

ANALIZA SPRAWNOŚCI CECH KRAŻENIOWO- ODDECHOWYCH W ROCZNYM CYKLU TRENINGOWYM KOLARZY

Miłosz Czuba, Adam Zając

Słowa kluczowe: *kolarstwo, trening, wydolność.*

Trening sportowy wywołuje w organizmie sportowca szereg zmian funkcjonalnych, uwarunkowanych charakterem pracy różnych organów i układów. Zmiany te spowodowane są licznymi mechanizmami adaptacyjnymi, zachodzącymi w układzie krążeniowo-oddechowym, mięśniowym, nerwowym i hormonalnym. Powstają one w wyniku długotrwałego i systematycznego treningu sportowego i wpływają na pełne wykorzystanie fizjologicznych rezerw organizmu. Zmiany adaptacyjne tworzą uporządkowany układ specyficzny dla wymogów danej dyscypliny. Najbardziej są one widoczne u sportowców dyscyplin wytrzymałościowych, takich jak: biegi maratońskie, triathlon czy kolarstwo, gdzie wymaga się długotrwałej pracy z jak najwyższą intensywnością.

Kolarstwo szosowe zalicza się do najtrudniejszych dyscyplin wytrzymałościowych, gdzie wysokie obciążenia zarówno treningowe jak i startowe, stawiają największe wymagania pracy układu krążeniowo-oddechowego. Za główny czynnik warunkujący sukces w kolarstwie i innych dyscyplinach wytrzymałościowych, najczęściej wymienia się wysoki potencjał aerobowy, którego głównym wskaźnikiem jest maksymalne pochłanianie tlenu (VO_2max) Badania i praktyka sportowa potwierdzają, że VO_2max ma istotny wpływ na poziom wytrzymałości. Wartości VO_2max wykazują duże zróżnicowanie międzysobnicze.

Stwierdzono, że u młodych zdrowych ludzi wynosi on zazwyczaj 40-50 ml O₂ na kilogram masy ciała [13,19,33,34]. Wartości VO₂max przekraczające 70 ml/kg/min, występują jedynie u sportowców najwyższej klasy. Profesjonalni kolarze szosowi charakteryzują się bardzo wysoką wydolnością tlenową, wysokimi wartościami VO₂max oraz wysoką mocą maksymalną (Wmax). Liczne publikacje potwierdzają, że VO₂max u kolarzy szosowych wyrażone w ml/kg/min może wynosić od 69,7 do 84,8 [15,27]. Tak wysoka wydolność pozwala zawodnikom wysokiej klasy na wykonanie wysiłku o mocy 2310 kgm/min (378W), niektórzy przerywali pracę dopiero przy 2640 kgm/min (432W) i 2970 kgm/min (486W) [25,28,29].

Pod wpływem wieloletniego treningu wytrzymałościowego dochodzi do zmniejszonego zapotrzebowania na tlen, dlatego zawodnik przy tym samym poziomie VO₂max jest w stanie uzyskiwać wyższą moc [16,17,31,38].

Jednak sama wartość VO₂max nie warunkuje wysokich wyników sportowych, istotne znaczenie ma tu jeszcze zdolność wykorzystywania dużej objętości VO₂max podczas wysiłku. Najlepsi zawodnicy na świecie dobrze tolerują wysiłki fizyczne na poziomie intensywności nawet do 95% VO₂max [1,10,12,14,43].

Oprócz wysokiej wydolności tlenowej w dyscyplinach wytrzymałościowych istotną rolę odgrywa metabolizm beztlenowy, gdyż jest on wykorzystywany podczas pracy o wysokiej intensywności, powyżej progu przemian beztlenowych. Dochodzi wtedy do zaburzeń homeostazy i istotnie zwiększa się dług tlenowy. Wysokie wartości mocy w wysiłkach długotrwałych mogą być osiągnięte poprzez wykorzystanie procesów glikolitycznych. W warunkach pracy beztlenowej dochodzi do zakwaszenia mięśni [4,10,18,39].

Wysoka tolerancja zaburzeń homeostazy i zdolność do zaciągnięcia większego długu tlenowego podczas pracy fizycznej wpływa na możliwość osiągnięcia wysokich wyników sportowych w okresie startowym rocznego cyklu treningowego [3,21,37]. Dlatego obserwacja i

miar tych cech fizjologicznych powinna być znana i powszechnie stosowana w procesie treningowym w celu indywidualizacji treningu z uwzględnieniem specyfiki danej dyscypliny sportu. Umożliwi ona opracowanie skutecznych metod treningowych dla danego sportowca, co ma decydujące znaczenie dla osiągnięcia optymalnego stanu wytrenowania.

Celem badań była ocena zmian poszczególnych parametrów układu krążeniowo-oddechowego, służących do oceny wydolności fizycznej oraz kontrola stanu wytrenowania kolarzy podczas cyklu przygotowań do sezonu startowego.

Problem badawczy

W pracy postawiono następujące pytania badawcze:

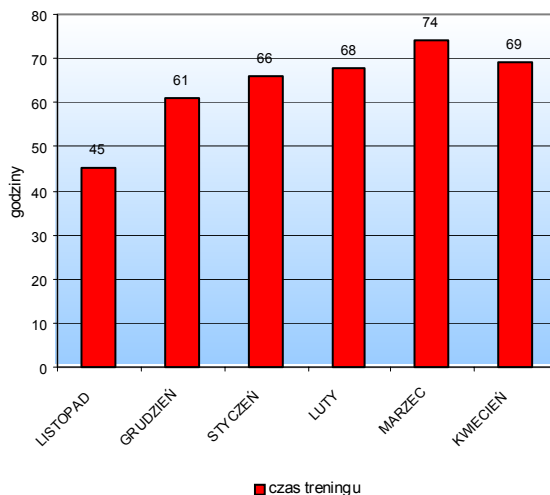
1. Jak zmieniają się wybrane parametry układu krążeniowo-oddechowego w rocznym cyklu treningowym kolarzy?
2. Czy przeprowadzany trening przyczynia się do wzrostu wydolności fizycznej?
3. Czy ewentualne zmiany analizowanych parametrów są zależne od intensywności i objętości treningu w kolejnych okresach rocznego cyklu treningowego?
4. Czy zastosowane obciążenia treningowe wpłynęły na poprawę wydolności fizycznej badanych kolarzy?

