

Pojęcia stosowane w testach wydolnościowych i treningu

Autorzy: Rafał Drozdek, Piotr Kosielski

Dotarliśmy do czasów kiedy w treningu poza nami i rowerem możemy mieć jeszcze do dyspozycji szereg urządzeń pomiarowych przekazujących informacje do tyłu liczników, ile tylko zmieści nam się na kierownicy. Jeśli pragniemy, możemy być zasypywani toną danych zebranych przez te wspaniałe urządzenia. Jeśli na dodatek komuś mało i lubi od czasu do czasu po rozplanowanych cyklach treningowych odwiedzić laboratorium i poczynić badania wydolnościowe to jako efekt tego wszystkiego dostaje niezliczoną ilość cyferek i literek z których warto byłoby zrobić jakiś pożytek;) W dzisiejszym artykule spróbujemy rozprawić się z podstawowymi pojęciami (niektóre dotyczą tylko mocy, niektóre znają też Ci którzy pozostali wierni tylko pulsometrom) które warto znać, by z tej dżungli treningowego nazewnictwa wyjść w roli Tarzana. A więc do boju.. liany w dłoń!

Po zapoznaniu się z przedstawionymi pojęciami gorąco zapraszamy do zadawania pytań, wyrażania wątpliwości, kontaktu;) Do RIO 2016, mamy nadzieję, wszyscy kolarze w Polsce będą znać definicję każdego tajemniczego skrótu napotkanego w literaturze treningowej i będą umieli wykorzystać go na swoją korzyść;) Dla przejrzystości artykułu podzielimy go na trzy części, chronologicznie zaczynając od najstarszych metod a kończąc na najnowszych. Taki podział jest niezwykle istotny, z uwagi na to, że wiele pojęć dotyczących wydolności, treningu, monitorowanych parametrów było stosowanych wymiennie i dosyć „luźno” przez szkoleniowców, choć nie oznaczały dokładnie tego samego. To wprowadziło znaczne zamieszanie w nomenklaturze i utrudnienie w odbiorze dla zainteresowanych tą tematyką.



Pojęcia związane z analizą krzywej mleczanowej podczas wysiłku:

AeT (aerobic threshold) – próg tlenowy, moment w którym poziom mleczanu zaczyna rosnąć. Widać to na testach progresywnych gdy zazwyczaj poziom mleczanu na początkowych obciążeniach nie rośnie bądź nawet maleje (użyłozacja mleczanu podczas wysiłków tlenowych) i dopiero w którymś momencie (możemy określić na jakiej mocy, i jakim tętnie) zaczyna rosnąć.

Inne nazwy: LT1 (first lactate threshold, pierwszy próg mleczanowy), LT (lactate threshold, próg mleczanowy wg Wassermana)

OBLA (onset of blood lactate accumulation) – początek akumulacji mleczanu, kolejny punkt na krzywej stężenia mleczanu, w którym zmienia się jej dynamika i wykres staje się bardziej stromy. Od tego momentu nasz organizm nie jest już w stanie na bieżąco użyzłozować powstającego kwasu mlekowego i dochodzi do jego akumulacji.

Inne nazwy: LT 2 (second lactate threshold, drugi próg mleczanowy), IAT (individual anaerobic threshold, indywidualny próg beztlenowy)

IAT - "Individual Anaerobic Threshold" -odpowiada chwili gdy podczas testu o rosnącej intensywności poziom mleczanu wzrósł ponad 1.5 mmol/l nad poziom bazowy. Poziom bazowy z kolei określany jest jako LT Wassermana.

AT (anaerobic threshold) – próg beztlenowy, punkt, w którym w procesach energetycznych zaczynają przeważać procesy beztlenowe a substratami tych reakcji są głównie węglowodany.

MLSS (maximal lactate steady state) – maksymalne stałe stężenie mleczanu, jest to punkt określający intensywność wysiłku, przy którym stężenie mleczanu utrzymuje się na najwyższym względnie stałym poziomie. Przyjmuje się, że z taką intensywnością wysiłek może być kontynuowany do godziny czasu. Badania podają zakres od 18 do 60 min.

Dmax - metoda wyznaczenia progu beztlenowego polegającego na analizie dynamiki krzywej mleczanu podczas testu progresywnego. Daje większe szanse lepszemu oszacowania punktu przemian beztlenowych niż określanie punktu OBLA metodą wizualną.

