

El VT2 es troba molt pròxim al 90% de la Freqüència Cardíaca Màxima Individual

DE YZAGUIRRE, I.
SUÑE D.
HUELIN F.
DULANTO D.
GUTIÉRREZ JA.

Consell Català de l'Esport, Barcelona.
Centre de Medicina de l'Esport
Ajuntament de Granollers.
SEMAE, Departament Fisiologia
Divisió III Universitat de Barcelona.
Hospital de Basurto.

CORRESPONDÈNCIA:
Ignasi de Yzaguirre
Consell Català de l'Esport
Av. Països Catalans 12, 08950,
Esplugues de Llobregat, Barcelona, Espanya
E-mail: 14521ijm@comb.es

RESUM:

Objectiu: L'objectiu d'aquest treball és establir una relació entre el segon llindar ventilatori (VT2) i la freqüència cardíaca màxima (FCM), ambdós determinats per tests progressius maximals en cicloergòmetre.

Mètodes: Un test triangular progressiu minuat fins al màxim esforç en cicloergòmetre (estadi inicial 60W amb increments de 30W·min⁻¹) va ser administrat a un grup 315 subjectes esportistes, 244 homes (24,7±9 anys; 68±7,3 kg; 174±6 cm; 10,6±1% Greix, 185,3±11,7 FCM) i 29 dones (21,5±5 anys; 55,29±5 kg; 163,1±5,3 cm; 11,5±1% Greix, 185,5±10,2 FCM). La freqüència cardíaca (FC) va ser realocionada amb el VT2 i l'edat. El gènere, l'edat i el període de la temporada van ser comparades amb la FC corresponent al VT2 (%FCM_{VT2}).

Resultats: La mitjana del %FCM_{VT2} és de 90,17 ± 3,21 (Limit estadístic inferior (LEI)=77,89, Limit estadístic superior (LES) = 97,63). 1SD (LEI = 86,96, LES = 93,38, 68,25% de la mostra). 2SD (LEI = 83,75, LES = 96,59, 81,85% de la mostra). El test one-way ANOVA mostra que no existeixen diferències significatives (P>0,05) del %FCM_{VT2} segons el gènere (P = 0,20), l'edat (P = 0,18) i el més de la temporada (P = 0,18). S'estableix una recta de regressió FCM vs edat, que mostra un coeficient de correlació (r = -0,54) i una funció y = ax + b (FCM = 202,0 - 0,68 · edat).

Conclusions: Acceptem com a mètode a tenir en compte el càlcul de la FC corresponent al VT2 segons (FC_{VT2} = 90,17% FCM), acceptant un error del 6,42% de la FCM (2SD, 81,85% de la població).

PARAULES CLAU: Segon llindar ventilatori (VT2), Freqüència cardíaca màxima (FCM), Test progressiu.

SUMMARY.

Objective. The objective of this work consists of establishing a relationship between the second ventilator threshold (VT2) and maximum heart rate (MHR), both determined by progressive maximum tests carried out in cycloergometer.

Methods. A progressive triangular test was carried out until maximum effort in a cycloergometer (initial state 60w with increases of 30w·min⁻¹) to a group of 315 sportsmen, 244 male (24,7±9 years; 68±7,3 kg; 174±6 cm; 10,6±1% fat; 185,3±11,7 FCM) and 29 female (21,5±5 years; 55,29±5 kg; 163,1±5,3 cm; 11,5±1% fat; 185,5±10,2 FCM). The heart rate (HR) was related to VT2 and age. Sex, age and season were compared with the HR corresponding to VT2 (%HRM_{VT2}).

Results. %HRM_{VT2} average is 90,17±3,21 (inferior statistical limit (ISL)=77,89, superior statistical limit (SEL)=97,63. 1SD (ISL) = 86,96, SEL= 93,38; 68,25% of the sample). 2SD (ISL = 83,75, SEL = 96,59; 81,85% of the sample). The one-way ANOVA test demonstrates that there are no significant differences (p>0,05) of %FCM_{VT2} according to sex (p=0,20), age (p=0,18) and the month of the season (p=0,18). A straight line of regression MHR versus age, that shows a correlation coefficient (r= -0,54) and a function y = ax + b (MHR = 202,0 - 0,68 age), is established.

Conclusions. It is accepted as a method to calculate the HR corresponding to the VT2 seconds (HR_{VT2} = 90,17% MHR), acknowledging an error of 6,42% regarding the MHR (2SD, 81,85% of the population).