Material i metody badań

W badaniach uczestniczyło 10 zawodników uprawiających wyczynowo kolarstwo szosowe (wiek = $23,7 \pm 3,6$ lat; wzrost = $179,4 \pm 4,8$ cm; waga = $73 \pm 5,7$ kg; tkanka tłuszczowa = $8,2 \pm 1,8$ %; średni staż treningowy $7,2 \pm 1,2$ lat). Wszyscy badani zostali poinformowani o celu i przebiegu badań oraz wyrazili pisemną zgodę na przeprowadzenie eksperymentu. Badania zostały zatwierdzone przez Komisję Etyki Badań Naukowych działającą przy AWF Katowice. Zebrano również

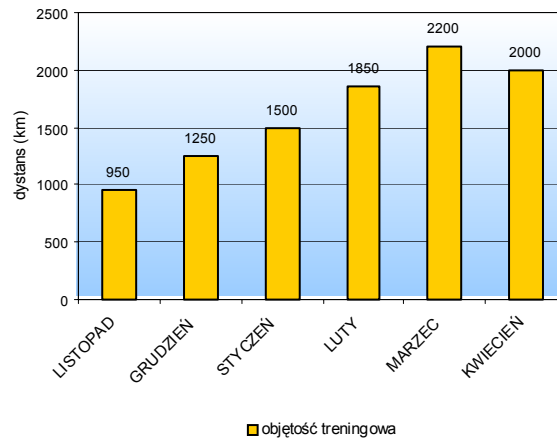
dokumentację dotyczącą przeprowadzanego treningu i stażu treningowego.

Badania spoczynkowe i wysiłkowe były przeprowadzone w Międzykatedralnej Pracowni Badań Czynnościowych oraz w Zakładzie Fizjologii Człowieka Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Doświadczenie rozpoczęto w okresie przejściowym (OP) rocznego cyklu treningowego, a następnie powtarzano zgodnie z opisaną procedurą badawczą w kolejnych okresach treningowych: w środku okresu przygotowawczego (OPG) i na początku okresu startowego (OS).

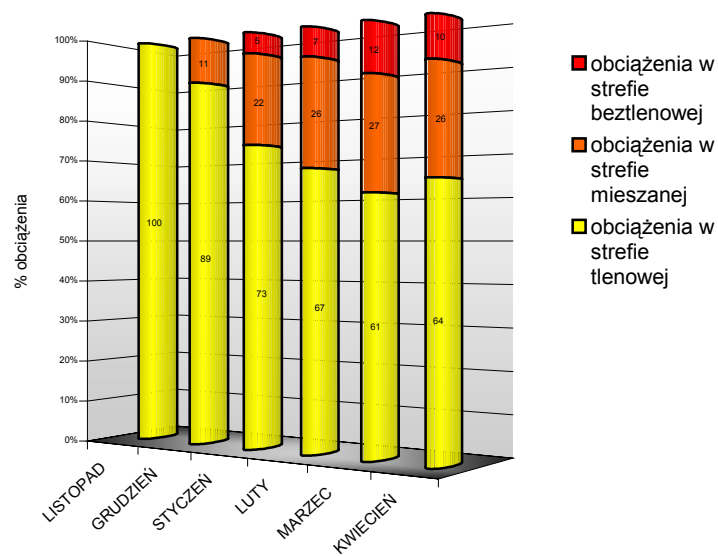


Ryc. 1. Obciążenia treningowe badanych kolarzy

W kolejnych okresach rocznego cyklu treningowego systematycznie prowadzono kontrolę dokumentacji dotyczącej objętości (godz./km) oraz intensywności treningu (czas treningu w poszczególnych strefach wysiłkowych). Uzyskane wyniki były podstawą do opracowania indywidualnych planów treningowych z uwzględnieniem kolejnych okresów treningowych (Ryc. 1,2,3).



Ryc.2. Objętość treningowa badanych wyrażona w ilości pokonanych kilometrów



Ryc. 3. Obciążenia treningowe wyrażone w procentach w kolejnych okresach treningowych

Procedura badań.

Program badań obejmował trzy etapy, które przeprowadzono w kolejnych okresach treningowych: OP, OPG, OS. Podczas każdego badania dokonywano pomiarów cech antropometrycznych. Przeprowadzono pomiary wysokości ciała, masy i powierzchni ciała (BSA) oraz obliczono wskaźnik masy ciała (BMI). W oparciu o metodę impedancyjną (waga Tanita) określono beztłuszczową masę ciała (FFM), zawartość tkanki tłuszczowej (FM%), i całkowitą zawartość wody (TBW).

Przed rozpoczęciem testu wysiłkowego oznaczono parametry spoczynkowe każdego badanego i pobrano od niego próbki krwi kapilaryzowanej, w celu określenia spoczynkowego stężenia mleczanu (LA), ilości hemoglobiny (Hb) i wartość hematokrytu (Hct) oraz parametrów równowagi kwasowo zasadowej (pH, BE).