Wątpliwości i zawiłości znajduwane w literaturze:

Najwięcej zamieszania wywołał chyba sam Joe Friel używając skrótu LT na określenie tak naprawdę AT. Czytając jego artykuły czy książki pamiętajmy, że LT, wokół którego budował swoją filozofię treningu odnosi się do progu przemian beztlenowych. Kolejnymi zagadkami są skróty LT2 i LT4 – przez niektóre laboratoria przedstawiane jako odpowiednio próg tlenowy i beztlenowy. Jest to stosunkowo mało precyzyjne rozwiązanie. LT2 oznacza po prostu punkt, w którym stężenie mleczanu we krwi osiągnęło wartość 2 mmol/l, LT4 zaś odpowiednio 4 mmol/l. Utożsamianie ich z progami tlenowym i beztlenowym patrząc przez pryzmat pojedynczego zawodnika jest dosyć ryzykowne, gdyż zakres występowania progu beztlenowego (AT) u sportowców waha się od 2 aż do 8 mmol/l.

Które progi wyznaczają strefy energetyczne wysiłku?

Wyznaczając podstawowe strefy (tlenową, przemian mieszanych i beztlenową) najlepiej oprzeć się na progu tlenowym AeT oraz progu beztlenowym (AT) wyznaczonym metodą

Dmax. Niektórzy za próg beztlenowy przyjmują OBLA, jednak może prowadzić to do przeszacowania, OBLA zazwyczaj uzyskiwany jest przy wyższej intensywności i w pewnym stopniu koreluje z punktem kompensacji oddechowej (RCP), o którym mowa w dalszej części artykułu. Oznaczenie MLSS wymaga specjalnych testów o stałej intensywności, najlepiej wykonywanych kilkakrotnie w odstępach co najmniej dwudniowych. Trudne do przeprowadzenia zważywszy na rozpisany plan treningowy, starty itp. Istnieją modyfikacje – jak np. jednodniowy protokół Palmera z 1999r., jednak by przystąpić do tego typu testu musimy chociaż mniej więcej znać swoją moc progową - FTP (wyjaśnienie w dalszej części). W związku z tym, testy MLSS znajdują większe zastosowanie w weryfikacji innych badań niż w wyznaczaniu energetycznych stref wysiłku czy stref intensywności treningu.



Pojęcia związane z badaniem ergospirometrycznym:

Ergospirometria to morze możliwości jeśli chodzi o analizę wydolności i co najmniej kilkadziesiąt pojęć i parametrów, w tym artykule jednak skupimy się na tych najważniejszych, najbardziej podstawowych dla treningu i monitorowania postępu.

VO2max – maksymalny pobór tlenu, czyli jaką objętość tlenu jesteśmy w stanie dostarczyć do pracujących mięśni

VO2peak – nie zawsze jesteśmy w stanie osiągnąć VO2max, w takich sytuacjach podaje się VO2peak, czyli najwyższą osiągniętą w konkretnym badaniu wartość, niższą jednak od VO2max zawodnika

VT1 (first ventilatory threshold) – pierwszy próg wentylacyjny, odpowiadający AeT

VT2 (second ventilatory threshold) – drugi próg wentylacyjny – tu rozbieżności w literaturze są już spore. W części przypadków poprzez VT2 rozumie się próg beztlenowy (AT), zaś w innych punkt kompensacji oddechowej (RCP). Z uwagi na metodykę wyznaczania progów osobiście skłaniałbym się do tej drugiej opcji.

AT (anaerobic threshold) – próg beztlenowy, we współczesnej ergospirometrii wyznaczany obecnie metodą Vslope, bazującej na odchyleniu krzywej VCO_2/VO_2 w związku z dodatkową produkcją CO_2 związaną z buforowaniem kwasu mlekowego

Inne nazwy: LAT (Lactic acidosis threshold) – nazwa stosowana przez prof. Wassermana w odniesieniu do progu beztlenowego w ergospirometrii, ze względu na uproszczenie nomenklatury stosuje się jednak skrót AT.

RCP (respiratory compensation point) – punkt kompensacji oddechowej, punkt w którym gwałtownie zaczyna rosnać wentylacja minutowa płuc jednak bez wyraźnego wzrostu pochłaniania tlenu przez nasz organizm. Każdy ma indywidualne zdolności do utrzymywania zdolności do pracy ponad progiem RCP jednak jego dłuższe przekroczenie (np. 5min) powoduje spadek wydolności i utrudnioną regenerację.

