

Comparación Fisiologica entre Protocolos Intervalados vs Intermitentes de esfuerzo en treadmill.

Argemi, R, Ortega Gallo, P ; Liotta, G

Laboratorio de Biomecanica y Fisiologia. Club Atletico Boca Juniors

Resumen

Se realizó la comparación en protocolos intervalados e intermitentes de esfuerzo en treadmill. Se evaluaron la respuestas fisiológicas de 4 jugadores de fútbol de 17 años del Club Boca Juniors en sus respuestas a dos protocolos diferentes de esfuerzo, que presentaban igual velocidad media e igual densidad. En el protocolo intervalado (IDO) realizaron esfuerzo incremental en etapas de 3 minutos realizando un minuto y medio de esfuerzo por un minuto y medio de pausa. Comenzaron a 8 km/h y se aumento la velocidad cada etapa en 2 km/H hasta agotamiento. EL protocolo intermitente consistió en un ejercicio de igual característica que el anterior pero realizando 15 segundos de ejercicio por 15 segundos de pausa completando cada etapa de 3 minutos. Se evaluó consumo de oxígeno directo, volumen espiratorio, cociente respiratorio, (sensormedics) frecuencia cardiaca (polar xtrainer) y lactato. (acu sport). En promedio la velocidad alcanzada en test IDO y ITE fue de 18.5 km/h y 22.25 km/h. ($p < 0.001$). Las curvas fisiologicas durante IDO aumentaron en la actividad y disminuyeron durante la pausa. El consumo de oxígeno tuvo una correlación de 0.90 (etapas de 3 minutos) y 0.75 para etapas de 30 segundo. EL cociente respiratorio 0.10 y 0.002. EL volumen espiratorio 0.97 y 0.93. La frecuencia cardiaca 0.99. Lactato 0.48. En promedio el cociente respiratorio de IDO fue 1 y de ITE fue de 0.91 para el mismo rango de velocidad. Conclusión. Durante ejercicio intermitente se tuvo similar consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca, y menor ácido láctico y un mayor utilización de grasas como sustrato en un 35 %. Además presentó una mayor velocidad final alcanzada.

Introducción

Ya Astrand en la decada del 60, planteaba que a intensidades de trabajo que en forma continua no se podía mantener el esfuerzo por mas de unos pocos minutos, esta misma intensidad realizada en forma intermitente permitía ejercitarse a valores mas bajos de ácido láctico en sangre y por tiempos prolongados inclusive a valores tan bajos como 2 mM/l (10 segundos de ejercicio por 20 de pausa). Inclusive con un aumento del consumo máximo de oxígeno. Esto se debería a una mayor dilatación sanguínea, una gran utilización de la reserva de oxígeno unido a la mioglobina que a su vez se recupera durante los períodos de pausa.

La producción de ácido láctico y depleción glucogénica durante el intermitente fue mucho menor, mientras la oxidación grasa fue mucho mayor. Esto podría estar explicado por una contribución aeróbica mas importante en el ejercicio intermitente por el oxígeno ligado a la Mioglobina y la Hemoglobina a la salida de cada serie.

Los niveles de lactato dependen tanto de la duración del ejercicio como de la pausa entre las repeticiones teniendo gran variación en la relación 15/15 con respecto al 15/30, y 10/10,20/20 con respecto a 30/30 y 60/60, las diferencias se relacionaron con diferencias en la concentración de CP.

El ejercicio intermitente implica momentos cortos de esfuerzo con o sin elemento, que no alcanzan intensidades de carrera máxima. Su nivel habitual de intensidad es cercano a la velocidad máxima aeróbica. Hay controversia en la literatura a que intensidad se trabaja en ejercicio intermitente. Hay bibliografía que habla de intermitente en esfuerzos que se podrían caracterizar como de resistencia a la velocidad. Pero en general se asume como ejercicio intermitente a esfuerzos no mayores del 110 % de la velocidad máxima

aeróbica. Presenta pausas que por lo menos tienen una relación entre 1:1 y 1:2 con respecto al esfuerzo, pero que si se utiliza el elemento la pausa en general supera este tipo de relación. El ejercicio intermitente tiene características de respuesta metabólica que se diferencian a lo tradicional dentro de lo que es el esquema pedagógico de tres sistemas energéticos. (Alactásido, lactásido y aeróbico), clásicamente descripto para deportes cíclicos. De la interrelación de las diferentes formas de reconstitución de ATP existe un modelo diferente de interpretar la bioenergética en el campo deportivo. Esta forma de interpretación intenta superar las dificultades de las diferencias entre interpretación científica de los esfuerzos y su aplicabilidad al entrenamiento diario en el campo. El entrenamiento de resistencia intermitente por las características del juego con pelota es el que se asemeja al tipo de esfuerzo deportivo.