W spoczynku jak i podczas trwania testu wysiłkowego monitorowano: wartość tętna (HR), ciśnienie tętnicze, wentylację minutową płuc (VE) i wielkość poboru tlenu (VO_2). Po wykonaniu pomiarów spoczynkowych badani przystąpili do testu wysiłkowego.

Test wysiłkowy.

Test wysiłkowy był przeprowadzany na cykloergometrze rowerowym firmy Jaeger, odpowiednio przystosowanym do każdego badanego. Test wysiłkowy polegał na wykonywaniu pracy o stopniowo narastającej intensywności, gdzie po 5 minutowej rozgrzewce obciążenie wzrastało z 40 W, co 3 minuty o kolejne 40 W. Obciążenie wzrastało aż do maksymalnych możliwości każdego badanego. Test kontynuowany był aż do odmowy. Podczas badania utrzymywana była kadencja 60-70 obrotów na minutę. Pod koniec każdego obciążenia pobierano próbki krwi z opuszki palca dla oznaczenia stężenia LA we krwi, następnie otrzymane wartości wykorzystano do wyznaczenia progu mleczanowego (AT). Do oznaczenia mleczanu we krwi posłużono się metodą enzymatyczną używając komercyjnych testów firmy Boehringer

Mannheim. Do oznaczeń progowych zastosowano metodę log-log zaproponowaną przez Beavera i wsp. (1985) [19]. Rejestrację HR spoczynkowego i podczas trwania testów przeprowadzono Sport-Testerem PE 3000 firmy Polar Inc. Finland. Analiza HR zawierała również pomiar restytucji powysiłkowej, która trwała 5 minut, po czym kończono rejestrację. Podczas każdego obciążenia i w czasie restytucji prowadzono ciągłą rejestrację VE oraz ilości pobieranego VO_2 i wydalanego VCO_2 . W rejestracji posłużono się analizatorem gazów „Oxycon” firmy Jaeger. W ostatniej minucie badania pobierano krew do oznaczenia stężenia Hb i Hct. Umożliwiło to analizę zmiany objętości osocza ($\Delta PV[\%]$) pod wpływem testu wysiłkowego.

Otrzymane wyniki podczas przeprowadzonych badań wyrażono w postaci średnich arytmetycznych i błędów standardowych. Natomiast ocenę istotności pomiędzy średnimi arytmetycznymi dokonano przy pomocy dwuczynnikowej analizy wariacji oraz testu „t” Studenta dla wartości powiązanych. Współzależność badanych cech wykazano przez wyliczenie współczynnika korelacji liniowej i równań regresji. Za istotne statystyczne przyjmowano wartości przy $p < 0,05$.

Wyniki badań

Pierwsza seria badań.

Pierwsza seria badań została wykonana pod koniec okresu przejściowego. Celem pierwszych badań była wstępna ocena analizowanych parametrów i wydolności badanych kolarzy, która miała stanowić punkt odniesienia dla wyników uzyskanych w następnych badaniach. Uzyskane wyniki miały również na celu poprawę celowości treningu w okresie przygotowawczym kolarzy. Wyznaczenie proggu anaerobowego i wielkości zmian kwasu mlekowego wykorzystano do określenia stref wysiłkowych stosowanych podczas zaplanowanego treningu, monitorowanego za pomocą sport-testerów.

W grupie badanych kolarzy maksymalna wartość mocy wynosiła $381,81 \pm 37,37$ W, Natomiast próg AT wyznaczono przy mocy $304,36 \pm 27,30$ W.

W spoczynku VO_2 przeliczony na kilogram masy ciała wynosił $5,25 \pm 1,01$ ml/kg/min. Podczas trwania próby wysiłkowej obserwowano liniowy wzrost tego parametru. Maksymalna wartość podczas pierwszej serii badań osiągnęła wartość $61,79 \pm 3,16$ ml/kg/min, natomiast progowa jego wartość wynosiła $52,36 \pm 4,01$ ml/kg/min.

VE zwiększyła się z wartości $8,7 \pm 2,0$ l *min⁻¹ do wartości maksymalnej $162,57 \pm 14,27$ l*min⁻¹.

W spoczynku HR (przed rozpoczęciem testu) wyniosło $66 \pm 5,8$ ud/min. Wartość ta ulegała wzrostowi podczas każdego obciążenia, aż do wartości maksymalnej $192 \pm 7,3$ ud/min. Przy obciążeniu progowym wartość HR wyniosła $177 \pm 7,43$ ud/min. Natomiast wartość tętna tlenowego wyniosła $23,13 \pm 1,96$ ml/ud.

Stężenie LA we krwi z wartości $1,73 \pm 0,51$ mmol/l w okresie przedwysiłkowym wzrosło do $9,63 \pm$ mmol/l w wysiłku o maksymalnej intensywności. Po przekroczeniu $304,36 \pm 27,30$ W nastąpił gwałtowny, nieliniowy wzrost stężenia mleczanu we krwi.

Spoczynkowy poziom hemoglobiny wyniósł $149,45 \pm 6,53$ g*1 a hematokrytu $45,36 \pm 1,72\%$. Po zakończeniu testu nastąpił wzrost hemoglobiny do wartości $162,45 \pm 5,85$ g*1 i hematokrytu do $49,18 \pm 2,18\%$.

Druka seria badań.

Druka seria badań została przeprowadzona w połowie okresu przygotowawczego. Miała ona na celu kontrolę zmian badanych parametrach i wydolności kolarzy w odniesieniu do wyników z pierwszej serii badań. Podobnie jak w pierwszym badaniu test wysiłkowy odbywał się na cykloergometrze o narastającej intensywności.