Ve – wentylacja minutowa, czyli ile litrów powietrza przepływa przez nasze płuca w ciągu minuty

Ve/VO₂ (ventilatory equivalent ratio for oxygen) – równoważnik wentylacyjny dla tlenu, czyli ile litrów powietrza musimy przepuścić przez płuca aby do mięśni trafiła określona objętość tlenu

Ve/VCO₂ (ventilatory equivalent ratio for carbon dioxide) – równoważnik wentylacyjny dla dwutlenku węgla, podobnie jak wyżej, z tą różnicą, że CO_2 wydychamy

Vt (tidal volume) – objętość oddechowa (objętość jednego oddechu)

BR (breathing reserve) – rezerwa oddechowa, różnica między maksymalną dowolną wentylacją a najwyższą wentylacją uzyskaną podczas wysiłku

BF (breathing frequency) – częstotliwość oddychania, czyli ile oddechów wykonujemy w ciągu minuty

RER (respiratory exchange ratio) – wskaźnik wymiany oddechowej, czyli stosunek wydychanego dwutlenku węgla do pobieranego tlenu.

Na co zwracać uwagę?

Strefy wysiłku najlepiej wyznaczyć na podstawie VT1, AT i RCP. Z uwagi na wahania masy ciała w ciągu sezonu warto śledzić nie tylko VO_2max w ml/kg/min ale także w wartościach bezwzględnych (L/min). Osiągana wentylacja może nam sporo podpowiedzieć w zakresie jakości naszego oddychania. Należałoby zwrócić uwagę nie tylko na jej wartość maksymalną, ale też na sposób jej uzyskania, czyli iloczyn Vt i BF – to jak często i jak głęboko oddychamy ma dużo większe znaczenie niż nam się wydaje! Rezerwa oddechowa (BR) powie nam czy nasz układ oddechowy ma jeszcze szansę dalszej adaptacji do zwiększonego wysiłku czy też wykorzystujemy już wszystkie jego możliwości. Godny uwagi jest również wskaźnik RER – zwłaszcza na szczycie wysiłku i obserwowany dalej podczas restytucji – to pośrednia ale dosyć istotna informacja o zakwaszeniu organizmu. Istotny jest również wskaźnik C.O. (cardiac output – rzut minutowy serca), podają go jednak nieliczne

laboratoria i zazwyczaj tylko wartość szacowaną. Wskaźnik ten wymaga omówienia w osobnym artykule, dlatego tu nie będziemy się na ten temat rozwodzić.



Pojęcia stosowane w treningu z miernikiem mocy.

FTP - functional threshold power - maksymalna moc jaką zawodnik jest w stanie utrzymać przez 60min. Dla większości zawodników główny miernik wytrenowania (szczególnie maratony, wyścigi szosowe, mniej XC z racji iż poziom mocy FTP nie daje pełnej informacji na temat adaptacji zawodnika do zmiennego tempa i wysiłków interwałowych). Standardowo do oszacowania aktualnego poziomu FTP stosuje się testy 20minutowe bądź różne kombinacje testów np. 20 minutowymi z 8 minutowymi. Najprostszą metodą jest wykonanie testu 20 minutowego i pomniejszenie wyniku uzyskanej mocy o 5-10%. Dla przykładu jeśli

zawodnik uzyskał na 20 min średnią moc 300W to jego FTP kształtują się na poziomie 270-285W. Oczywiście można pojechać test 60min i nie trzeba wtedy się zastanawiać czy odjąć 5%, 7,5% czy 10%. Warunkiem "ważności testów" jest utrzymywanie ciągle podobnej mocy - nie może być tak że pierwsze 10min zawodnik pojechał ze średnią 320 a drugie 10min 280W. Innymi słowy moc znormalizowana nie powinna się dużo różnić od mocy średniej.

CP X - (critical power) testy w których zawodnik utrzymuje maksymalną moc w danym czasie np: CP20 to test w którym zawodnik stara się wygenerować jak największą średnią moc przez 20minut

*warto zaznaczyć że oficjalnie termin "critical power" używa Dr. Skiba w swych pracach naukowych który pracuje nad modelowaniem matematycznym algorytmów wysiłkowych. Zagadnienie CP wedle dr Skiby postaram się zresztą omówić w kolejnym artykule.

