²⁷, natomiast wariant C jest mniej znany i mniej popularny.

W pierwszej kolejności należy zoptymalizować przygotowanie poprzedzające obóz w górach, które ma na celu ułatwienie adaptacji sportowców, zapoznania ich z czekającymi ich obciążeniami wysokogóorskimi, hipoksyjnymi oraz przygotowaniem do planowanych obciążeń. W tym celu wykorzystuje się dwa główne podejścia: pedagogiczne i fizjologiczne.

Podejście pedagogiczne przewiduje zastosowanie bloku obciążeń aerobowych w treningu (1–2 mikrocykle) na poziomie morza, składającego się między innymi z ćwiczeń wykonywanych na poziomie progu aerobowego i anaerobowego w połączeniu z ćwiczeniami ogólnorozwojowymi. Bezpośrednio przed obozem w warunkach wysokogórskich (2,3 dni przed) poziom obciążeń powinien być zmniejszony, aby ułatwić przechodzenie fazy ostrej aklimatyzacji w ciągu pierwszych dni przebywania w warunkach górskich²⁸. Podejście fizjologiczne wykorzystuje specjalne metody stworzenia warunków hipoksyjnych w czasie trwania treningu na poziomie morza. Taki trening w warunkach hipoksji jest przeznaczony dla osiągnięcia stanu aklimatyzacyjnego przed pobytem w górach. W tym celu szeroko wykorzystywane są komory hipoksyjne²⁹ albo specjalne maski przeznaczone do wdychania powietrza z obniżonym ciśnieniem. Taki trening zajmuje zwykle od 2 do 3 tygodni i może być zakończony bezpośrednio przed albo kilka dni przed udaniem się w góry³⁰. Ilość zajęć treningowych wynosi do 3 do 6 w tygodniu. Zajęcia trwają od 30 do 90 minut. W praktyce wykorzystuje się różne metody treningowe, chociaż wydaje się, że najczęściej stosowanymi są ćwiczenia ciągłe i interwałowe o umiarkowanej intensywności.

Po zakończeniu obozu w warunkach wysokościowych dalszy proces treningowy bazuje na opisanych wcześniej fazach reaklimatyzacji na poziomie morza i zmianach zachodzących w organizmie sportowców.

²⁷ M. Reiss, H. Zansler. *Ansatze fur Erholung der Leistungswirksamkeit der Trainingkonzeption in den Ausdauersportarten*. Theorie und Praxis Leistungssport. Berlin, 25 (2), 1987. s. 26-51; U. Fuchs, M. Reiss *Hohentraining. Das Erfolgszept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990.

²⁸ M. Reiss, H. Zansler. *Ansatze fur Erholung der Leistungswirksamkeit der Trainingkonzeption in den Ausdauersportarten*. Theorie und Praxis Leistungssport. Berlin, 25 (2), 1987. s. 26-51.

²⁹ R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (9). 2007. s. 1610-1624.

³⁰ U. Fuchs, M. Reiss *Hohentraining. Das Erfolgszept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990.

Pierwsza faza, pozytywna trwająca od 2 do 3 dni jest przeznaczana na uczestnictwo w zawodach. Mimo zwiększonej zdolności do wysiłku w tej fazie, charakteryzuje się ona dużymi zakłóceniami fizjologicznymi, spowodowanymi gwałtowną zmianą środowiska. Wielu specjalistów zaleca stosowanie w niej umiarkowanych obciążeń.

Ogólne podejście do procesu treningowego prowadzonego w negatywnych fazach po przygotowaniu w górach przewiduje stosowanie ćwiczeń na poziomie progu aerobowego i anaerobowego z postępującym wzrostem obciążeń. Jest to ważne w tym okresie zarówno dla zapobiegania nadmiernej akumulacji kwasu mlekowego, jak i dla włączenia w plan treningowy specyficznych dla poszczególnych dyscyplin ćwiczeń o charakterze szybkościowym. Kompromis między tymi sprzecznymi wymaganiami można osiągnąć za pomocą serii interwałowych. Ćwiczenia zapobiegające nadmiernej laktacji o submaksymalnej sile mogą być wykonywane z naciskiem na jakość, a nie na ilość powtórzeń. Sportowcy wtedy zwykle nie napotykają istotnych przeszkód w trakcie wykonywania ćwiczeń techniczno-taktycznych. Szczególną uwagę należy położyć na akcentowanie siły zastosowanej w ćwiczeniach ciągłych o umiarkowanej intensywności. Po zakończeniu fazy negatywnej, praca o średniej i umiarkowanej intensywności jest bardziej ekonomiczna – wykonywana w czasie niższego poziomu częstości skurczów serca i niższego poziomu akumulacji kwasu mlekowego. U sportowców pojawiają się specyficzne odczucia, polepsza się ich koordynacja ruchowa. Bardzo intensywne ćwiczenia specjalistyczne można stosować bez specjalnych ograniczeń. Przy takim metodycznym podejściu można zakładać, że występy z sukcesami na zawodach mogą być planowane na okres między 14 a 28 dniem.