KEY WORDS: Second Ventilatory Threshold (VT2), Maximum heart rate (MHR), Progressive test.

Actualment un dels paràmetres més usats en la prescripció de la intensitat de treball en els esports de resistència és la freqüència cardíaca (FC)^(7,8,9,12). L'ús dels pulsòmetres amb memòria, suposa un sistema de "feed-back" immediat per a l'esportista i ens permet enregistrar l'evolució d'aquest paràmetre al llarg de l'entrenament de forma fàcil. Em de tenir en compte però, que en exercicis de llarga duració existeix una desviació fisiològica de la FC, anomenada cardio deriva^(16,23).

A partir del 1954 Hollman i cols. intenten fixar paràmetres submàxims que els permetin determinar l'estat físic (17,18). Amb anterioritat Hollmann descriu per primera vegada el "point of the optimum ventilatory efficiency (PoW)" i el concepte de "transició aero-anaeròbica"⁽²⁾. Posteriorment Wasserman & McIlroy⁽³⁾ introdueixen el concepte operatiu de "anaerobic threshold"(AT).

Fruit d'aquesta recerca apareix el concepte del segon llinzar ventilatori (VT2). El VT2, representa la intensitat en la que l'acumulació de lactat en sang augmenta decisivament (la producció supera a la neteja) i s'acompanya per un hiper-ventilació adicional, en un intent de tamponar l'acidosis⁽¹³⁾. El VT2 esta considerat com un bon predictor de l'estat físic en l'exercici de resistència^(10,11,22).

L'objectiu d'aquest treball és establir una relació entre el segon llinzar ventilatori (VT2) i la freqüència cardíaca màxi-

ma, ambdós determinats per tests progressius maximals en cicloergòmetre.

METODES

Subjectes

En aquest estudi 315 subjectes esportistes, la majoria ciclistes (n = 274), de nivell regional i nacional van ser seleccionats per realitzar un test triangular progressiu minutat fins al màxim esforç en cicloergòmetre. Els test formaven part de les evaluacions de les federacions d'on provenien, per les que els subjectes donaven el seu consentiment. Tots els subjectes estaven familiaritzats amb el protocol i el material del test en qüestió. Un exàmen mèdic previ, incloent ECG en repòs i ecocardiograma en els pacients amb comportaments cardíacs anòmals, va ser aplicat per descartar possibles problemes de salut en els participants.

Els tests es van administrar entre el 1991 i el 2001, sota condicions ambientals estàndard. El dia anterior al test només era permès el treball regeneratiu. Tots els tests eren realitzats al matí després d'un esmorzar corrent.

El percentatge de greix total va ser determinar amb el mètode adipòmetric de Faulkner⁽¹³⁾ en cinc punts diferents. Les dades antropomètriques es mostren en la taula 1.

Taula I Dades antropomètriques

Sexe	n	Edat (anys)	Pes (kg)	Alçada (cm)	% Grassa	MHR (bpm)	HR _{VT2} (bpm)	MHR _{VT2} %
Dona	29	21,5±5,9	55,29±5,9	163,1±5,3	11,5±1,9	185,5±10,2	170,1±8,6	91,7±2,2
Home	244	24,7±9,4	68±7,3	174±6	10,6±1,8	185,3±11,7	166,7±12,4	89,9±3,3

% Grassa obtingut pel mètode Faulkner

FCM = Freqüència cardíaca màxima

FC_{VT2} = Segon llinzar ventilatori de la freqüència cardíaca

%FCM_{VT2} = %FCM corresponent a la FC_{VT2}

Protocol

El test espiroergometric es va realitzar en un cicloergòmetre (Monark 868, Vansbro, Sweden) amb una resistència inicial de 60W incrementant la càrrega de treball cada minut en 30W fins que el subjecte claudicava. Es va donar encoratjament oral a tots els subjectes.

La FC va ser enregistrada de forma continua per telemetria amb un pulsòmetre (Polar PE 3000, Polar Electro, Kempele, Finland). Els valors de FC són la mitja de la FC enregistrada cada 15 seg. Un cop finalitzada la prova es prenien la FC de recuperació als 1, 3, i 5 min. Entenem per FCM la

FC màxima enregistrada de forma instantànea durant el transcurs de la prova.

Les dades ventilatòries van ser obtingudes amb un sistema breath-by-breath (Oxycon Delta, Jaeger, Breda, The Netherlands) i (Oxicon 3, Mijnhardt, Bunnik, The Netherlands). El valor màxim enregistrat de VO₂ al llarg de la prova és considerat com el VO_{2max}.