TSS - metoda oceny obciążenia wysiłku która korzysta z IF (intensity factor) i czasu trwania wysiłku a więc innymi słowy rolę gra tu MOC i CZAS. Dla ogółu ludzkości (uwaga, bo można odnotować duże różnice między jednostkami) przyjmuje się następujące wartości:

- TSS < 150 - niskie - odpoczynek
- 150-300 - średnie (symptomy zmęczenia mogą być odczuwalne drugiego dnia, jednak 2 dni po treningu powinny zniknąć)
- 300-450 - wysoki (zmęczenie odczuwalne powyżej 2 dni)
- > 450 - bardzo wysoki (zmęczenie odczuwalne kilka dni)

Kumulacja TSS na przestrzeni tygodnia, miesiąca jest pomocna w poszukiwaniu optymalnej dawki treningowej która prowadzi do stałego postępu w osiągnięciach, a z drugiej strony chroni przed przetrenowaniem. Warto zauważyć że po przejechaniu godzinnej czasówki TSS wyniesie 100 czyli wedle klasyfikacji byłby to niski stopień zmęczenia organizmu - i tu rodzi się pytanie czy wolisz odpocząć dzień po takim treningu czy faktycznie czujesz się wypoczęty i trenujesz dalej.

IF - Intensity Factor - stosunek znormalizowanej mocy do aktualnego FTP.
Typowa klasyfikacje wysiłku ze względu na IF

- mniej niż 0.75 jazda odpoczynkowa
- 0.75-0.85 spokojna wytrzymałościowa jazda
- 0.85-0.95 tempówki, interwały w strefach tlenowej/beztlenowej, wyścigi szosowe >2,5h
- 0.95-1.05 interwały na progu beztlenowym (tylko okres powtórzenia, bez przerw) , wyścigi szosowe <2,5h, kryteria, dłuższe np. 40km czasówki
- 1.05-1.15 krótsze np 15km czasówki, wyścig punktowy na torze
- Wyższy niż 1.15 prologi do jazdy na czas, wyścig na torze na dochodzenie

Jeśli wyszło Ci z godzinnej czasówki IF >1 to znaczy że Twoje FTP wzniosło się na nowy poziom:) i jesteś mocniejszy niż Ci się zdawało.

TRIMP - TRening IMPulse - Jeden z modeli mierzenia obciążenia treningowego oparty na pomiarze tętna i czasie treningu. Wraz ze wzrostem wartości tętna bądź czasu treningu rośnie TRIMP - w kolarstwie zdecydowanie precyzyjniejszy jest TTS oparty na mocy jednak w sportach jak bieganie w których nie ma możliwości pomiaru mocy możemy opierać się o wartości TRIMPa bądź używać rTSS (trainingpeaks) który opiera się na prędkości biegu i czasie.

NP - Normalized Power -moc znormalizowana - jest to wartość którą wylicza algorytm biorąc pod uwagę nierównomierność Twojej jazdy (przyśpieszenia, zwolnienia). Na wyścigach typu kryterium uliczne gdzie często odpuszczamy korby, mamy momenty zwolnienia po finiszu i dużo zakrętów moc średnia wychodzi niewspółmiernie niska do wysiłku włożonego w taki szarpany wyścig. NP określa ile tak naprawdę kosztował Cię ten trening/wyścig. Z idealnie równo przejechanego odcinka moc znormalizowana powinna być równa średniej mocy. Algorytm został zaprojektowany do jednostek treningowych powyżej godziny i czasami zdarza się że przy krótszych jednostkach $NP < \text{średniej mocy}$ co jest niemożliwe z praktycznego punktu widzenia.

Power Curve - krzywa mocy - jest ona tworzona na podstawie danych z miernika mocy. Naniezione są na nią maksymalne moce uzyskane w każdym przedziale czasowym. Jeśli ktoś nie używa pomiaru mocy na co dzień a tylko na testach to krzywa zostanie stworzona na podstawie najpopularniejszych testów - piku mocy z 1s, 10s, 30 s, 5min, 20min. Na podstawie zmian krzywej można obserwować jak zmieniała się nasza wydolność tlenowa i beztlenowa na przestrzeni cyklu treningowego, sezonu, lat.