Podczas drugiej serii badań W_{max} w badanej grupie kolarzy wynosiła $392 \pm 25,30$ W, podczas gdy W_{AT} $306,22 \pm 31,41$ W.

Spoczynkowa wartość VO_2 , przeliczona na kilogram masy ciała, wynosiła $6,13 \pm 0,91$ ml/kg/min., natomiast podczas maksymalnego wysiłku wzrosła do wartości $64,1 \pm 3,98$ ml/kg/min. Wartość tego parametru na progu AT wynosiła $53,22 \pm 3,53$ ml/kg/min.

VE zwiększyła się z wartości spoczynkowej $10,27 \pm 2,0$ l*min⁻¹ do wartości maksymalnej $171,2 \pm 21,19$ l*min⁻¹.

Natomiast spoczynkowa wartość HR podczas drugiej serii badań wyniosła $63,3 \pm 5,6$ ud/min. Ulegała ona ciągłemu wzrostowi podczas każdego obciążenia, aż do wartości maksymalnej $183,1 \pm 6,52$ ud/min. Przy obciążeniu progowym wartość HR wyniosła $168,66 \pm 7,42$ ud/min, a tętno tlenowe uzyskało wartość $24,3 \pm 2,5$ ml/ud.

Podczas drugiej serii badań spoczynkowe stężenie LA we krwi wynosiło $1,74 \pm 0,3$ mmol/l. Natomiast podczas maksymalnego wysiłku wzrosło do $10,25 \pm 2,53$ mmol/l. Nagły wzrost stężenia mleczanu nastąpił przy obciążeniu $306,22 \pm 31,41$ W.

Spoczynkowy poziom hemoglobiny wyniósł $150,1 \pm 6,26$ g*1 a hematokrytu $45,92 \pm 1,83\%$. Po zakończeniu testu nastąpił wzrost hemoglobiny do wartości $160,2 \pm 5,42$ g*1 i hematokrytu do $49,1 \pm 2,21\%$.

Trzecia seria badań.

Trzecia seria testów była ostatnią serią w przeprowadzonym badaniu. Została ona zaplanowana na początku okresu startowego. Umożliwiła ona ocenę zmian poszczególnych badanych parametrów w odniesieniu wcześniej przeprowadzonych badań. Pozwoliło to ustalić czy przeprowadzany trening wytrzymałościowy przyczynił się do oczekiwanych zmian w układzie krążeniowo-oddechowym.

W badanej grupie kolarzy wartość W_{\max} wynosiła $408,88 \pm 26,67$ W, podczas gdy wartość mocy na progu AT $321,56 \pm 27,31$ W.

W spoczynku VO_2 , przeliczony na kilogram masy ciała, wynosił $6,84 \pm 1,33$ ml/kg/min. Podczas trwania testu podobnie jak w poprzednich badaniach obserwowano ciągły przyrost tego parametru

Maksymalna wartość podczas trzeciej serii badań osiągnęła wartość $64,2 \pm 3,93$ ml/kg/min, natomiast progowa jego wartość wynosiła $55,33 \pm 4,87$ ml/kg/min.

Podczas trzeciej serii badań V_E zwiększyła się z wartości $10,42 \pm 4,0$ l*min⁻¹ do wartości maksymalnej $186,85 \pm 5,09$ l*min⁻¹.

Spoczynkowa wartość HR rejestrowana przed rozpoczęciem testu wyniosła $62,4 \pm 4,9$ ud/min, natomiast wartość maksymalna wyniosła $188,38 \pm 4,76$ ud/min. Przy obciążeniu progowym wartość HR wyniosła $173,88 \pm 4,62$ ud/min. Natomiast wartość tętna tlenowego wyniosła $24,54 \pm 2,48$ ml/ud.

Stężenie LA we krwi z wartości $1,76 \pm 0,27$ mmol/l w okresie przedwysiłkowym wzrosła do $10,54 \pm 2,41$ mmol/l w wysiłku o maksymalnej intensywności. Natomiast gwałtowny wzrost stężenia mleczanu we krwi stwierdzono przy obciążeniu $321,56 \pm 27,31$ W.

Spoczynkowa wartość hemoglobiny wynosiła $150,22 \pm 6,14$ g*l a hematokrytu $46,25 \pm 2,22\%$. Po zakończeniu testu nastąpił wzrost hemoglobiny do wartości $158 \pm 5,33$ g*l i hematokrytu do $49 \pm 2,18\%$

Wskaźnik korelacji zależności pomiędzy objętością treningu a zwiększeniem poboru tlenu w rocznym cyklu treningowym, w grupie badanych kolarzy wyniósł $r=0,75$; $p<0,01$. Natomiast zależność pomiędzy intensywnością treningu a zwiększeniem maksymalnego poboru tlenu wynosiła $r=0,54$; $p<0,02$ (Tabela 2). Dane dotyczące przeprowadzanego treningu, uzyskano na podstawie otrzymanej dokumentacji od badanych.