Els resultats dels tests van ser interpretats visualment per un únic observador. Es determina el VT2 de cada subjecte seguint els criteris de JA Davis⁽¹⁴⁾ i de Skinner JS i McLellann T⁽¹⁵⁾: increment decisiu del pendent en la corva de l'equiva-

Taula II Metanàlisi

Article	n	Sexe	Esport	Variable	FCM	VT2 FC	% FCM
V. Ferrer i cols. ¹	62	?	Ciclisme	-	178±8,4		90,5±3,7
V. Ferrer i cols. ²	131	?	Futbol	Porter	196±10,9	174,3±14,5	88,9±4,7
				Migcampista	195,8±7,3	176,1±8,3	90,4±3,5
				Central	195,1±7,2	174±10,4	89,2±6,1
				Davanter	192,6±8,6	172,2±10,8	89,3±3,2
B. Coen i cols. ³	87 24	?	Corredors i triatletes	Test 1	188±11	171±10	90,95±10,5
				Test 2	191±15	173±16	90,57±15,5
				Test 3	190±13	171±13	90±13
				Test 4	187±7	168±9	89,8±8
				Test 5	192±8	173±9	90,1±8,5

FCM: Freqüència cardíaca màxima.

VT2: Segon llindar ventilatori; Freqüència cardíaca

¹ Ferrer V, García MJ, Carrión M, Pastor A, Martínez I. Evaluación funcional del ciclista cadete. Selección; 11(4):287. 2002

² Ferrer V, García MJ, Carrión M, Pastor A, Martínez I. Perfil fisiológico del jugador de fútbol juvenil. 2002 Selección; 11(4):287-288.

³ Coen B, Urhausen A, Kindermann VV. Individual Anaerobic Threshold: Methodological Aspects of its Assessment in Running.

Int J Sports Med 2001; 22: 8-16.

lent ventilatori per l'oxigen ($VE \cdot VO_2^{-1}$) i en la corva de ventilació (VE), segona inflexió en la corva de CO_2 , i la proximitat del quocient respiratori R:1. Un cop establert el VT2 es relaciona amb la FC determinant la FC_{VT2} . Aquesta FC_{VT2} es compara amb la FCM obtenint el % de la FCM corresponent a la FC_{VT2} ($\%FCM_{VT2}$).

Estadística

Les dades són procesades estadísticament amb el software Statgraphics 5.1 plus. Es determina la mitjana i la desviació standard (SD) per els valors de $\%MHR_{VT2}$, així com els LEI i LES per a 1 i 2 SD. Es realitza un test de normalitat per a $\%MHR_{VT2}$. S'utilitza a "one way analysis variance" (ANOVA) per esbrinar si existeixen diferències significatives entre el gènere, l'edat i el més de la temporada respecte el $\%FCM_{VT2}$. Es realitza una "locally weighted regression" entre $\%FCM_{VT2}$ i el més de la temporada. S'estableix una recta de regressió entre FCM i l'edat.

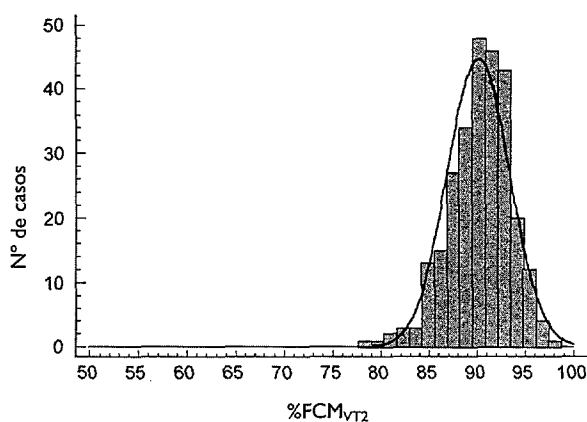
Metanàlisi

De forma adjacent presentem un metanàlisi de tres articles (taula 2) on comparem el $\%FCM_{VT2}$ per a diferents esports: ciclisme (n=62), futbolistes (n=131) i corredors i triatletes (n=111). Els resultats dels estudis de Ferrer V, et col.^(19,20) són determinats a partir del VT2, mentre que els de Coen, B et col.⁽²¹⁾ són determinats a partir del "individual anaerobic threshold" (IAT).

