

# TEST DE CAMPO VÁLIDO PARA LA ESTIMACIÓN DEL UMBRAL ANAERÓBICO EN CICLISTAS, BASADO EN INCREMENTOS DE INTENSIDADES DISCONTINUAS.

Benavent Mahiques, J.; Sinz, S.; Ferreira, L. y Pablos Monzó, A.

(UV) Universitat de València.

**Resumen:** Consiste en comparar los resultados de un test de campo de intensidades crecientes discontinuas con el test de laboratorio de método Wasserman (1991) de intensidades crecientes continuas, para validar dicho test como adecuado en la valoración condicional de los ciclistas, que sirva de control o seguimiento del entrenamiento de los ciclistas y que sea funcional por su fácil aplicabilidad y accesibilidad para cualquier grupo de deportistas. Los resultados confirman que son dos tests diferentes estadísticamente significativo en su comparación ( $p < 0.05$ ), pero que tienen una elevada correlación estadísticamente significativa en casi todos los parámetros relacionados ( $p < 0,01$ ), lo que permite concluir que es un test válido para valoración condicional física de los ciclistas de fondo en carretera.

(Ciclistas, lactato, valoración condicional,  $VO_{2max}$ , FC)

## **1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**

En esta comunicación sólo expondremos uno de los aspectos estudiados en el Proyecto de Investigación Precompetitivo de la Universitat de València, en el que han colaborado desinteresadamente el Centre de Medicina Esportiva de la Conselleria de Cultura y Educació de la Comunitat Autònoma de València y muchas otras personas como los ciclistas y colaboradores. Consiste en presentar un protocolo de test de campo, basado en otros estudios preliminares, para dar respuesta a todas las cuestiones comentadas anteriormente, que sea válido para valorar la condicional física del ciclista y que sea accesible para cualquier grupo organizado de deportistas como clubes o peñas ciclistas de diferentes condición, sin pretender de ninguna manera sustituir los tests de esfuerzo ergonómico de laboratorio, que son referentes válidos para todos los demás tests (Dal Monte, 1990).

Nuestro objetivo es exponer el test de campo y contrastar los resultados obtenidos con los del laboratorio para su validación, de manera que sirva de control o seguimiento de la valoración condicional del ciclista durante un tiempo determinado de práctica o entrenamiento, y que sea de fácil aplicación para cualquier deportista.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

Se prepararon dos test con el mismo material instrumental y aparatos de medición de las variables, es decir, se utilizó la misma bicicleta para ejecutar la prueba, el potenciómetro para aplicar las intensidades, el pulsómetro para controlar la frecuencia cardiaca y el medidor de lactato para obtener dichos valores de cada intensidad.

En el test de laboratorio, realizado en el Centre de Medicina Esportiva de la Comunitat Valenciana, sólo se modificó algún aspecto sin afectar a la aplicación del método válido de Wasserman (1991), se sustituyó el cicloergómetro propio del centro "Monark" preparada para realizar estadíos de 1 minuto con aumentos de 20w hasta el agotamiento, con una cadencia de 60 pedaladas por minuto, por una bicicleta de fondo en carretera "Pinarelo" preparada con potenciómetro "SRM Training System", pedaliere y tija regulables, montada sobre un rodillo fijo "Tacx Control" de 7 niveles de frenada, para aplicar el mismo método Wasserman con estadíos de 1 minuto y aumentos de intensidades de 25w hasta el agotamiento, a través de la combinación, obtenida en un estudio previo, entre la corona o plato grande de 53 dientes, las diferentes coronas pequeñas o piños y los 7 niveles de

frenada, con una cadencia de 80 pedaladas por minuto; de manera que las condiciones de ejecución, posición y comodidad en los dos test fuesen lo más parecido entre ellos y a la realidad del ciclismo en carretera (tabla 1).

	Freno 0	Freno 1	Freno 2	Freno 3	Freno 5	Freno 6
Piño 26	50w - 70cad	LA,100w - 75cad	125w - 80cad			
Piño 23	75w - 75cad		LA,150w - 80cad			
Piño 21			175w - 83cad			
Piño 19			LA,200w - 83cad	225w - 83cad		
Piño 17				LA,250w - 83cad	325w - 83cad	
Piño 16				275w - 83cad	LA,350w - 83cad	
Piño 15				LA,300w - 83cad	375w - 80cad	LA,400w - 80cad
Piño 14						425w - 80cad
Piño 13						LA,450w - 80cad

Tabla 1. Intensidades aplicadas en laboratorio a través de la combinación del aparataje instalado.

El resto de aparatos utilizados para las valoraciones fueron los propios del laboratorio o centro médico de medición de gases, en el que se obtuvieron el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y los umbrales anaeróbico y aeróbico ( $LO_2/min$ ); el pulsómetro polar 720 para obtener la FC máxima en todo momento según las intensidades aplicadas (ppm); el analizador de lactato del laboratorio médico para obtener dichos valores de lactato (mmol/l) durante la prueba en los 100w, 150w, 200w, 250w, 300w, 350w; y en la recuperación a los minutos 1, 3, 5, 8 y 12.

El test de campo de esfuerzo físico en pista de atletismo se aplicó utilizando la misma bicicleta y aparatos que en el laboratorio, (potenciómetro SRM, pulsómetro polar 720, analizador de lactato del laboratorio médico) pero sin el analizador de gases. El protocolo que se aplicó fue de 6 intensidades de 4 minutos de duración, coincidentes con las de laboratorio: 100w, 150w, 200w, 250w, 300w y 350w con descansos de 4, 8, 12, 16 y 22 minutos, respectivamente (tabla 2), tomando valores de lactato después de cada intensidad y en los minutos de recuperación 1, 3, 5, 8 y 12.

<b>100 W - 4min</b> Combina 53-21 (-80cad)	<b>150 W - 4min</b> Combina 53-17 (-80cad)	<b>200 W - 4min</b> Combina 53-16 (=80cad)	<b>250 W - 4min</b> Combina 53-15 (+80cad)	<b>300 W - 4min</b> Combina 53-14 (+80cad)	<b>350 W - 4min</b> Combina 53-13 (+80cad)
Recuper 4 min	Recuper 8 min	Recuper 12 min	Recuper 16 min	Recuper 22min	

Tabla 2. Intensidades aplicadas en campo a través de la combinación del aparataje instalado.

En la pista de atletismo queda controlada la orografía del terreno y sólo es necesario controlar la velocidad del viento con el anemómetro, que no debe sobrepasar los 3 m/s. Pero, además, se puede controlar el tiempo y el espacio recorrido así como la velocidad de desplazamiento del ciclista en cada intensidad, pues para los que no disponen de potenciómetro las equivalencias son: 100w a 24 km./h; 150w a 29 km./h; 200W a 32,5 km./h; 250w a 35,5 km./h; 300w a 38km./h y 350w a 40,5 km./h., con pequeña desviación estándar según sea la constitución corporal del individuo. Se obtuvo la FC (ppm) y el nivel de lactato (mmol/l) de cada intensidad, coincidentes con las del laboratorio, que por extrapolación se estimaron los umbrales anaeróbico y aeróbico de los ciclistas a través del lactato teórico de 4 y 2 (mmol/l) y sus correspondientes pulsaciones (ppm).

La selección de la muestra de ciclistas ha sido aleatoria, por conocimiento y proximidad al equipo investigador y con un mínimo nivel de experiencia sobre la bicicleta. Después de varios descartes por diferentes motivos, la población estudiada consta de 25 sujetos varones

entre ciclistas y triatletas de edades comprendidas entre 16,0 y 46,5 años, de 2 a 10 años de experiencia sobre la bicicleta y con diferente nivel condicional. La muestra se distribuye por género, deporte, categoría federativa, nivel condicional e índice de masa corporal (tabla 3).

Género (N)	Deporte(N)	Categoría Federativas (N)	Experiencia Bicicleta (N)	Nivel Condición Física (N)	Índice Masa Corporal (N)
Masculino (25)	Ciclistas (14)	Juveniles (5)	< 2 años (5)	Buena (10)	< 21 (8)
		Amateurs (3)	2 a 7 años (14)	Regular (12)	21 a 23 (8)
	Triatletas (11)	Ciclodeportistas (17)	> 7 años (6)	Mala (3)	> 23 (9)

Tabla 3. Distribución de la muestra desde diferentes variables.

Los ciclistas eran citados dos veces en menos de 15 días, en grupos de tres o cuatro por día a primeras horas de la mañana. La primera en el Centre de Medicina Esportiva para la prueba de laboratorio, y la segunda en la pista de atletismo del propio recinto educativo (antigua Universidad Laboral de Cheste) para la prueba de campo. Tras una breve explicación del protocolo de las pruebas pertinente, los ciclistas realizaban el test y los colaboradores registraban todos los valores de variables.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

En primer lugar, con los datos obtenidos se creó un fichero informático en programa EXCEL para realizar diversas clasificaciones, posteriormente se trabajaron dichos valores con la aplicación SPSS (V.11) para los tratamientos estadísticos descriptivos y de correlación entre las diversas variables de los dos tests aplicados (laboratorio y campo).

Al comienzo del estudio estadístico se comprobó la normalidad paramétrica de los valores obtenidos, para lo que se aplicó la prueba de Kolmogorov y Smirnov con niveles de significación  $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ .

Posteriormente se realizó dentro del estudio descriptivo la comparación de las medias de todas las variables obtenidas de los dos tests (laboratorio y campo), con la pruebas T (Student) para muestras relacionadas y niveles de significación  $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ .

A continuación se realizó un estudio de correlación para todas las variables ergonómicas de los dos tests realizados, aplicando la correlación bivariada de Pearson con niveles de significación  $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ .

En cuanto a la prueba de Kolmogorov y Smirnov los resultados son de absoluta NORMALIDAD PARAMÉTRICA en todas las variables, pudiendo ser aplicados los demás tratamientos estadísticos enunciados.

Los resultados estadísticos de toda la muestra son:

	Media	N	Desv.típ.	Err.típ.Med.
VO2MXG	4,094	25	0,476	0,095
UANG	3,385	25	0,423	0,085
UAEG	2,448	25	0,362	0,072

Tabla 4. Medias de resultados absolutos obtenidos desde el análisis de gases en laboratorio.

En cuanto a las medias de las variables obtenidas del análisis de gases en términos absolutos, consumo de oxígeno y umbrales anaeróbico y aeróbico son normales respecto a deportistas de otras especialidades.

	Media	N	Desv.típ.	Err.típ.Med.
LAVO2MXLB	11,424	25	2,720	0,544
LAVO2TECA	9,970	25	2,458	0,492
LAUANG	4,888	25	0,996	0,199
LAUANTE	4,000	25	0,000	0,000
LAUAEG	2,226	25	0,539	0,108
LAUAETE	2,000	25	0,000	0,000
LAMXRCLB	13,025	24	2,168	0,442
LAMXRCCA	10,825	24	2,958	0,604
IUANLAG	9,655	25	3,642	0,728
IU4MOLLB	7,773	25	1,939	0,388
IU4MOLCA	7,399	25	2,058	0,412
IUAELAG	3,269	25	3,147	0,629
IU2MOLB	2,418	25	2,156	0,431
IU2MOCA	1,928	25	1,553	0,311
IFLALB	31,095	23	8,199	1,710
IFLACA	27,456	23	11,414	2,380

Tabla 5. Medias de variables absolutas y derivadas de parámetro de lactato.

En cuanto a los valores obtenidos de lactato en mmol/l, podemos observar que en todos los parámetros:  $V_{O2max}$ , umbrales anaeróbico y aeróbico y lactato máximo en periodo de recuperación, así como en las variables derivadas o índices, los resultados son más elevados en el test de laboratorio que en el de campo en pista de atletismo.

	Media	N	Desv.típ.	Err.típ.Med.
FCVO2MXLB	184,773	22	10,314	2,199
FCVO2MXCA	179,727	22	8,066	1,720
FCUANG	169,625	16	10,321	2,580
FC4MOLLB	166,000	15	13,352	3,448
FC4MOLCA	167,067	15	14,791	3,819
FCUAEG	142,154	13	11,510	3,192
FC2MOLLB	143,250	12	11,694	3,376
FC2MOLCA	142,833	12	11,785	3,402
IFCVO2XLB	5,491	22	0,606	0,129
IFCVO2XCA	5,137	22	0,692	0,147
IFCUANG	6,409	16	0,787	0,197
IFC4MOLB	6,561	15	0,886	0,229
IFC4MOCA	6,405	15	1,350	0,348
IFCUAEG	8,158	13	1,467	0,407
IFC2MOLB	8,163	12	1,342	0,387
IFC2MOCA	7,172	12	1,348	0,389

Tabla 6. Medias de variables absolutas y derivadas de parámetros de frecuencia cardiaca.

En los valores obtenidos de frecuencia cardiaca (ppm) se observa que en los parámetros:  $V_{O2max}$ , umbrales anaeróbico y aeróbico en gases, niveles de lactato teórico y variables derivadas son muy parecidos, aunque más elevados la mayoría de parámetros en el test de laboratorio que en el de campo, excepto los referentes al umbral aeróbico.

Los resultados de las diferencias de los mismos parámetros expresados anteriormente entre el test de laboratorio y campo con la prueba estadística "T para muestras relacionadas" son:

	Media	Desv. típ.	Err. típ. Med.	t	gl	Sig. (bilateral)
LAUANG - LAUANTE	0,872	0,990	0,198	4,403	24,000	0,000
LAUAEG - LAUAETE	0,142	0,616	0,123	1,152	24,000	0,261
LAMXRCLB - LAMXRCCA	2,200	2,800	0,572	3,849	23	0,001
IUANLAG - IU4MOLLB	1,883	2,255	0,451	4,175	24	0,000
IUANLAG - IU4MOLCA	2,256	2,455	0,491	4,596	24	0,000
IU2MOLB - IU2MOCA	0,490	1,041	0,208	2,354	24	0,027
IUAELAG - IU2MOLB	0,851	2,161	0,432	1,969	24	0,061
IUAELAG - IU2MOCA	1,341	2,223	0,445	3,016	24	0,006
IFLALB - IFLACA	3,638	9,931	2,071	1,757	22	0,093

Tabla 7. Diferencias entre variables relacionadas de laboratorio y campo de parámetros de lactato.

En dichos resultados estadísticos entre los parámetros de lactato del test de laboratorio y campo (tabla 7), se observa que las diferencias son significativas en la mayoría de relaciones excepto entre el lactato obtenido en el umbral aeróbico de gases con el teórico, el índice de umbral aeróbico de gases con el propio teórico obtenido en laboratorio y el índice final de lactato obtenido en laboratorio con el propio de campo.

	Media	Desv. típ.	Err. típ. Med.	t	gl	Sig. (bilateral)
FCVO2MXLB - FCVO2MXCA	5,045	6,904	1,472	3,428	21	0,003
FC4MOLLB - FC4MOLCA	-1,067	7,535	1,946	-0,548	14	0,592
FCUANG - FC4MOLLB	4,625	6,771	1,693	2,732	15	0,015
FCUANG - FC4MOLCA	3,130	10,993	2,292	1,366	22	0,186
FC2MOLLB - FC2MOLCA	0,417	8,372	2,417	0,172	11	0,866
FCUAEG - FC2MOLLB	0,385	3,863	1,071	0,359	12	0,726
FCUAEG - FC2MOLCA	-2,304	11,511	2,400	-0,960	22	0,347
IFCVO2XLB - IFCVO2XCA	0,354	0,438	0,093	3,798	21	0,001
IFC4MOLB - IFC4MOCA	0,155	0,834	0,215	0,721	14	0,482
IFCUANG - IFC4MOLB	-0,159	0,305	0,076	-2,085	15	0,055
IFCUANG - IFC4MOCA	-0,084	1,018	0,212	-0,395	22	0,697
IFC2MOLB - IFC2MOCA	0,991	1,433	0,414	2,395	11	0,036
IFCUAEG - IFC2MOLB	-0,208	0,718	0,199	-1,044	12	0,317
IFCUAEG - IFC2MOCA	0,844	1,967	0,410	2,057	22	0,052

Tabla 8. Diferencias entre variables relacionadas de laboratorio y campo de parámetros de FC.

En los resultados de los parámetros de frecuencia cardiaca (tabla 8), se observa que en la mayoría de parámetros relacionados no existen diferencias estadísticamente significativas, sólo en los valores obtenidos de frecuencia cardiaca en  $VO_{2max}$  de test de laboratorio con el propio teórico de campo, el índice obtenido de las propias variables y el índice de frecuencia cardiaca obtenido en el umbral aeróbico teórico en el test de laboratorio con el propio de campo.

	N	Correlación	Sig.
IU2MOLB y IU2MOCA	25	0,892	0,000
IU4MOLLB y IU4MOLCA	25	0,878	0,000
IUANLAG y IU4MOLLB	25	0,845	0,000
IUANLAG y IU4MOLCA	25	0,765	0,000
IU2MOLB y IU2MOCA	25	0,892	0,000
IUAELAG y IU2MOLB	25	0,728	0,000
IUAELAG y IU2MOCA	25	0,754	0,000
LAMXRCLB y LAMXRCCA	24	0,437	0,033
IFLALB y IFLACA	23	0,528	0,010

Tabla 9. Correlaciones de variables relacionadas de los parámetros de lactato.

Por otra parte, las correlaciones entre los mismos parámetros relacionados son muy claros, en cuanto a las variables de parámetros de lactato se observa que todas las relacionadas tienen una correlación significativa entre ellas (tabla 9).

	N	Correlación	Sig.
FCVO2MXLB y FCVO2MXCA	22	0,744	0,000
FC4MOLLB y FC4MOLCA	15	0,861	0,000
FCUANG y FC4MOLLB	16	0,872	0,000
FCUANG y FC4MOLCA	23	0,626	0,001
FC2MOLLB y FC2MOLCA	12	0,746	0,005
FCUAEG y FC2MOLLB	13	0,951	0,000
FCUAEG y FC2MOLCA	23	0,513	0,012
IFCVO2XLB y IFCO2XCA	22	0,780	0,000
IFC4MOLB y IFC4MOCA	15	0,799	0,000
IFCUANG y IFC4MOLB	16	0,935	0,000
IFCUANG y IFC4MOCA	23	0,593	0,003
IFC2MLB y IFC2MOCA	12	0,432	0,160
IFCUAEG y IFC2MOLB	13	0,881	0,000
IFCUAEG y IFC2MOCA	23	0,351	0,100

Tabla 10. Correlaciones de variables relacionadas de los parámetros de FC.

En cuanto a las correlaciones de variables relacionadas de los parámetros de frecuencia cardíaca también son clarificadores (tabla 10), en ellos se observa una correlación estadísticamente significativa en todas ellas, excepto en las variables índice de frecuencia cardíaca de umbral aeróbico teórico de laboratorio con el propio de campo y el índice del mismo umbral aeróbico obtenido en gases con el propio de campo.

#### **4. CONCLUSIONES.**

En la interpretación de los resultados analizados nos dan a entender que las diferencias son grandes entre el test de laboratorio y el de campo. Ello nos reconforta porque los resultados demuestran la evidencia de los diferentes protocolos y de las situaciones, pues en el laboratorio el test se aplica de forma continuada con estadíos de un minuto y pequeños crecimientos de intensidades; y en el campo se aplica de forma discontinua, mayor crecimiento de las intensidades y recuperaciones entre ellas.

Teniendo en cuenta todos los valores obtenidos en el estudio, podemos concluir diciendo:  
 1º- Que los dos tests aplicados en el trabajo de investigación, el de laboratorio y el de campo, son diferentes y no se puede sustituir uno por otro, ya que las diferencias entre la mayoría de variables relacionadas entre los dos tests son estadísticamente significativas.

2º- Que el test de campo aplicado en este trabajo de investigación es completamente válido para valorar la condición física de los ciclistas, pues las correlación de la mayoría de variables relacionadas con el test de laboratorio son estadísticamente significativas, con muy pocas excepciones.

3º- Que se requieren otros estudios con muestras de sujetos más numerosos y/o más específicos para contrastar estos resultados no concluyentes, y poder ratificar o modificar las propias conclusiones establecidas.

#### **5. BIBLIOGRAFÍA.**

- Dal Monte, A. (1990). Pruebas de esfuerzo y ergómetros. En: Libro Olímpico de la Medicina Deportiva. OIC\_FIMS. Barcelona: Doyma.
- Foster, C.; Crowe, M.P. y Holum, D. (1995). The bloodless lactate profile. Med. Sci. Sports. Exerc. 27: 927-933.
- Wassermann, K. (1991). La teoría del intercambio gaseoso y el umbral anaeróbico de acidosis láctica. Apunts. 18: 7-39.
- Wassermann, K.; Hansen J.E. y Sue, D.Y. (1986). Principles of exercise testing and interpretation. Lea and Febiger. Philadelphia.