Tabela 1

Wartości analizowanych parametrów w okresach treningowych,
 * - istotność różnic pomiędzy okresem przejściowym (OP) a startowym (OS). *($p < 0,05$); **($p < 0,01$)

	Badanie 1 OP	Badanie 2 OPG	Badanie 3 OS
W_{max} (W)	381,81 ± 37,37	392 ± 25,30	408,88** ± 26,67
VO₂max (ml/kg/min)	61,79 ± 3,16	64,1 ± 3,98	64,2* ± 3,93
VE (l/min)	162,57 ± 14,23	171,2 ± 21,19	186,85** ± 5,09
HR_{sp} (ud/min)	66 ± 5,8	63,3 ± 5,6	62,4** ± 4,9
HR_{max} (ud/min)	190,8 ± 10,15	183,1 ± 6,52	188,38** ± 4,76
HR_{AT} (ud/min)	177 ± 7,43	168,6 ± 7,42	173,88** ± 4,64
LA (mmol/l)	9,34 ± 2,05	10,25 ± 2,53	10,54 ± 2,65
W_{AT} (W)	304,36 ± 27,30	306,22 ± 31,41	321,56** ± 27,31
O₂-tętno	23,13 ± 1,96	24,3 ± 2,3	24,54 ± 2,48

Tabela 2

Zależność pomiędzy objętością treningu i intensywnością a
 zwiększeniem maksymalnego poboru tlenu w rocznym cyklu
 treningowym

T	VO ₂ max [ml/min/kg]
T objętość [km]	r=0,75; p<0,01
T intensywność [godz.]	r= 0,54; p<0,02

Podsumowanie

Wpływ długotrwałego treningu wytrzymałościowego prowadzi do daleko idącej adaptacji organizmu zawodnika. Zmiany te dotyczą głównie wykształcenia efektywniejszych procesów tlenowych, które można obserwować, analizując podstawowe parametry układu krążeniowo-oddechowego od dawna stosowanych w diagnostyce wysiłkowej. Do podstawowych wskaźników fizjologicznych należą: VO_2max , VE, HR i LA.

Jak zaprezentowano w wynikach badań badani sportowcy byli w zbliżonym wieku z podobnym stażem treningowym. Uzyskane wyniki podczas testów cykloergometrycznych wykazały, że badani kolarze charakteryzowali się bardzo wysokimi wartościami zmiennych charakteryzujących ich wydolność tlenową, która została oceniona dla osób wyczynowo uprawiających sport.

Wśród czynników fizjologicznych wpływających, w głównej mierze, na poziom wytrzymałości wymienia się najczęściej wysoki potencjał tlenowy, który najczęściej charakteryzuje się za pomocą VO_2max . Jak potwierdzają przeprowadzone badania, VO_2max determinuje zdolność do wykonywania wysiłków wytrzymałościowych [2,26,42,43].

Zużycie tlenu u badanych kolarzy przy maksymalnym obciążeniu w okresie OP wyniosło $61,79 \pm 3,16$ ml/kg/min. Następnie w okresie OPG, za sprawą przeprowadzanego treningu głównie o charakterze tlenowym, wartość ta uległa wzrostowi do $64,1 \pm 3,98$ ml/kg/min. Natomiast w OS odnotowano tylko niewielki wzrost tej wartości do $64,2 \pm 3,93$ ml/kg/min, co jest zgodne z dynamiką przyrostu VO_2max przy planowaniu jednego cyklu przygotowawczego. Wykazano, że VO_2max wzrasta już po trzech miesiącach po rozpoczęciu okresu przygotowawczego. Następnie, bez względu na wykonanie dużej objętości pracy o charakterze tlenowym, przyrostu VO_2max prawie nie ma. W OS notuje się jedynie wzrost długu tlenowego, co związane jest ze wzrostem objętości treningowej o charakterze beztlenowym [7,41,32].

W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano istotną zależność pomiędzy przeprowadzaniem treningiem a VO_2max . Współczynnik korelacji zależności pomiędzy objętością treningu a zwiększeniem poboru tlenu w rocznym cyklu treningowym, w grupie badanych kolarzy wyniósł $r=0,75$; $p<0,01$. Natomiast zależność pomiędzy intensywnością przeprowadzanego treningu a zwiększeniem VO_2max wynosiła $r=0,54$; $p<0,02$ (Tabela 2).

Poziomu wytrzymałości nie można utożsamiać jedynie z wysokimi wartościami VO_2max , który jest klasycznym kryterium ogólnej wydolności fizycznej. Zaobserwowano, że zawodnicy o zbliżonym VO_2max osiągają różne wyniki podczas zawodów sportowych i mogą znacznie poprawić swoją wytrzymałość bez zmian w VO_2max . Spowodowane jest to zdolnością do wykorzystywania dużej części VO_2max w czasie trwania wysiłku fizycznego. Cecha ta jest bardziej podatna na wytrenowanie niż sam pułap tlenowy. Wzrost procentowego wykorzystania VO_2max to główny efekt treningu, wpływający istotnie na poprawę wytrzymałości [1,6,9,11,13,20].

Stwierdzono, że praktycznym sposobem określenia możliwości badanego w tym zakresie jest wielkość % VO_2max na poziomie progu przemian anaerobowych (AT), gdyż występuje wysoki stopień korelacji pomiędzy tą wielkością a wynikiem sportowym [7,20, 30,35].

Wyniki licznych badań wykazały, bowiem ścisłą zależność pomiędzy wysokością progu mleczanowego ze zdolnością do wykonywania długotrwałych, intensywnych wysiłków fizycznych ($r>0,90$), pojemnością tlenową mięśni szkieletowych, procentową zawartością włókien wolnokurczliwych (typ ST) oraz gęstością naczyń włosowatych mięśni [28,44,62]. W świetle tych danych uznano próg mleczanowy za ważny, specyficzny wskaźnik oceny poziomu wytrzymałości [20,23,30].

Próg AT jest również bardzo przydatnym wskaźnikiem oceny wydolności u osób o długim stażu treningowym, gdzie obserwuje się stabilizację VO_2max . Zmiany progu AT są ściśle zależne od obciążeń

stosowanych w danym okresie treningowym. Najwyższe wartości progu beztlenowego osiągają sportowcy w okresie startowym, a najniższe w okresie przejściowym, co potwierdzają przeprowadzone badania własne.