RESULTATS

La mitja del $\%MHR_{VT2}$ (90.17 ± 3.21 , LEI=77.89, USL = 97.63). 1SD (LES = 86.96, USL = 93.38, 68.25% de la mostra). 2SD (LEI = 83.75, LES = 96.59, 81.85% de la població) i es distribueix segons la corva no normal del gràfic 1. Es refuta la hipòtesis que $\%FCM_{VT2}$ segueixi una distribució normal ja que existeix una $P < 0.001$ en almenys un dels tests aplicats (Chi-square $P = 0.00$, Shapiro-Wilkins $W P = 0.00$, Z score for skewness $P = 0.00$, Z score for kurtosis = 0.001). Podem veure la distribució de $\%MHR_{VT2}$, en el histograma de la figura 1.

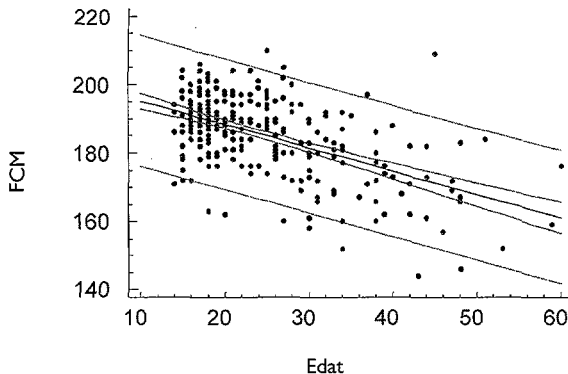
El test one-way ANOVA mostra que no existeixen diferències significatives ($P > 0.05$) del $\%FCM_{VT2}$ segons el gènere ($P = 0.20$), l'edat ($P = 0.18$) i el més de la temporada ($P = 0.18$).

Figura I Histograma de la FCM_{VT2} 

S'estableix una recta de regressió FCM vs Edat que mostra un coeficient de correlació ($r = -0,54$) i una funció $y = ax + b$ ($FC \text{ màx} = 202,0 - 0,68 \cdot \text{edat}$). Aquest resultat es pot observar en la figura 2.

Figura II

Regressió linear entre la FCM y l'Edat



DISCUSIO

Amb aquest estudi em intentat donar una eina de camp als entrenadors per poder determinar una intensitat de tre-

ball, expressada en FC, que es correspondrà aproximadament al VT2.

Això no vol dir que no es tinguin que realitzar proves de laboratori per determinar el VT2 de forma més acurada, sinó que de forma ràpida i senzilla es pot tenir una mesura fiable per treballar ($HR_{VT2} = 90\% MHR$). Si observem les dades del metanàlisi Segons Calbet (n), es pot acceptar que el grau de variabilitat en els tests realitzats en laboratoris de fisiologia de l'esport, s'apropa al ****. Acceptem doncs una variabilitat del XXX en els valors obtinguts en els tests de laboratori. El mètode que proposem no dista molt d'aquests resultats, presenta un error del 6,42% de la MHR (2SD, 81.85% de la població), es per això que resulta un mètode a tenir en compte.

La hipòtesi que el $\%MHR_{VT2}$ segueix una distribució normal ha estat refutada (Chi-square $P = 0.00$, Shapiro-Wilkins $W P = 0.00$, Z score for skewness $P = 0.00$, Z score for kurtosis = 0.001). Creiem que es degut a falses proves màximes, que han finalitzat abans d'assolir la FCM individual.

Per concloure, no em trobat diferències significatives pel $\%FCM_{VT2}$, segons edat, gènere ni període de la temporada. Em de tenir en compte que el número de noies ($n = 29$) era molt inferior al d'homes ($n = 244$).