Podstawowe rodzaje protokołów obciążeń w testach wydolnościowych:

Test progresywny schodkowy (step test) - test podczas którego zadawane obciążenie przyrasta "schodkowo" np. 30W/3min (nie ma płynnego przyrostu obciążenia za to organizm ma szansę na stabilizację na danym obciążeniu).

Test progresywny liniowy (ramp test) - test podczas którego zadawane obciążenie przyrasta liniowo, dzięki czemu nie czujemy skoków obciążenia.

Test o stałym obciążeniu – moc od początku do końca testu utrzymywana jest na tym samym poziomie. Tego typu protokół znajduje swoje zastosowanie w testach CP oraz MLSS.

Podsumowanie

Potraktujcie proszę ten artykuł jako wstęp, swojego rodzaju spis treści, do którego zawsze można wrócić, żeby sprawdzić, który element jest od której układanki. My natomiast postaramy się po kolei przybliżyć poszczególne tematy w bardziej szczegółowy sposób, podpierając się konkretnymi przykładami z naszych badań.

Autorzy: Rafał Drozdek, Piotr Kosielski

Bibliografia:

„Principles of Exercise Testing and Interpretation Including Pathophysiology and Clinical Applications”, Fourth Edition, Wasserman K., Hansen J., Sue D., Stringer W., Whipp B.

“Lactate threshold concepts: how valid are they?” Faude O., Kindermann W., Meyer T., Sports Med. 2009

“Blood lactate diagnostics in exercise testing and training.” Beneke R., Leithäuser R.M., Ochentel O., Int J Sports Physiol Perform. 2011 Mar;6(1):8-24

“Blood lactate concentration at the maximal lactate steady state is not dependent on endurance capacity in healthy recreationally trained individuals.” Smekal G1, von Duvillard SP, Pokan R, Hofmann P, Braun WA, Arciero PJ, Tschan H, Wonisch M, Baron R, Bachl N., Eur J Appl Physiol. 2012 Aug;112(8):3079-86. doi: 10.1007/s00421-011-2283-7. Epub 2011 Dec 23.

“Frequency of the VO₂max plateau phenomenon in world-class cyclists.” Lucía A1, Rabadán M, Hoyos J, Hernández-Capilla M, Pérez M, San Juan AF, Earnest CP, Chicharro JL. Int J Sports Med. 2006 Dec;27(12):984-92. Epub 2006 May 30.

“Analiza wydolności sportowca w badaniu ergospirometrycznym na cykloergometrze.” Kosielski P., Bortnik K., Padula G., XII Konferencja „Nowoczesne Technologie w Medycynie Sportowej – Zdrowie zawodnika największą wartością”, 2013 Oct 24-25

Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. Solberg G., Robstad B., Skjønsberg O.H., Borchsenius F., J Sports Sci Med. 2005 Mar 1;4(1):29-36. eCollection 2005.

“Noninvasive determination of anaerobic threshold by monitoring the %SpO2 changes and respiratory gas exchange” Nikooie R1, Gharakhanlo R, Rajabi H, Bahraminegad M, Ghafari A., J Strength Cond Res. 2009 Oct;23

“Training and racing with a power meter” 2nd edition, Coggan A., Hunter A.

http://www.coachgordo.com/gtips/endurance_essentials/aerobic_threshold_summary.html

<http://totalcyclingperformance.com/2009/01/25/aerobic-threshold-training-for-cyclists-aet/>

http://cyclingcommentary.typepad.com/cycling_commentary/training-tools/

http://alex-cycle.blogspot.com/2013_03_01_archive.html

<http://www.trainingandracingwithapowermeter.com/2010/05/analyzing-interval-workouts-using-power.html>

<http://cyclingtips.com.au/2009/07/average-vs-normalized-power/>

<http://www.physfarm.com/bikescore.pdf>

<http://www.cyclingmusings.com/2011/11/golden-cheeta-quickstart-guide-part-ii.html>

<http://home.trainingpeaks.com/blog/article/normalized-power,-intensity-factor-training-stress>

<http://support.trainerroad.com/entries/20644037-What-do-FTP-NP-IF-and-TSS-mean->

<http://www.fmh.utl.pt/agon/cpfmh/docs/documentos/recursos/112/CzubaD-maxMLSS.pdf>

<http://www.ergonizer.de/en/anaerobeschwelle.html>

<http://journals.humankinetics.com/AcuCustom/Sitename/Documents/DocumentItem/1226.pdf>

<http://www.fascatcoaching.com/mlss.html>