Mało jest opracowań, opisujących stan sportowców po drugiej pozytywnej fazie, następującej po przygotowaniu wysokogórskim. Jeśli program treningowy po górskim obozie przewiduje uczestnictwo w najważniejszych zawodach między 36 a 46 dniem, to poprzedzający okres poświęcony jest przygotowaniom przedstartowym. Stan wytrenowania sportowców w czasie tego okresu jest określony przede wszystkim przez bieżące obciążenia. Można założyć, że korzyści adaptacji komórkowej (na przykład wzrost mioglobiny i kapilaryzacji mięśni oraz niski poziom zakwaszenia) mogą się utrzymywać w ciągu stosunkowo dłuższego czasu. W ciągu tego okresu można z sukcesem stosować trening uzupełniający w komorze hipoksyjnej. Najbardziej oczywiste korzyści z trzeciej pozytywnej fazy następującej po przygo-

towaniu wysokościowym, wyróżniają się tym, że faza ta pozwala aktywniej wykorzystywać obciążenia związane z zawodami w ramach zakończającego etapu przygotowania do imprezy głównej³¹.

PODSUMOWANIE

Impulsem rozpoczynającym badanie procesu treningowego i współzawodnictwa prowadzonego w warunkach wysokościowych była potrzeba związana z rywalizacją na prestiżowych zawodach, dalszy rozwój przygotowania wysokogórskiego zorientowany był głównie na proces przygotowawczy do zawodów odbywających się na poziomie morza. Przegląd literatury pozwala zrozumieć przebieg fizjologicznych zmian zachodzących w czasie górskiej aklimatyzacji, odróżnić reakcje człowieka w fazie ostrej od reakcji w czasie późniejszych okresów adaptacji. Wiele doniesień wskazuje jednak, że przygotowanie wysokogórskie nie daje pożądaných korzyści w czasie występów na zawodach rozgrywanych na poziomie morza. Tę sprzeczność można częściowo objaśnić różnorodnością indywidualnych reakcji sportowców na trening wysokościowy (niektórzy sportowcy mogą mieć większe predyspozycje do korzystania z tej formy przygotowania).

Osiągane korzyści przygotowania będące następstwem treningu w górach są następujące:

- zwiększony transport tlenu do mięśni,
- udoskonalenie funkcji krwi związanej z transportem tlenu; zwiększona utylizacja tlenu w komórkach tkanki mięśniowej pojawiająca się na skutek wyższej aktywności enzymów glikolitycznych i zwiększonej zawartości mioglobiny,
- zwiększenie wydolności tlenowej, wpływającej na wzrost buforowej zdolności mięśni i krwi.

Proces aklimatyzacji w warunkach górskich ma trzy fazy: pierwsza, ostra aklimatyzacja – najbardziej ograniczająca zdolność do wysiłku, a czas jej trwania (3–7 dni) w znacznym stopniu zależy od cech indywidualnych każdego sportowca. Druga, faza przejściowa – daje więcej korzyści, ale reakcje sportowców są niestabilne i mało przewidywalne. Czas jej trwania

³¹ V. Issurin, J. Vrijens *Altitude training in elite sport*. *Flamish Journal for Sports Medicine and Sport Science*, 7, (66). 1996. s. 24–41; R. Wilber. *Current trends in altitude training*. *Sports Medicine* 31 (4). 2001. s.249–265; R. Wilber. *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (9). 2007. s. 1610–1624; G.P. Millet, B. Roels, L. Schmitt, X. Woorons, J.P. Richalet. *Combining Hypoxic Methods for Peak Performance*. *Sport Medicine*, 40 (1). 2010. s. 1–25.

także jest czynnikiem indywidualnym (od 3 do 5 dni). Trzecia faza – stabilizacji pozwala sportowcom wykonywać programy treningowe z większymi obciążeniami, prawie bez ograniczeń. Na poziom przygotowania po zakończeniu obozu górskiego wpływają fazy reaklimatyzacji na poziomie morza, które określają korzystne okresy dla uczestnictwa w zawodach, szczególnie między 14 a 28 dniem i między 36 a 46 dniem. Etap ten może być odpowiednio krótszy lub dłuższy. Jeśli koncepcja treningu zakłada korzystanie z efektu podwyższenia zdolności do wysiłku po przygotowaniu górskim, to w roczny plan treningowy włączone są 2–3 etapy treningowe, przewidujące odbycie obozów warunkach górskich.