También se encontró un aumento de citrato en el citosol relacionado a la mayor utilización de ácidos grasos que tendría un efecto inhibitor sobre la PFK y por lo tanto disminución de la glucólisis. El citrato plasmático aumentó un 60 % con respecto a valores de reposo en esfuerzos intermitentes supramáximos de 1 minuto de duración. (Nielsen TT). EL citrato actúa como un regulador retardando la glucólisis y favoreciendo la utilización de lípidos y la liberación de energía aeróbica en ejercicio intermitente (Essen). Tuvo durante ejercicio intermitente menor reducción en el contenido de glucógeno, y menor concentración de glucosa-6-fosfato, glicerol-1-fosfato, lactato y malato todo con respecto a ejercicio continuo a la misma intensidad lo que indica una menor tasa de glucólisis los niveles de ATP y CP disminuyeron al final de cada periodo de 15 segundos de trabajo, y aumentaron casi a valores basales al final de cada periodo de 15 segundos de reposo. El citrato aumentó por encima de valores basales. Todo lo que contribuye a la utilización de lípidos (Essen)

Mac Mahon encontró una relación significativa entre el VO₂ max y el porcentaje de disminución de la capacidad de trabajo en 5ta o 6ta serie de 15 segundos de trabajo máximo (90 seg pausa) con respecto a la serie 1, por lo que el máximo consumo de oxígeno y en particular el componente periférico es un determinante importante de la habilidad de realizar series repetidas de ejercicio y de la recuperación entre series.

Esto provee un apoyo agregado a la hipótesis de compartimiento de enzimas y sustratos y que la forma de transporte de energía entre la mitocondria y sitios de utilización de energía en músculo es la fosfato del creatine en lugar de ATP, que extiende el papel general de sistema de transporte de energía por la creatin fosfato, entre los sitios de producción de energía aeróbica (mitocondria) y los sitios de utilización (Zona Contráctil) lo que ha sido mencionado como la paradoja metabólica de la fosfocreatina, donde la sustancia anaeróbica por excelencia se transforma en un fantástico transportador de energía aeróbica en el ejercicio intermitente. (Argemí 2001). Esto se produce en el músculo esquelético para energía para la contracción y síntesis proteica (Bessman 1987, Savabi 1988, Bessman 1981, Yoshizaki K 1990) y Cardíaco (McClellan 1983, Jacobus 1985, Sacks 1984).

El objetivo de este estudio fue analizar el comportamiento fisiológico en dos tipos de esfuerzo con diferentes características de su tiempo de esfuerzo y pausa. Se define como intermitente a esfuerzos de 15 segundos de trabajo por 15 segundos de pausa (ITE) y como intervalado a esfuerzos de 90 segundos de trabajo por 90 segundos de pausa.

Población y Metodos

Se realizó la comparación en protocolos intervalados e intermitentes de esfuerzo en treadmill en jugadores de fútbol juvenil del club Boca Juniors de Argentina.

Se evaluaron 4 jugadores de 17 años todos pertenecientes a los plantel Oficiales de la institución del campeonato organizado por La Asociación del fútbol Argentino. Fueron evaluados en sus respuestas fisiológicas a dos protocolos diferentes de esfuerzo pero que presentaban igual velocidad media, igual distancia recorrida e igual densidad con 72 hs de diferencia. En el protocolo intervalado (IDO) realizaron esfuerzo incremental en etapas de 3 minutos realizando un minuto y medio de esfuerzo por un minuto y medio de pausa. Comenzaron a 10 km/h y se aumento la velocidad cada etapa en 2 km/H hasta agotamiento. EL protocolo intermitente consistió en un ejercicio de igual característica que el anterior pero realizando 15 segundos de ejercicio por 15 segundos de pausa completando cada etapa de 3 minutos.

Se evaluó consumo de oxígeno directo, volumen espiratorio, y cociente respiratorio, (v_{max29c} , sensormedics®), frecuencia cardiaca (polar xtrainer®) y lactato en sangre. (acusport®).

Resultados

Los jugadores realizaron diferente numero de etapas en ambos test con diferencia estadísticamente significativa (>0.01). Lo que representón 18.5 km/h y 22.25 km/h para protocolo intervalado e intermitente respectivamente.

Jugador	Numero de Etapas	
	Intervalado	Intermitente
1	5	7
2	5	8
3	5	7
4	6	7

Tabla 1: número de etapas alcanzada en cada protocolo.

En ambos casos las variables fisiologicas fueron aumento en la medida que aumentaba la intensidad de ejercicio.