Bibliografia

- [1] HILL, A.V., C.N.H. LONG AND H.LUPTON, Muscular exercise, lactic acid and the supply utilization of oxygen-parts VII-VIII. Proceedings of the Royal Society of Britain, 1924. 97: p. 156-160.
- [2] HOLMAN, W. Der Arbiets und Trainingseinfluss auf Kreislauf und Atmung. Darmstadt, 1959.
- [3] WASSERMAN, K. AND M. MCILLROY. Detection of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. Am. J. Cardiol. 14:844-852, 1964.
- [4] KINDERMANN, W., G. SIMON, and J. KEUL. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the detection of work load intensities during endurance training. Eur. J. Appl. Physiol. 52:25-34, 1979.
- [5] MADER, A., H. LIESEN, H. HECK, H. PHILIPPI, and R. ROST. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Dtsck. Z. Sportmed. 27:80-112, 1976.
- [6] CONCONI, F., M. FERRARI, P. G. ZIGLIO, P. DROGHETTI, and L. CODECA. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J. Appl. Physiol. 52:869-873, 1982.
- [7] GILMAN, M. B. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. Int. J. Sports Med. 21:73-79, 1996.
- [8] O'TOOLE ML, DOUGLAS PS, HILLER WD. Use of heart rate monitors by endurance athletes: lessons from triathletes. J Sports Med Phys Fitness. 38(3):181-7. 1998.
- [9] JEUKENDRUP, A., and A. VAN DIEMEN. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. J Sports Sci. 16:S91-S99, 1998.
- [10] LAURSEN PB, SHING CM, TENNANT SC, PRENTICE CM, JENKINS DG. A comparison of the cycling performance of cyclists and triathletes. J Sports Sci. 21(5):411-8, 2003.
- [11] ZACHAROGLIANNIS E, FARRALLY M. Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. J Sports Med Phys Fitness. 33(4):337-47, 1993.
- [12] ACHTEN J, JEUKENDRUP A. Heart rate monitoring: applications and limitations. Sports Med. 33(7):517-38. 2003.
- [13] FAULKNER F, and TANNER JM. Human Grwth. 2nd edn. 3vol. Plenum NewYork.1986.
- [14] SKINNER JS, MCLELLAN T, The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Res Quart Exercice and Sports. 51(1):234-248. 1980.

- [15] DAVIS JA. Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc.* 17:6-18. 1985.
- [16] BOULAY MR, SIMONEAU JA, LORTIE G, BOU-CHARD C. Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Med Sci Sports Exerc.* 29(1):125-32. 1997.
- [17] HOLLMANN W. The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial blood and venous blood, the ventilation, $\dot{V}O_2$ and pulse frequency during increasing spiroergometric work in endurance trained and untrained persons. 3. Pan-American Congress for Sports Medicine. Chicago. Nov 29. 1959.
- [18] BOLT W, HOLLMANN, SCHILD KT, et al. The pyruvate and lactate level in the blood during exercise. *Arztl Wschr.* 30: 656-62. 1956.
- [19] FERRER V, GARCÍA MJ, CARRIÓN M, PASTOR A, MARTÍNEZ I. Evaluación funcional del ciclista cadete. *Selección.* 11(4):287. 2002.
- [20] FERRER V, GARCÍA MJ, CARRIÓN M, PASTOR A, MARTÍNEZ I. Perfil fisiológico del jugador de fútbol juvenil. *Selección.* 11(4):287-288. 2002.
- [21] COEN B, URHAUSEN A, KINDERMANN W. Individual Anaerobic Threshold: Methodological Aspects of its Assessment in Running. *Int J Sports Med.* 22: 8-16. 2001.
- [22] LUCÍA A, HOYOS J, PEREZ M, CHICHARRO JL. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc.* 32(10):1777-82. 2000.
- [22] VAGO P, MERCIER J, RAMONATXO M, PREFAUT C. Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity?. *Int J Sports Med.* 8(3):190-5. 1987.
- [23] BOULAY MR, SIMONEAU JA, LORTIE G, BOU-CHARD C. Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Med Sci Sports Exerc.* 29(1):125-32. 1997.
- [24] DAVIS JA, FRANK MH, WHIPP BJ, WASSERMAN K. Anaerobic threshold alteration caused by endurance training in middle-aged men. *J Appl Physiol.* 46:1039-1046. 1979.
- [25] CAIOZZO VJ, DAVIS JA, ELLIS JF, AZUS JL, VANDAGRIFF R, PRIETTO CA, MALMASTER WC. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol.* 53:1184-1189. 1982.
- [26] WELTMAN A, SNEAD D, STEIN P, SEIP R, SCHURRER R, RUTT R, WETMAN J. Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations and $\dot{V}O_{2max}$. *Int J Sports Med.* 11:26-32. 1990.
- [27] REYBROUCK T, CHESQUIERE J, CATTART A, FAGARD R, AMERY A. Ventilatory threshold during short- and long-term exercise. *J Appl Physiol.* 55:1694-1700. 1983.
- [28] POOLE DL, GAESSER GA. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *J Appl Physiol.* 58:1115-1121. 1985.
- [29] AUNOLD S, RUSKO H. Aerobic and anaerobic threshold determined from venous lactate or from ventilation and gas exchange in relation to muscle fiber composition. *Int J Sports Med.*
- [30] FELIU J, VENTURA JL, RIERA J. Variacions individuals dels diferents paràmetres biològics quantificats amb una prova d'esforç esglaonat. *Apunts.* 25:141-147. 1988.