Szczególne uwagę należy zwrócić na planowanie cyklu treningowego, zawierającego obóz w warunkach górskich. Zwykle pierwsza część takiego programu składa się z ćwiczeń aerobowych średniej intensywności, odpowiadających założeniom bazowego mezocyklu. Druga część może zawierać bardzo intensywne ćwiczenia aerobowo-anaerobowe.

BIBLIOGRAFIA

1. Brooks G.A., Fahey T.D., T.P. White, *Exercise physiology. Human bioenergetics and its applications*. Mayfield Publisher. London. 2004.
2. Chapman R F., Stray-Gundersen J., Levine B.D., *Individual variation in response to altitude training*. Journal of Applied Physiology 85 (4). 1998, s. 1448–1456.
3. Ekblom B., Berglund B., *Effect of erythropoietin administration on maximal aerobic power*. Scand. Journ. Med. Sci. Sports, 1; 1991. s.88–93.
4. Fuchs U., Reiss M., *Hohentraining. Das Erfolgszept der Ausdauersportarten*. Munster Philippka, 1990.
5. Faulkner J.A., Kollias J., Favour et al. *Maximum aerobic capacity and running performance at altitude*. Journal of Applied Physiology, 24; s. 685–691.
6. Gore J.C., *Hematological and non-hematological effects of altitude training*. Materiały z USOC International Altitude Training Symposium „Hipoksja w teorii i praktyce. Modele treningu wysokościowego” Colorado Springs, 21–23.10.2009.
7. Issurin V., Vrijens J., *Altitude training in elite sport*. Flamish Journal for Sports Medicine and Sport Science, 7, (66). 1996. s. 24–41.

8. Issurin V., Shkliar V., Kaufman L., *Concept of the modern training in medium height mountains: ergogenic effect and methodical principles of training*. Sport Science. Vilnius, 4 (26), 2001. s.4-18
9. McArdle W.D., Katch F., Katch V., *Exercise physiology*. Philadelphia/London: Lea&Febiger, 1991.
10. Millet G.P., Roels B., Schmitt L., Woorons X., Richalet J.P., *Combining Hypoxic Methods for Peak Performance*. Sport Medicine, 40 (1). 2010. s. 1-25
11. Mizuno M.C., Juel T., Bro-Rasmussen E. et al., *Limb skeletal muscle adaptations in athletes after training at altitude*. Journal of Applied Physiology, 68. 2001. s.496-502
12. Reiss M., Fuchs U., Pfefferkorn B. et al., *Hohentraining und Nachhoheneffekt Untersuchungen uber ihren Einfluss auf die Dynamics des Trainingszustanden und der sportliche Form im Mittelstreckenlauf*. Theorie und Praxis Leistungssport, 9: 1969. s. 87-123.
13. Reiss M., Zansler H., *Ansatze fur Erhohung der Leistungswirksamkeit der Trainingkonzeption in den Ausdauersportarten*. Theorie und Praxis Leistungssport. Berlin, 25 (2), 1987. s. 26-51.
14. Reiss M., *Hauptrichtungen des Einsatzes und der Methodik des Hohentraining in den Ausdauersportarten*. Leistungssport, 4. 1998. s. 21-28
15. Rusko H.K., Lappavuori A., Makela P. et al. *Living high, training low: A new approach to altitude training at sea level in athletes*. Med.Sci. Sports. Exerc, 27 (5). 1995. s.6
16. Rusko H.K., Tikkanen H.O., Poltonen J.E., *Oxygen manipulation as an ergogenic aid*. Current Sports Medicine Reports 2, 2003.s.233-238
17. Rusko H.K., Tikkanen H.O., Poltonen J.E., *Altitude and endurance training*. Journal of Sports Sciences,; 22.2004. s.928-945.
18. Terrados N., Jansson E., Sylven C. et al., *Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?* Journal of Applied Physiology, 68. 1990. s.2369-2372
19. Vogt M., Hoppeler H., *Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?* Progress in Cardiovascular Diseases. 2010; 52.s. 525-533
20. Wilber R., *Current trends in altitude training*. Sports Medicine 31 (4). 2001. s.249-265.
21. Wilber R., *Altitude training and athletic performance*. Human Kinetics, Champaign, IL, 2004.

22. Wilber R., *Application of altitude/hypoxic training by elite athletes*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 39 (9). 2007. s.1610-1624
23. Wilmore J., Costill D., *Training for sport and activity. Physiological basis of the conditioning process*. Champaign Il. Human Kinetics, 1993.
24. Witovski S., Chen J., Sray-Gundersen R.L., et al., *Genetics markers for eritropojetic responses to altitude*. Med. Sci. Sports. Exerc, 34 (Suppl. 5): 2002. s. 246

Tadeusz Ambroży – dr hab. prof. AWF Kraków, Instytut Sportu, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

Tomasz Wieczorek – mgr, PZN

Dariusz Mucha – dr hab. prof. AWF Kraków, Instytut Nauk Biomedycznych, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie