

CAPITULO 9

ENTRENAMIENTO AERÓBICO, MÉTODOS Y CRITERIOS. UTILIZACIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS.

Galo Narváez Pérez

Laboratorio de Evaluaciones Morfofuncionales
LABEMORF. Buenos Aires – Argentina. E-mail:
gnarvaez@ecnet.ec

Entrenamiento aeróbico, es la palabra elegida para significar el o los procedimientos interesados en el adiestramiento y adaptación de los sistemas cardiovasculares y metabólicos a un nuevo nivel de trabajo físico.

El entrenamiento que logre la mejor adaptación en el menor tiempo, se lo considera un modelo. A través de los tiempos, varios modelos han logrado este objetivo. Aun mas, muchos de ellos fueron relacionados directamente con los resultados de un deportista exitoso y con la modalidad, tiempos y distribución de las cargas de trabajo. Por el contrario, muchos de los modelos de entrenamientos que conocemos por sus nombres populares, por ejemplo: INTERVAL TRAINING fue el resultado de largas pruebas en laboratorios de fisiología del ejercicio. El ultimo de estos hallazgos fue el llamado trabajo de 15 x 15. Este modelo fue descubierto mientras se realizaba un experimento de bioquímica muscular por Biggita Essen, una bioquímica sueca.

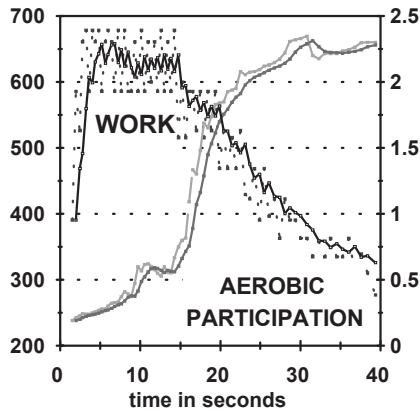
Desde los años 60, la preparación de astronautas para viajes espaciales, produjo en el mundo desarrollado una carrera tecnológica

orientada a lograr el mayor rendimiento de la maquinaria humana que debía ser sometida a condiciones no habituales y extremas. Todos somos herederos de esta gran epopeya humana. El desarrollo de la microelectrónica con el que hoy contamos, nos permite registrar, individualizar y evaluar variables biológicas como nunca antes lo habíamos hecho. Todo esto nos llevo hacia un cambio muy significativo de conceptos y preceptos que los teníamos como leyes inviolables.

1-El concepto de linealidad entre la respuesta cardiovascular (frecuencia cardiaca F_c) y el metabolismo muscular, ha tenido que ser revisado gracias a la posibilidad de registro de la F_c por medio de tacómetros (registradores de F_c "on line") durante cualquier actividad humana o gesto deportivo.

1) La F_c . responde a la misma carga de trabajo de distinta forma si el trabajo físico es realizado por grupos musculares grandes (miembros inferiores) o pequeños (miembros superiores). A su vez los grupos musculares pequeños tienen distinta respuesta metabólica (consumo de oxígeno) a la misma carga de trabajo que los grandes grupos musculares. (Astrand P.O, Katch and MacArdle).

2)



El consumo de oxígeno se incrementa tan pronto se inicia el trabajo y no como afirmábamos que tenía un retardo de aproximadamente 5 minutos. (Katch and MacArdle). Sobre este tema tenemos nuestras propias experiencias (Narváez y col). Adjuntamos un gráfico donde se observa el inicio de la curva de VO_2 tan pronto comienza el trabajo muscular, de corta duración y alta intensidad, tradicionalmente llamado "anaeróbico".

3) La acumulación de lactato en sangre es un proceso normal durante el trabajo aeróbico. Solo significa la participación de este metabolismo durante el trabajo de larga duración

(Brooks G., Reeves, J. T., J Wilmore y Costill).

Estos nuevos conceptos llevaron a pensar que no es cierto afirmar que estaremos trabajando dentro del metabolismo aeróbico a una determinada F_c ; y que aumentando la F_c , pasamos al metabolismo anaeróbico. Todo esto referido a un registro directo de la F_c durante el ejercicio y no después, como fue habitual en años anteriores.

Mejorar el potencial aeróbico es el objetivo primordial de todo proceso de entrenamiento. Antes de analizar los métodos, revisaremos rápidamente alguno de los principios sobre los cuales están basados los entrenamientos aeróbicos.

El primer nuevo termino introducido en el lenguaje del entrenamiento es el UMBRAL ANAEROBICO = LIMIAR ANAEROBICO (portugués) = ANAEROBIC TRESHOLD (Ingles).

El umbral anaeróbico es el limite metabólico evidenciable externamente, sobre el cual se produce una significativa participación del metabolismo anaeróbico durante el trabajo muscular.

El umbral anaeróbico se lo puede graficar mediante la F_c , la ventilación pulmonar VE, la acumulación de ácido láctico venoso o capilar, cambios en el patrón electromiografico, etc.

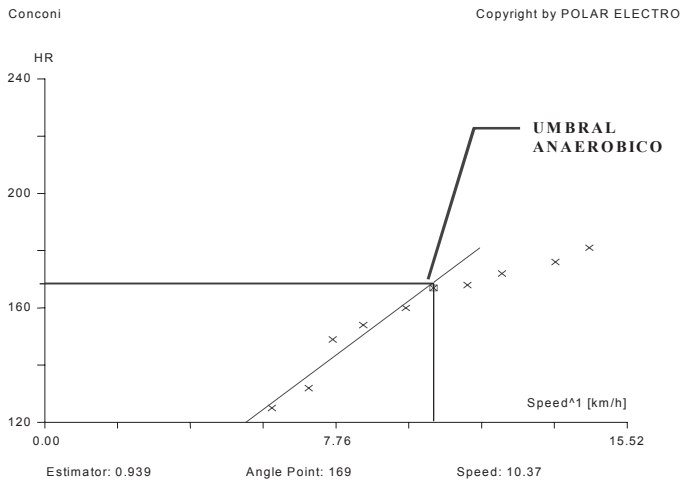
El registro de la F_c . mediante un tacómetro durante el test de Conconi, hace visible un punto sobre el cual la curva cambia de pendiente. Los mecanismos fisiológicos que explican este cambio, no han podido ser explicados claramente por el autor.

Esto ha provocado serias controversias y a pesar de la corrección propuesta por el propio autor,(utilización del tiempo en vez de la carga de

trabajo), se siguen publicando diferencias significativas con otros métodos. Sin embargo, la utilidad que brinda ha compensado ampliamente esta dificultad.

Además, de acuerdo a una de las ultimas revisiones de Conconi, el error estaría dado por 1) el no cumplimiento estricto del protocolo propuesto para este test por los autores; 2) por la inexperiencia de los técnicos en la lectura de la deflexión de la curva, cuando se produce el umbral.

En el siguiente gráfico se puede observar claramente este procedimiento.



Person	DANIEL OLIVIERI	Date	19/10/1995
Exercise		Time	12:28:39
Note	DANIEL OLIVIERI CONC 200 m (21-10-95)		

El software que realiza el gráfico (técnica de regresión lineal), también presenta una tabla con tiempos por kilómetro de carrera para alcanzar el punto del Umbral Anaeróbico en donde la frecuencia cardiaca cambia de pendiente. De esta manera se logra trabajar justo en la zona funcional en donde se producen los cambios metabólicos deseados y se consigue mejorar el consumo de oxígeno es decir el Potencial Aeróbico.

Las ventajas del sistema (Polar o similares) es la facilidad de registro. Es totalmente incruento. No se pincha a nadie. Es un simple registro de Fc mientras se realiza el Test de Conconi. Además, la graficación y los cálculos son automáticos. La siguiente tabla muestra los resultados con indicaciones de distancias y velocidad de carrera en m/seg. ; Km/h o M/h. para el umbral aeróbico / anaeróbico.

CONCONI TEST

Person: Joe Average
 Exercise:
 Date: 03/01/1996
 Time: 8:48:55
 Note: Carola Castro test de conconi (3/1/96)

	Maximum limit	Anaerobic limit	Aerobic limit
Heart rate:	190	168	148
Speed [m/s]:	3.61	2.46	2.15
Speed [km/h]:	13.00	8.84	7.75
Speed [mph]:	8.08	5.49	4.82
Time/km:	00:04:37	00:06:47	00:07:44
Time/mile:	00:07:25	00:10:55	00:12:27
Length of lap:	200 m		

La determinación del umbral anaeróbico por medio de la ventilación es muy similar al

anteriormente narrado. En este caso se registra la ventilación pulmonar durante un test con cargas progresivas sobre un ergómetro. El principio fisiológico es el mismo, cuando la participación del metabolismo anaeróbico se hace significativa, se rompe la linealidad entre los incrementos de carga y la respuesta ventilatoria. A la velocidad que se produce este cambio, es el valor en metros por segundo o Km. por hora que se debe realizar el desplazamiento (carrera) para lograr el aumento del consumo de oxígeno.

Finalmente, uno de los métodos mas difundidos, es la utilización de la acumulación de ácido láctico en sangre venosa (extracción de sangre de la vena del pliegue del codo) o capilar (extracción de sangre del pulpejo del dedo o de la oreja), durante un test en el laboratorio o la practica deportiva. Por métodos químicos o enzimáticos se mide el contenido de lactato de la muestra y se establece el siguiente criterio: sobre 4 milimolas de lactato, se supone que se ha pasado el umbral anaeróbico y por consiguiente en esa velocidad o a la frecuencia cardiaca correspondiente, se debe entrenar para lograr el aumento del consumo de oxígeno.

Los principios sobre los cuales se establece el valor de 4 milimolas, ha desatado serias controversias. Sin embargo, la utilidad que presta a entrenadores y preparadores físicos, justifica su utilización. Se debe sin embargo establecer que este no es el único parámetro para establecer las normas de entrenamiento, por que la variabilidad entre sujetos y en el mismo sujeto en similares condiciones de trabajo, ponen en duda la exactitud de este criterio.

Por otra parte, los trabajos de Brooks sobre la producción, acumulación de lactato en sangre, y proceso de remoción desde grupos musculares trabajando a nivel submáximo; y su teoría sobre la paradoja del lactato, ponen en alerta la utilización de este metabolito, como gran indicador del estado metabólico durante el ejercicio. La comercialización difundió de manera poco ética, el concepto de haber logrado mediante el uso de instrumentos portátiles, el gold star del control del entrenamiento. Hoy día estamos concientes que aun no se lo ha logrado. LABEMORF ha establecido desde hace algunos años una forma bastante fácil y económica de determinar lo que podría llamarse el umbral de trabajo. Se realiza un test de 12 minutos (Test de Cooper) mediante la tabla adjunta se puede calcular la distancia y el tiempo de entrenamiento para trabajo en campo. Recomendamos su utilización en los procesos de preparación física de pretemporada. Sin embargo, es indispensable la evaluación de laboratorio para establecer criterios mas exactos, especialmente cuando el nivel de competencia es alto y se deben hacer ajustes de tiempos de trabajo.

Tabla de calculo de VO_2 para el test de Cooper y entrenamiento al 75- 85 % del VO_2 Max. en relación al umbral de trabajo.

m/12 min.	VO2	75%		85%	
	ml/Kg/min	m/h	Min/Km	m/h	min/Km
2100	35.5	6941	8.387	872	7.37
2250	38.8	7597	7.53	8615	6.57
2400	42.1	8253	7.16	9359	6.24
2550	45.5	8909	6.44	10103	5.56
2700	48.8	9566	6.16	10847	5.31
2850	52.1	10222	5.52	11590	5.34
3000	55.5	10878	5.30	12334	4.51
3150	58.8	11534	5.12	13078	4.35

3300	62.1	12191	4.55	13822	4.20
3450	65.5	12847	4.40	14565	4.70
3600	68.8	13503	4.26	15309	3.55
3750	72.1	14159	4.14	16053	3.44
3900	75.5	14816	2.20	16797	3.34

Esta tabla puede ser reproducida si se hace referencia a la fuente de origen.

La forma de leer la tabla es la siguiente:

- 1- Realizar un test de Cooper
- 2- Entrar en la primera columna de la izquierda con los metros recorridos
- 3- La segunda columna le indica los mililitros de oxígeno de consumo por cada kilo de peso corporal
- 4- La tercera columna le indica los metros a recorrer al 75% del VO_2 Max.(criterio de entrenamiento)
- 5- La cuarta columna, el tiempo por kilómetro al 75% del VO_2 Max
- 6- La quinta columna, la distancia en metros al 85% del VO_2 Max
- 7- La sexta columna el tiempo en minutos por kilómetro al 85% del VO_2 Max.

En nombre de LABEMORF ELECTROMEDICINA, esperamos que disfrute de esta revisión sobre el tema entrenamiento aeróbico . Recuerde que el proceso de entrenamiento es un complejo de criterios técnico - tácticos y perfectamente dosificados en el tiempo, respetando los periodos de preparación y competencia en perfecto equilibrio fisiológico con el de rendimiento físico y tolerancia al entrenamiento (entrenabilidad).

Referencias.

- 1- Astrand P.O. Textbook of Work Physiology (Book).
- 2- ACSM'S GETP 5/e Reference Cards. Exercise the Gold Standard.
- 3- Brooks,G.A. Anaerobic treshold: review of the concept and directions for future research. Med.Sci.Sports Excerc. 17:22-31,1985
- 4- Katch and MacArdle. Physiology of Exercise (Book).
- 5- 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
- 6- Conconi F, Grazzi G, Casoni I, Guglielmini C, Borsetto C, Ballarin E, Mazzoni G, Patracchini M, Manfredini F. The Conconi test: methodology after 12 years of application.Centro Studi Biomedici Applicati allo Sport, Universita degli Studi di Ferrara, Italy. Int J Sports Med. 1996 Oct;17(7):509-19.
- 7- Narváez Pérez G.E.,N.A. Lentini ,P.A. Ortega G., M.L. Cardey, J.J. Vilamitjana, H. Puerta,G. Aquilino, C.Giglione and G.E. Narváez A. O2 participation during the 40-s work. Medicine and Science in Sports and exercise, Vol,27:5,Supplement. 1995.

- 8- Narváez Pérez G.E., F.Laiño and G.E.Narváez A. O₂ Kinetic during the 40-s work Medicine and Science in Sports and exercise, Vol,28:5,Supplement. 1996.
- 9- Narváez y col. Manual LABEMORF. Actualización en Fisiología del Ejercicio.
- 10- Reeves, T .J. et al. Oxigen Transport During Exercise at Altitude and Lactate Paradox: Lessons from Operation Everest II and Pikes Peak. J.O. Holloszy (Eds.). Exercise and Sports Sciences Review. Vol. 20. Baltimore: Williams & Wilkins, 1992,pp 275-296.
- 11- Wilmore and Costill. Physiology of Exercise (Book).