En tabla 2 se observan los máximos observados en mediciones realizadas cada 30 segundos de la variables medidas.

Jugador	Intervalado					Intermitente				
	VO2	VE	FC	Ac lac	CR	VO2	VE	FC	Ac lac	CR
1	38.9	124.1	191	8	1.22	40.9	134.4	189	7.9	1.08
2	47.8	101.8	184	4.5	1.22	45	109.1	200	4.1	1.05
3	42.2	89.1	200	8.7	1.48	40.6	111.1	193	6	1.14
4	61.3	132.5	200	5.2	1.54	40.4	102.5	200	4.3	1
Prom	47.6	11.9	193.8	6.6*	1.37*	41.7	114.3	195.5	5.6	1.07

Tabla 2.Comparación de valores máximos en ambos protocolos. VO2: consumo máximo de oxígeno. VE: Volumen espiratorio. FC: Frecuencia Cardíaca. Ac lac: ácido lactico. CR: Cociente respiratorio. *: Diferencia Estadísticamente significativa.

Los valores de VO2, VE y Fc cardíaca máximos fueron similares, a excepción de un jugador que presentó una gran diferencia en el VO2 alcanzado en el intervalado. EL acido láctico y el Cociente respiratorio fueron mayor en intervalado ($p>0.05$)

KM/h	Intervalado			Intermitente		
	vo2	CR	VE	vo2	CR	VE
10	17.28	0.87	39.73	17.73	0.86	40.90
12	20.64	0.90	45.48	22.89	0.86	51.00
14	24.80	0.96	56.53	26.25	0.90	59.64
16	28.33	1.04	69.27	30.18	0.93	71.16
18	31.37	1.10	82.80	32.91	0.95	81.16
20	42.02	1.17	109.90	35.89	0.98	90.53
22				38.00	1.01	104.83
23				43.03	1.01	102.93

Tabla 3: Valores promedio en etapa de 3 minutos en ambos protocolos.

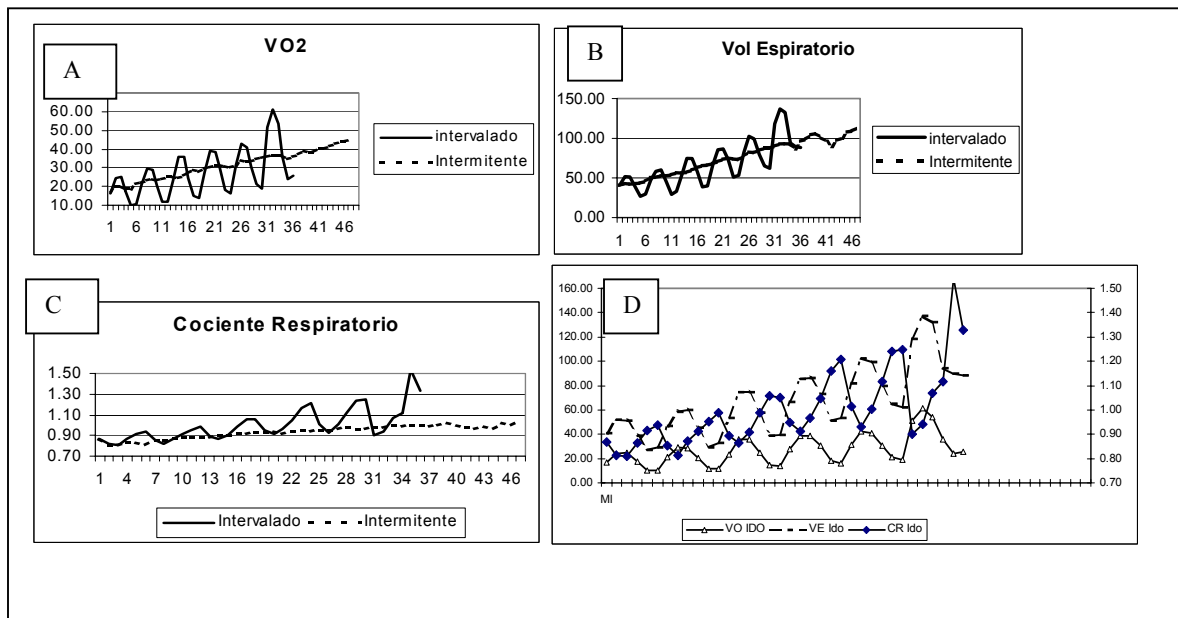


Figura 1: se observan las curvas de VO2 (A), Volumen espiratorio (B) y Cociente respiratorio (C) medidas en promedio cada 30 segundos.. En D se observan del protocolo inntervalado VO2, CR, y VE. Obsérvese como los dos primeros aumentan durante el esfuerzo mientras el Cr aumenta durante el reposo.

El coeficiente de correlación fue analizado tanto por etapas de 3 minutos como por etapas de 30 segundos marcando diferentes correlaciones de acuerdo a las diferentes curvas mostradas en ambos protocolos. En tabla cuatro se describen.

	Coef (3 min)	Coef (30 seg)
VO2	0.90	0.75
VE	0.97	0.93
CR	0.10	0.002
FC	0.99	0.99
Ac Lactico	0.48	

Tabla 4: Coeficiente de correlación medida cada 3 minutos y 30 segundos entre ambos protocolos

El cociente respiratorio observado en promedio en el protocolo intervalado fue de 1 mientras que el cociente respiratorio observado en protocolo intermitente fue de 0.91.

Conclusiones y discusión.

El perfil fisiológico mostrado en comparación entre ambos protocolos fue diferente en algunas variables y similar en otros.

EL VO₂, Vol Espiratorio, y frecuencia cardíaca, no presentó diferencias estadísticas entre ambos protocolos.

El ácido láctico formado y el cociente respiratorio fue mayor en el protocolo intervalado marcando una mayor utilización de la vía glucolítica. El protocolo intermitente a pesar de haber alcanzado mayor velocidad de ejecución, presentó un consumo de grasas intraesfuerzo de más del 30 %.

Creemos que el menor nivel de ácido láctico alcanzado al esperado, en ambas protocolos, se debió a la falta de aceleración típica del ejercicio en campo.

Los datos encontrados coinciden con la bibliografía que encuentra que en protocolos intermitentes se alcanzan mayor velocidad de ejecución, mayor tiempo de realización del ejercicio, con menor producción glucolítica y mayor utilización de la oxidación de las grasas. Lo que demostraría que es el mejor método para utilización de grasas intraesfuerzo además de una gran utilización periférica de oxígeno, y una menor producción de ácido láctico.

En resumen: Durante ejercicio intermitente se tuvo similar consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca con menor ácido láctico y una mayor utilización de sustrato grasas en más de un 30 %. Además alcanzó mayor nivel de velocidad final.

Bibliografía

Argemi. Ejercicio Intermitente En Deportes De Conjunto. Análisis Y Aplicación En El Proceso De Entrenamiento Deportivo. Manual de Fuerza y Potencia. Anselmi H. 2001.

Bessman SP. The creatine phosphate energy shuttle--the molecular asymmetry of a "pool". (am ácidos) Anal Biochem 1987 Mar;161(2):519-23

Bessman SP, Geiger PJ. Transport of energy in muscle: the phosphorylcreatine shuttle. Science 1981 Jan 30;211(4481):448-52

Essen B, Kaijser L. Regulation of glycolysis in intermittent exercise in man. J Physiol 1978 Aug;281:499-511

Jacobus WE. Respiratory control and the integration of heart high-energy phosphate metabolism by mitochondrial creatine kinase. Annu Rev Physiol 1985;47:707-25

Jacobus WE. Theoretical support for the heart phosphocreatine energy transport shuttle based on the intracellular diffusion limited mobility of ADP. Biochem Biophys Res Commun 1985 Dec 31;133(3):1035-41

Lipskaya TY. The physiological role of the creatine kinase system: evolution of views. Biochemistry (Mosc) 2001 Feb;66(2):115-29

McClellan G, Weisberg A, Winegrad S. Energy transport from mitochondria to myofibril by a creatine phosphate shuttle in cardiac cells. Am J Physiol 1983 Nov;245(5 Pt 1):C423-7

Nielsen TT. Plasma citrate during submaximal and intermittent supramaximal exercise. Scand J Clin Lab Invest 1978 Feb;38(1):29-33

Saks VA, Ventura-Clapier R, Huchua ZA, Preobrazhensky AN, Emelin IV.

Creatine kinase in regulation of heart function and metabolism. I. Further evidence for compartmentation of adenine nucleotides in cardiac myofibrillar and sarcolemmal coupled ATPase-creatine kinase systems. Biochim 1984 Apr 16;803(4):254-64

Savabi F, Carpenter CL, Mohan C, Bessman SP.

The polysome as a terminal for the creatine phosphate energy shuttle. Biochem Med Metab Biol 1988 Dec;40(3):291-8

Savabi F, Geiger PJ, Bessman SP. Myofibrillar end of the creatine phosphate energy shuttle. Am J Physiol 1984 Nov;247(5 Pt 1):C424-32

Yoshizaki K, Watari H, Radda GK. Role of phosphocreatine in energy transport in skeletal muscle of bullfrog studied by ³¹P-NMR. Biochim Biophys Acta 1990 Feb 19;1051(2):144-50