Podczas przeprowadzonych badań, przed przystąpieniem do próby wysiłkowej badano spoczynkowe stężenie mleczanu we krwi. Stężenie to podlegało nie wielkim zmianą w kolejnych okresach treningowych i wynosiło w stężeniu mmol/l. Natomiast stężenie maksymalne i 4 mmol/l (próg AT) w kolejnych badaniach było osiągane przy coraz wyższych wartościach obciążenia, było to związane z okresem treningowym. Najniższe wartości obciążenia odnotowano w okresie przejściowym, a najwyższe w okresie startowym.

W przeprowadzonych badaniach własnych obciążenie podczas którego następował nieliniowy przyrost mleczanu, przyjmowało w kolejnych okresach treningowych następujące wartości: $304,35 \pm 27,30$ W (OP), $306,22 \pm 31,41$ W (OPG), $321,56 \pm 27,31$ W (OS). Natomiast % VO_2 max na progu AT również uległ wzrostowi osiągając wartości: 81,3% (OP), 83,5% (OPG), 86,1% (OS). Przyrost podanych wartości może świadczyć o skutecznie prowadzonym treningu wytrzymałościowym. Przesunięcie progu AT w kierunku większych obciążeń świadczy o mniejszych zaburzeniach homeostazy podczas wysiłków submaksymalnych. Prowadzi to do osiągnięcia lepszych wyników sportowych, dzięki możliwości do zaciągania większego długu tlenowego i zwiększonej tolerancji organizmu na zaburzenia homeostazy, którą zapewnia wysoka pojemność buforowa krwi [28,18,39,41]. Tak intensywna praca jest możliwa głównie za sprawą procesów glikolitycznych, które prowadzą do znacznej kwasicy miejscowej i ogólnej. Reakcję to zaobserwowano podczas wszystkich przeprowadzonych badaniach własnych, w których maksymalne stężenie mleczanu we krwi w zależności od okresu treningowego osiągało wartości rzędu $9,34 \pm 2,06$ (OP), $10,25 \pm 2,53$ (OPG), $10,54 \pm 2,65$ mmol/l (OS). Otrzymane wartości tej zmiennej świadczą o wykonaniu pracy o dużej intensywności.

Do określenia progu AT poza metodami inwazyjnymi, wykorzystano, również metody wentylacyjne (nieinwazyjne). Przebieg zmian parametrów oddechowych, a szczególnie nieliniowy wzrost wydzielania dwutlenku węgla, nieliniowy przebieg rytmu pracy serca i nagły wzrost ilorazu oddechowego obserwowano przy podobnej do progu mleczanowego wartości obciążenia.

Otrzymane wartości w przeprowadzonych badaniach własnych znajdują swoje potwierdzenie w badaniach Gregor'a i Conconiego [17], a także Lucia [24]. Przytoczone wartości, jakie osiągnęli kolarze podczas badań nie odbiegają od prezentowanych w literaturze.

Podczas badań zaobserwowano również istotne zmiany w $V_{E_{max}}$. W OP wartość ta wynosiła $162,57 \pm 14,23$ l/min, poczym w OPG wzrosła do $171,2 \pm 21$ l/min i w OS osiągnęła $186,85 \pm 5,09$ l/min. Porównując, $V_{E_{max}}$ podczas ciężkiej pracy fizycznej przekracza u młodych mężczyzn 100 l/m, sięgając u ludzi wytrenowanych $130-140$ l/min, natomiast u ludzi wyjątkowo wytrenowanych notowano nawet i 205 l/min [22]. Przyrost V_E przebiegał liniowo w stosunku do narastającego obciążenia, aż do momentu osiągnięcia progu wentylacyjnego, który na ogół pokrywa się z progiem AT, poczym następował jej gwałtowny wzrost, prowadzący do hiperwentylacji płuc. Zostało to spowodowane pobudzającym działaniem LA na chemoreceptory tętnicze [8]. Otrzymane wyniki świadczą o tym, że V_E zmienia się istotnie pod wpływem treningu wytrzymałościowego. Przyczyną zwiększenia się $V_{E_{max}}$ pod wpływem treningu jest zwiększenie siły mięśni oddechowych i ruchomości klatki piersiowej oraz subiektywnej tolerancji jej gwałtownych, głębokich ruchów, co istotnie zmniejsza uczucie duszności wysiłkowej [16,23]. Zwiększenie $V_{E_{max}}$ podczas trwania wysiłków o maksymalnej intensywności umożliwia dostarczenie tlenu do pęcherzyków płucnych w niezbędnej ilości do utrzymania nie zmiennego pęcherzykowo-włośniczkowego gradientu pO_2 . Nawet podczas maksymalnych wysiłków krew opuszczająca płuca zostaje niemal w pełni wysycona tlenem [23].

Bardzo podobnie jak to miało miejsce w przypadku VE przebiega przyrost HR. W czasie trwania wysiłków dynamicznych HR wykazuje prawie liniową zależność do narastającego obciążenia. Podczas wysiłków o narastającej intensywności HR wzrasta liniowo do intensywności, jednak w pewnym momencie przyrost ten ulega zmniejszeniu i linia wzrostu HR nie pokrywa się już z obciążeniem. Stan ten oznacza, że HR i związana z nim hemodynamika krążenia nie są w stanie w pełni zapewnić potrzeb metabolicznych powstałych w trakcie wysiłku. Do momentu „załamania tętna” dochodzi w wyniku powstania gwałtownej kwasicy metabolicznej, gdzie stężenie kwasu mlekowego we krwi przekroczyło 4 mmol/l. Oznacza to, że „załamanie tętna” pokrywa się z występowaniem progu AT [4,5,6,16,30,40].

W przeprowadzonych badaniach własnych rejestrację HR u kolarzy rozpoczęto od pomiaru wartości spoczynkowej tego parametru. Przed rozpoczęciem testu, w zależności od okresu HR_{sp} wynosiło 66 ± 14,23 (OP), 63,3 ± 5,6 (OPG), 62,4 ± 4,9 ud./min(OS). Podobne zmiany wystąpiły również podczas oceny HR_{max}, które w OP wynosiło 190,8 ± 5,6 ud./min, po czym uległo znacznemu obniżeniu w OPG do 183,1 ± 6,5 ud./min. Jednak w OS odnotowano niewielki przyrost tego parametru do 188,3 ± 4,7 ud./min. Natomiast na progu AT wartość HR w kolejnych okresach treningowych osiągała wartości 177 ± 7,43 (OP), 168,6 ± 7,42 (OPG), 173,88 ± 4,64 ud./min (OS). Otrzymane wyniki znajdują swoje potwierdzenia w innych badaniach przeprowadzonych również na kolarzach szosowych przez Padilla i Mujika [28,29].

Pomiar zarówno mocy maksymalnej, jak i na progu AT jest istotnym wskaźnikiem diagnostycznym w procesie treningowym kolarzy. Pozwala on na łatwą ocenę przeprowadzanego treningu, który powinien prowadzić do wzrostu tych parametrów [12,43]. Najczulszym wskaźnikiem stopnia wytrenowania wytrzymałości jest obciążenie progowe.

Przeprowadzony trening wytrzymałościowy w czasie trwania doświadczenia u badanych kolarzy spowodował istotny wzrost wartości

obu tych parametrów. Nastąpiło znaczne przesunięcie progu AT, co świadczy o skuteczności przeprowadzanego treningu.

W_{max} badanych kolarzy podczas pierwszego badania (OP) wynosiła $381,81 \pm 37,37$ W, natomiast w następnym badaniu (OPG) wartość ta uległa wzrostowi do $392 \pm 25,30$ W. Jednak największy przyrost W_{max} uzyskano w OS wynoszący $408,88 \pm 26,67$ W.

Podobny wzrost uzyskano również podczas pomiaru W_{AT} , który jest najczulszym wskaźnikiem stopnia wytrenowania wytrzymałości. Podczas kolejnych badań następował stopniowy wzrost tego parametru. Początkowo W_{AT} wynosiła $304,36 \pm 27,30$ W (OP) i uległa tylko niewielkiemu wzrostowi podczas następnych badań (OPG) do $306,22 \pm 31,41$ W. Natomiast istotny wzrost W_{AT} zaobserwowano podczas ostatnich badań (OS) do $321,56 \pm 27,31$ W. Taki wzrost tego wskaźnika jest związany z zwiększoną intensywnością treningu w tym okresie treningowym. Przesunięcie progu AT w kierunku wyższych obciążeń związane jest z mniejszymi zaburzeniami homeostazy przy takich samych obciążeniach, dlatego zawodnik potrafi wykonać większą pracę. Przyczynia się to do zwiększonej adaptacji badanych kolarzy do wysiłków maksymalnych podczas rocznego cyklu treningowego.

W pracy przedstawiono zmiany adaptacyjne w układzie krążeniowo-oddechowym podczas rocznego cyklu treningowego kolarzy. Podczas trwania badań zaobserwowano istotną poprawę analizowanych parametrów układu krążeniowo-oddechowego jak i generowanej mocy. Odnotowano przyrost pułapu i tętna tlenowego, jednak największe zmiany wystąpiły w osiągniętej mocy i przesunięciu progu przemian beztlenowych, oznaczonego przy wykorzystaniu zarówno metod inwazyjnych, jak i nieinwazyjnych. Zakres i tempo analizowanych zmiennych fizjologicznych, są ściśle związane z okresem treningowym i rodzajem treningu przeprowadzanego w danym okresie (tabela 1). Ukazują również, że rejestracja obciążenia progowego jest bardzo istotna w diagnostyce wysiłkowej sportowców. Obciążenie to, może być

wykorzystywane jako skuteczny i optymalny bodziec treningowy zwiększający wytrzymałość.

Wnioski

W oparciu o uzyskane wyniki badań i na podstawie przeprowadzonych obserwacji sformułowano następujące wnioski:

1. Podczas trwania rocznego cyklu treningowego zaobserwowano wyraźną poprawę adaptacji układu krążeniowo-oddechowego do wysiłku wytrzymałościowego badanych kolarzy.
2. Zarówno przyrost mocy maksymalnej jak i dalszy przyrost pułapu tlenowego oraz znaczne przesunięcie progu przemian beztlenowych w kierunku wyższych obciążeń świadczą o skuteczności przeprowadzanego treningu.
3. Zaobserwowano, że dynamika zmiany analizowanych parametrów u badanych kolarzy jest wysoce uzależniona od intensywności i objętości przeprowadzanego treningu.
4. Zaobserwowano istotną zależność pomiędzy dynamiką zmian poboru tlenu w wysiłkach maksymalnych, a stosowaną intensywnością i objętością treningu na poziomie LAT podczas rocznego cyklu treningowego.

Piśmiennictwo

1. Astrand P.O., Rodahl, K.: Textbook of work physiology, New York, 1970
2. Aulik J.V.: Kak operedelit „trenirovannost“ sportssmana. Fizkul`tura i Sport, 1977
3. Bauersfeld K.H, G. Schröter (red): Grundlag der Leichtathletik. Sportverlag, Berlin, 1979
4. Beneke R.: Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. Medicine and Science in Sport and Exercise, 1995

5. Beneke R., Petelin von Duvillard S.: Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 1996
6. Bertram, F., K. Wasserman, Whipp B. J.: Blood lactate concentration in exercises. *J. Appl. Physiol.*, 1988
7. Brehmer R.: Optymalizacja obciążeń w treningu ciągłym maratończyków, *Sport Wyczynowy*, 1982
8. Bullock J., Boyle J., Wang M. B.: *Physiology* 3rd edition. Williams and Wilkins, Baltimore, Hong Kong, London, Munich, Sydney, Tokyo, 1994
9. Chicharro J.L., Legido J.C., Alvarez J., Serratos L., Bandres F., Gaella: Saliva electrolytes as a useful tool for anaerobic threshold determination, 1994
10. Costill D.L.: Naukowe podstawy treningu długodystansowca, *Sport Wyczynowy*, 1976
11. Costill D.L., Thomasson, H., Roberts, E.: Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running, *Med. Sci. Sport*, 1973
12. Coyle E.F., Feltner M.E., Kautz S.A.: Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance, 1991
13. Daniels J.T., Yarbnaugh, R.A., Foster, C.: Changes in VO_{2max} and running performance with training, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1978
14. Farrel S.W., Ivy J.L.: Lactate acidosis and the increase in VE/VO_2 during incremental exercise, 1987
15. Fernandez-Garcia B., Perez- Landaluce J., Rodriguez- Alonso M., et al: Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 2000
16. Górski J.: Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego, PZWL Warszawa, 2001
17. Gregor R., Conconi F.: *Road cycling*, Blackwell Science, 2000
18. Hollman W., Hettinger, T.: *Sportmedizin-Arbeits-und-Trainingsgrundlagen*, Schattauer Verl., Stuttgart, 1980
19. Jaskólski A.: *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka*, AWF Wrocław, 2002
20. Klusiewicz A., Zdanowicz R.: Prógi beztlenowy a stan maksymalnej równowagi mleczanowej- uwagi praktyczne. *Sport Wyczynowy* nr 1-2, 2002
21. Konopka P.: Ausdauer und Ausdauertraining. *D. Zsch. Sportmed.*, 1981

22. Kozłowski S.: Fizjologia wysiłków fizycznych, PZWL, Warszawa, 1970
23. Kozłowski S., Nazar K.: Wprowadzenie do fizjologii klinicznej, 1995
24. Lucia L., Carvajal A., Calderon F.J., Alfonso, A. Chicharro J.L.: Breathing pattern in highly competitive cyclist during incremental exercise, *European J. of Appl. Physiol. And Occupational Physiology*, 79, 1999
25. Lucia L., Pardo J., Durantez A., et al.: Physiological differences between professional and elite road cyclist. *Int J Sports Med.*, 1998
26. Malarecki I.: Wstęp do fizjologii wysiłku i treningu sportowego. Wydawnictwo AWF, Warszawa, 1970
27. Nabatnikova M.J.: Wytrzymałość specjalna sportowca. Sport Wyczynowy, 1974
28. Padilla S., Mujika I., Cuesta G., et al.: Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 1999
29. Padilla S., Mujika I., Orbananos J., et al.: Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 2000
30. Pilis W., Zarzeczny R., Langford J.: Próg przemian beztlenowych, AWF Katowice, 1996
31. Płatonow W. N.: Adaptacja w sporcie, Resortowe Centrum Metodyczno-Szkoleniowe Kultury Fizycznej i Sportu, Warszawa, 1990
32. Poliszczuk D. A.: Kolarstwo szosowe, Warszawa: Centralny Ośrodek Sportu. Resortowe Centrum Metodyczno- Szkoleniowe, 1996
33. Pollock M.L., Wilmore J.H., Fox S.M.: Health and fitness through physical activity, 1978
34. Prus G., Zając A.: Trening wytrzymałości specjalnej w wybranych dyscyplinach sportu, Biurotext Bartłomiej Szade, 1999
35. Raczek J.: Doskonalenie wytrzymałości w procesie treningu sportowego. Poradnik dla trenera, zeszyt 11, 1987
36. Ronikier A.: Kwas mlekowy a wysiłek fizyczny, Warszawa, Instytut Sportu, 1987
37. Sajdin B., Jacobs I.: Onset on blood lactate accumulation and marathon running performance, 1981

38. Siomn J., Young J., Gutin B., Blood D., Case R: Lactate accumulation relativ to the anaerobic and respiratory compensation thesold, 1983
39. Skinner J. S., McLellan T.H.: The ransition from aerobic to anaerobic meatbolism, 1980
40. Vitasalo J.T.: Electromyographic activity related to anaerobic thesold in ergometr bicycling, 1985
41. Yoshida T.: Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic thesold and the inset of blood lactate accumulation, 1984
42. Żarek J.: Wytrzymałość w sporcie, Kraków, 1990
43. Żołądź J.: Nowe spojrzenie na zależność poboru tlenu od mocy generowanej przez mięśnie szkieletowe człowieka, Sport Wyczynowy nr 7-8, 2001

Summary

Endurance training improres the ability to perform long-lasting efforts. This is possible through adaptive changes in the human organism. The Range of mentioned changes depends on intensity and volume of performed training. The main aim of this investigation was to evaluate the cardio-respiratory ability of the organism during the annual training cycle. Ten road cyclist participated in the laboratory tests. (men; age = $23,7 \pm 3,6$ years; body height = $179,4 \pm 4,8$ cm ; body mass = $73 \pm 5,7$ kg). Rest and exercise tests were carried out in three different periods of the annual traning cycle: pre-season (OP), end of pre-competitive peroid (OPG) and competitive period (OS). Obtained results were the basis for adjusting proper intensity of consecutive training periods. In presented publication the adaptive changes in cardio-respiratory system were proven. During investigation, significant improvement of cardio-respiratory system variables occured and a increase of generated power was observe from pre – season to competitive season.

