

Comparación de variables fisiológicas y rendimiento alcanzado entre un patrón de ejercicio continuo vs. un patrón de ejercicio intermitente en futbolistas profesionales

Kohan, Alejandro; Figueroa Rodrigo; Dolce, Pablo.

Agradecemos a:

Los futbolistas del Monterrey;

Daniel Passarella, DT;

Alejandro Sabella, ayudante técnico;

Pedro Luna, médico del plantel;

Club Monterrey.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar si existían diferencias entre los promedios de frecuencia cardiaca y ácido láctico intra, final, post esfuerzo, velocidad final de desplazamiento y tiempo de permanencia dentro de cada patrón de ejercicio realizado: patrón de ejercicio continuo, Yo Yo Endurance Test nivel 1(ETN1) vs. patrón de ejercicio Intermitente, Yo Yo Recovery Test nivel 1(RTN1).

En ocasión de estar realizando el periodo de preparación de pretemporada con el plantel de 1ra división de fútbol del Club Monterrey (México) en diciembre de 2003, se seleccionaron a 9 jugadores profesionales.

Se diseñó un estudio intrasujetos, experimental, solicitando a los futbolistas a sometiendo a los futbolistas a realizar 2 los dos patrones de ejercicio arriba mencionados.

El primero; ETN1 que nos infiere datos sobre el Consumo Máximo de Oxígeno, valorado de forma indirecta y el RTN1 que nos informa aspectos relacionados con la resistencia de los jugadores a realizar esfuerzos intermitentes, muy utilizados en el fútbol (Bangsbo J.).

En ambos test se midió la concentración de lactato cada 2 minutos y se monitoreó la FC cada 5 segundos, al final y en los instantes de recuperación post-esfuerzo (3, 5 y 7 minuto).

De acuerdo al estudio desarrollado podemos informar que, al realizar patrones de ejercicios intermitentes RTN1 nos permite:

- 1) desarrollar velocidades de desplazamiento más altas,
- 2) Sostenerlas durante mas tiempo,
- 3) Menor producción de lactato intraesfuerzo, final y en los instantes inmediatos de recuperación con FC similares durante la ejercitación y menor al finalizar la prueba.

Debido a las necesidades del fútbol moderno desde el aspecto de la preparación física consideramos importante realizar patrones de ejercicio que nos permitan estimular la potencia aeróbica con relaciones trabajo -pausa similares a las producidas en competencia, desarrollando altas velocidades de desplazamiento, con el mayor ahorro posible de hidratos de carbono, sustrato fundamental para mantener alta intensidad durante la parte final del juego.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas que se ha instalado la discusión entre la realización del entrenamiento por medio del ejercicio en forma continua o de forma intermitente, para mejorar la prestación del metabolismo aeróbico (1).

Creemos que en la actualidad contamos con una gran cantidad de información en donde se destacan las características y los beneficios de la aplicación de distintos patrones de entrenamiento intermitente (2) (3).

En el fútbol los jugadores realizan muchas distintas formas de ejercicio y la intensidad puede alternar en cualquier momento y en un abanico que va desde estar de pie hasta un sprint máximo. Así además de tener bien desarrollada la capacidad física con una producción de potencia alta los jugadores deben también ser capaces de trabajar durante largo tiempo (2).

Mas aun si relacionamos la densidad de los esfuerzos para los que deben estar preparados los futbolistas, es decir teniendo en cuenta la relación trabajo pausa que encontramos en las competencias.

Para introducirnos en esta problemática deberíamos mencionar cuales deben ser los objetivos del entrenamiento aeróbico en deportes acíclicos con patrones similares al fútbol:

- Aumentar la capacidad de resíntesis del ATP-CP
- Mejorar la economía en la utilización de sustratos muy valiosos en la competencia (glucógeno) y durante el entrenamiento
- Optimización de la capacidad de recuperación
- Facilitar el entrenamiento de la resistencia específica de juego
- Facilitar el entrenamiento técnico y táctico
- Reducción de errores ocasionados por la fatiga
- Minimización de las lesiones ocasionas por recuperaciones incompletas.

Planteado el problema de esta manera lo más importante podría decirse que sería proporcionar la forma que un jugador pueda realizar cantidades importantes de ejercicio normalmente agotador, mientras que al mismo tiempo, pueda, reducir la contribución de la transferencia anaeróbica de la energía mediante la glucólisis y la resultante acumulación de ácido láctico (4).

En consecuencia durante un ejercicio intenso resulta esencial que los periodos de trabajo sean lo suficientemente breves, para impedir que la provisión de oxígeno se agote y que la producción anaeróbica de ácido láctico se torne demasiado grande. Espaciando el trabajo de tal modo que los periodos de carrera duraran 10 segundos y los de reposo 5 segundos, un sujeto podía prolongar la actividad hasta 30 minutos sin fatiga indebida, a una velocidad que normalmente lo agotaba después de 4 minutos de carrera continua.

Teniendo en cuenta estos fundamentos fisiológicos (1) en donde se mencionan los beneficios del ejercicio intermitente en relación con otros patrones de ejercicio que tienen como objetivo mejorar la performance aeróbica, decidimos realizar este estudio de investigación con jugadores de fútbol profesional para:

- 1) Determinar si existen diferencias entre los promedios de frecuencia cardiaca intraesfuerzo, final y recuperación en los jugadores de fútbol que realizaron ambos patrones de ejercicio, ETN1 (continuo) vs. RTN1 (intermitente).
- 2) Determinar si existen diferencias entre los promedios de ácido láctico intraesfuerzo, final y recuperación en los jugadores de fútbol que realizaron ambos patrones de ejercicio.
- 3) Determinar si existen diferencias en la velocidad final de desplazamiento en los jugadores de fútbol que realizaron ambos patrones de ejercicio.
- 4) Determinar si existen diferencias en los tiempos de duración máxima en los jugadores de fútbol que realizaron ambos patrones de ejercicio.

POBLACIÓN

Fueron evaluados 9 futbolistas profesionales en ambas pruebas.

La edad promedio fue de 25,62 años \pm 3,82. El muestreo fue por conveniencia, no detallando criterios de exclusión. El plantel venia de su periodo de vacaciones de 21 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

- I. Cassettes con la grabación de los test.
- II. Cinta métrica.

- III. Monitores de frecuencia cardiaca por medio de cardiotaómetros Polar S 610.
- IV. Analizador portátil de Ácido láctico Accusport de Boehringer Mannheim.
- V. Software Polar Presicion Performance 3.2.
- VI. Interfase Polar infrarroja USB.

A todos los futbolistas seleccionados se los evaluó, primeramente en el ETN1 y 72 horas después en el RTN1. En cada protocolo se extrajo sangre del pulpejo del dedo mayor para medir la producción de ácido láctico cada 2 minutos intra-esfuerzo hasta su finalización. En el protocolo continuo, tuvimos que introducir una micropausa de 7"-10" para tomar la muestra cada 2' y en cada toma, cuando reiniciaban la carrera, retornaban al lugar de partida al escuchar la señal sonora de la cinta, no teniendo la obligatoriedad, debido a la perdida de tiempo ocasionada por la extracción de sangre, de tocar la marca de 20 mts. que marca el protocolo. La remoción de lactato se monitoreo en tiempos fijos de 3', 5' y 7'. A partir de la finalización de la prueba, se mantuvo grabando el monitor de frecuencia cardiaca hasta la última muestra de ácido láctico.

Yo – Yo Endurance Test Nivel 1: Protocolo Continuo (ETN1)

El objetivo es recorrer 20 m. de ida y 20 m. de vuelta en forma continua al ritmo que esta determinado en la grabación. Es un test de protocolo continuo con velocidad progresiva, la velocidad inicial es baja y se va incrementando a medida que progresa el test. Al iniciar el test, que lo indica una señal en la grabación, el jugador debe correr hasta la línea de 20 m. y llegar justo con la siguiente señal, de ahí volver a la ubicación anterior y así sucesivamente llegando justo a las líneas con la señal de audio. El test se da por concluido cuando el jugador no logre pisar por dos veces consecutivas la marca, la primera vez que no llega a la distancia se le indica una advertencia, a la segunda se lo elimina del test controlándose el palier con la debida velocidad final correspondiente.

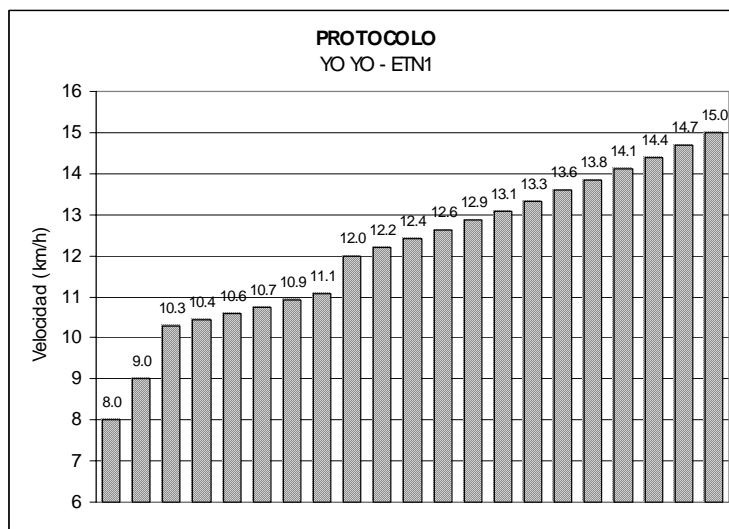


Gráfico N° 1: Protocolo ENDURANCE TEST (NIVEL 1)

Yo – Yo Recovery Test Nivel. Protocolo Intermitente 1(RTN1)

La descripción de este test es similar al anterior en cuanto a la superficie y a la distancia que se debe recorrer. La diferencia existe en que este es una prueba de protocolo triangular progresivo y que posee pausas cada 40 metros. Al oír la primer señal el ejecutante corre a la marca de 20 m. y debe llegar justo con la señal sonora y de ahí volver al tiempo que suena la siguiente señal, es decir hizo el recorrido ida y vuelta . Ahí se debe detener por el lapso de 10 segundos antes de hacer el siguiente recorrido. La forma de finalización es la misma que en el test anterior (ETN1).

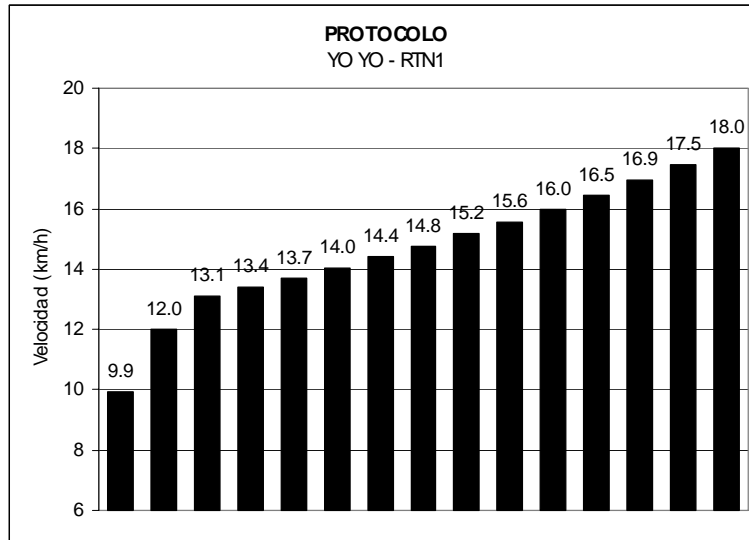


Gráfico N° 2: Protocolo RECOVERY TEST (NIVEL 1)

RESULTADOS

Analizando los dos protocolos utilizados podemos afirmar a priori que el ETN1 es una prueba que se inicia a una velocidad baja (8 km/h.), en forma continua sin recuperaciones intermedias y con aumentos paulatinos de carga.

El RTN1 comienza a una mayor velocidad (9,9 km/h) con pausas intermedias de 10" cada 20 metros de ida y 20 metros de vuelta (es decir, cada 40 metros), aumentando progresivamente la intensidad.

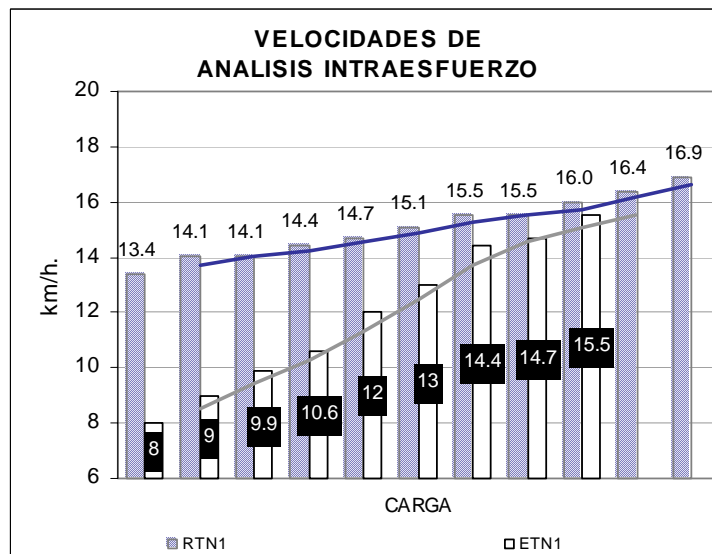


Gráfico N° 3: Velocidades de desplazamiento en las que midieron los parámetros fisiológicos según los distintos patrones de movimiento (RTN1 vs. ETN1).

A pesar de la mayor velocidad inicial de carrera del RTN1 el tiempo de permanencia máximo en el test fue significativamente mayor en el test intermitente (17 ± 3.660 minutos vs. 13 ± 1.598 minutos, $p < 0,01$).

n = 9	TIEMPO de PERMANENCIA (en minutos)		
TEST	RTN1	ETN1	SIGNIFICANCIA
media	17.0	13.0	$p < 0,01$
desvío estándar	3.660	1.598	

Tabla N° 1: Media y desvío estándar indicando el tiempo total de permanencia en cada prueba.

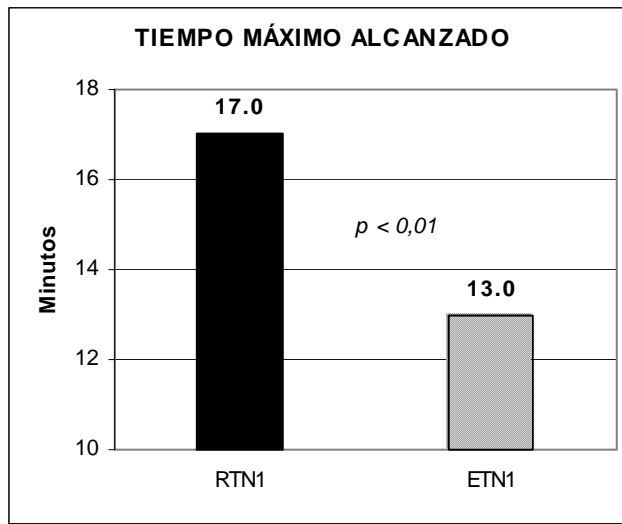


Gráfico N° 4: Tiempo de permanencia en ambas pruebas (RTN1 vs. ETN1).

Con respecto a la distancia recorrida, no se observan diferencias estadísticamente significativas (NS) entre las pruebas realizadas.

n = 9	DISTANCIA RECORRIDA (en metros)		
TEST	RTN1	ETN1	SIGNIFICANCIA
media	2156.0	2428.0	NS
desvío estándar	479.8	335.1	

Tabla N° 2: Media y desvío estándar que indican la distancia recorrida en cada prueba.

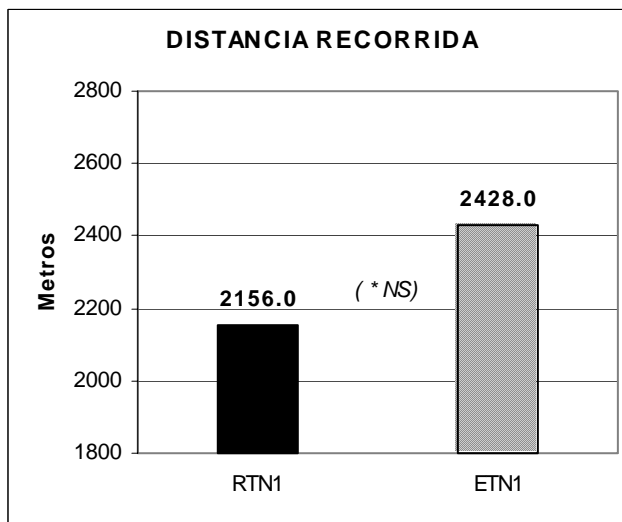


Gráfico N° 5: Distancia recorrida a través de ambas pruebas (RTN1 vs. ETN1).

n = 9	VELOCIDAD MÁXIMA ALCANZADA (en km/h.)		
TEST	RTN1	ETN1	SIGNIFICANCIA
media	15.9	14.0	$p < 0,001$
desvío estándar	0.708	1.102	

Tabla N° 3: Media y desvío estándar que indican la velocidad máxima alcanzada en ambos protocolos.

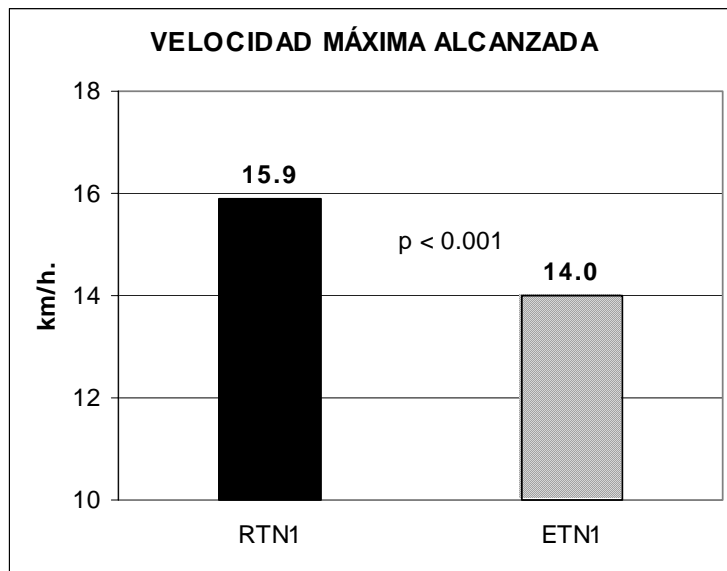


Gráfico N° 6: Velocidad máxima alcanzada en cada test realizado (RTN1 vs. ETN1).

La siguiente tabla muestra el comportamiento de las variables funcionales durante el esfuerzo. Con respecto al lactato, se observan diferencias estadísticamente significativas en prácticamente todas las mediciones intraesfuerzo, con valores más altos en el ETN1 (excepto C3). Con respecto al comportamiento de la FC no existen diferencias significativas en todas las mediciones realizadas (ETN1 vs. RTN1, NS).

ANÁLISIS DE VARIABLES FUNCIONALES INTRAESFUERZO								
VARIABLES	COMPORTAMIENTO DEL ÁCIDO LÁCTICO (mM/l.)				COMPORTAMIENTO DE LA FC (lat./min)			
CARGA	RTN1	ETN1	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA	RTN1	ETN1	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA
C1	1.9	2.7	0.8	$p < 0,05$	150.6	144.4	-6.1	NS
C2	2.7	3.4	0.7	$p < 0,05$	161.9	155.1	-6.8	NS
C3	3.3	4.0	0.6	NS	170.4	165.9	-4.6	NS
C4	3.9	4.9	1.0	$p < 0,05$	174.2	176.2	2.0	NS
C5	4.4	6.2	1.8	$p < 0,01$	175.3	183.7	8.3	NS
C6	5.3	7.6	2.3	$p < 0,005$	178.4	189.8	11.3	NS
C7	6.1	9.2	3.2	$p < 0,005$	183.0	191.7	8.7	NS

Tabla N° 4: Valores medios, diferencias y significancia estadística entre ETN1 y RTN1 para el comportamiento del ácido láctico y la FC intraesfuerzo.

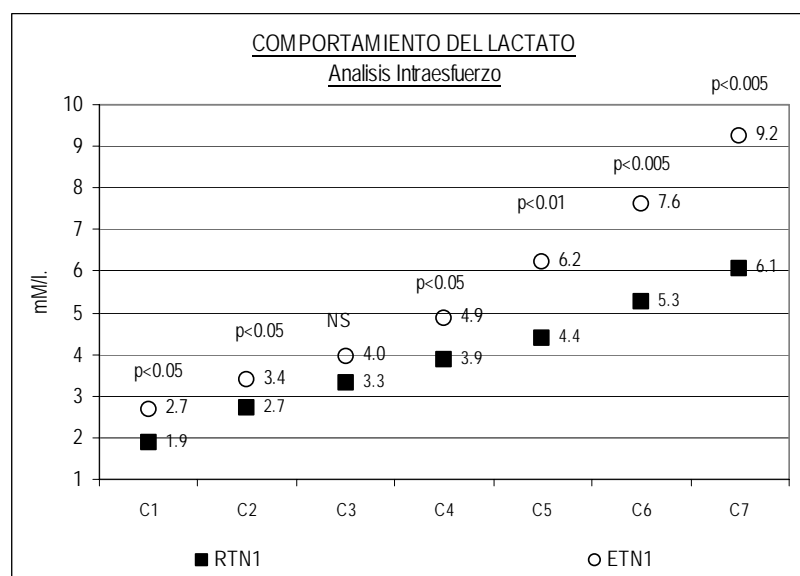


Gráfico N° 7: Comportamiento del lactato durante las dos pruebas de evaluación utilizando distintos patrones de movimiento (RTN1 – ETN1).

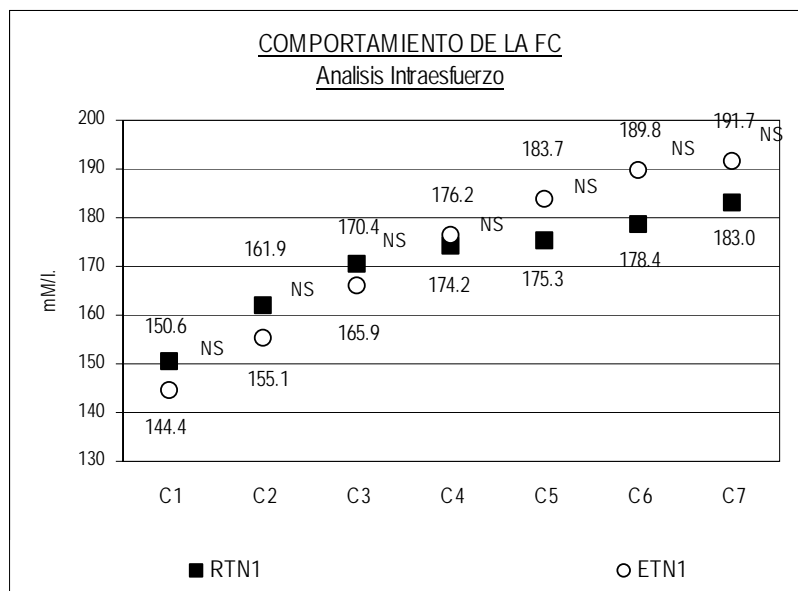


Gráfico N° 8: Comportamiento de la FC durante las dos pruebas de evaluación utilizando distintos patrones de movimiento (RTN1 – ETN1).

Los lactatos hallados al finalizar cada test fueron, para RTN1: 8,1 mM/l. \pm 2,742, vs. ETN1: 10,4 mM/l. \pm 2,216 resultando significativamente diferentes, con una $p < 0,05$.

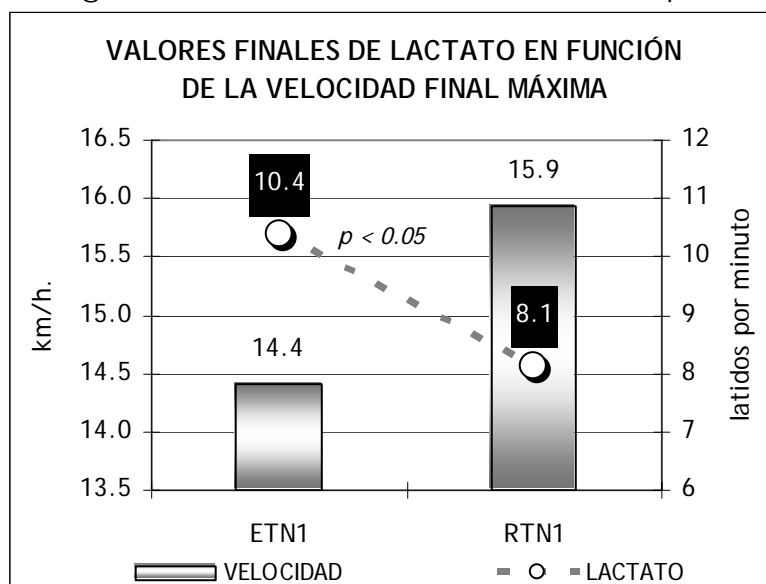


Gráfico N° 9: Valores medios finales de ácido láctico al finalizar cada test (ETN1 y RTN1).

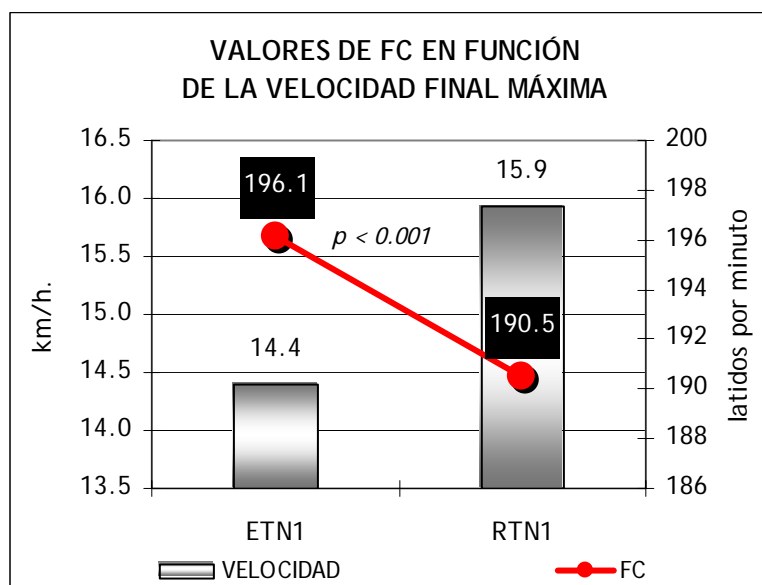


Gráfico N° 10: Valores medios de la Frecuencia Cardíaca alcanzada al finalizar las pruebas de ETN1 y RTN1.

Los datos de FC medidos en la finalización de cada protocolo fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$) obteniéndose una FC más baja en el RTN1 ($FC\ 190,5 \pm 6,502$) vs. ETN1. ($196,1 \pm 6,315$).

En el post – esfuerzo observamos que el lactato es significativamente diferente en el 3° minuto de recuperación (7,3 RTN1 vs. 9,9 para ETN1, $p < 0,005$). El mismo resultado es observado en el 5° minuto (6,4 RTN1 vs. 8,4 ETN1, $p < 0,05$).

Para el 7° minuto las diferencias no son significativas (5,4 RTN1 vs. 7,2 ETN1, $p < 0,05$), aunque, al igual que en el resto del post – esfuerzo los valores medios hallados siguen siendo más bajos en RTN1.

ANÁLISIS DE VARIABLES FUNCIONALES POST - ESFUERZO (RECUPERACIÓN)								
VARIABLES	COMPORTAMIENTO DEL ÁCIDO LÁCTICO (mM/l.)				COMPORTAMIENTO DE LA FC (lat./min)			
	RTN1	ETN1	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA	RTN1	ETN1	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA
REC. 3'	7.3	9.9	2.6	0.005	114.8	120.8	6.0	NS
REC 5'	6.4	8.4	2.0	0.05	112.1	119.0	6.9	NS
REC 7'	5.4	7.2	1.8	NS	106.9	114.9	8.0	NS

Tabla N° 5: Valores medios, diferencias y significancia estadística entre ETN1 y RTN1 para el comportamiento del ácido láctico y la FC post – esfuerzo (recuperación).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó primeramente un tratamiento estadístico de tipo descriptivo, tanto para las variables de rendimiento (velocidad, distancia y tiempo) como para las funcionales (FC y ácido láctico).

La prueba t de Student fue utilizada para observar si existían diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de permanencia en las pruebas, la velocidad máxima alcanzada, la distancia recorrida, los lactatos y FC intra-esfuerzos, finales y postesfuerzos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados antes expuestos confirmamos que el ejercicio de características intermitentes, permite correr a más alta intensidad, durante más tiempo y con valores significativamente menores de ácido láctico en sangre intraesfuerzo, final, post-esfuerzo.

La frecuencia cardiaca final también es significativamente más baja realizando un patrón de ejercicio intermitente vs. un patrón de ejercicio de características continuas.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta el trabajo realizado comparando dos patrones de ejercicio diferente, uno continuo (ETN1) vs. otro intermitente (RTN1), sabíamos previamente que el protocolo continuo inicia a velocidades más bajas que el protocolo intermitente.

Pero elegimos utilizar patrones de ejercicio diferente dado que observamos reiteradamente que el ejercicio intermitente nos permita entrenar durante más tiempo, con menores valores de ácido láctico en sangre y frecuencia cardiaca que otros patrones de ejercicio a iguales velocidades de desplazamiento.

Estas observaciones nos condujeron a utilizar protocolos de ejercicios muy difundidos en la actualidad en la comunidad de Preparadores Físicos y evaluadores como son los Test Yo Yo (Bangsbo, J.).

Ante todo quisiéramos aclarar que en la literatura se citan como ejercicios intermitentes una gran diversidad de patrones de actividad de diferente, intensidad, duración, pausa de recuperación y diferentes modalidades de contracción muscular.

Algunos autores como Colli, R. (5) diferencian una clasificación del trabajo intermitente según la intensidad de trabajo:

- All of out (máximo): Intensidad máxima o supramáxima en relación al VO_2 máx. 130% al 160% del mismo.
- Sub-máximo: Intensidad relativa a zona del VO_2 max.

Otros autores como Bisciotti G.N., (5) informan una clasificación de modalidades de trabajo intermitente, diferenciados de acuerdo a la V.A.M. (velocidad aeróbica máxima) para impactar sobre diferentes zonas fisiológicas.

Intensidad media en % de la VAM	Modalidad de carrera (segundos)	Clasificación del ejercicio
100	10" / 10"	Aeróbico
100	20" / 20"	Aeróbico
100	30" / 30"	Aeróbico
105	10" / 10"	Suavemente anaeróbico láctico
105	20" / 20"	Suavemente anaeróbico láctico
105	30" / 30"	Suavemente anaeróbico láctico
110	10" / 10"	Anaeróbico láctico
110	20" / 20"	Anaeróbico láctico
110	30" / 30"	Anaeróbico láctico
115	10" / 10"	Fuertemente anaeróbico láctico
115	20" / 20"	Fuertemente anaeróbico láctico
115	30" / 30"	Fuertemente anaeróbico láctico

Tabla N° 6: Clasificación de modalidades de trabajo intermitente (Bisciotti, G.N.)

Nosotros consideramos al ejercicio intermitente realizado en zona de intensidad alrededor de la VAM (95%-100%-105%) como un excelente método para estimular la Potencia Aeróbica.

El desarrollo de la misma nos permitirá mantener una alta tasa de capacidad de resíntesis ATP-CP a lo largo de la duración de la competencia y recuperarnos más rápido luego de actividades breves (1"-6"-7") de alta intensidad. (8).

Esta sugerencia se halla en línea con los hallazgos acerca del proceso de recuperación después de actividades de alta intensidad repetidas que se relaciona con el potencial oxidativo y con el número de capilares dentro del músculo. (8) (9) (10)

Fundamentamos esta expresión en que una de las posibles causas de fatiga en el fútbol es la depleción de los depósitos de glucógeno (7) y como citaron prestigiosos investigadores (1) y confirmamos nosotros en nuestra investigación con futbolistas profesionales, que utilizando patrones de ejercicio intermitentes, con introducción de micropausas de 10", 12", 15", 20" podemos entrenar durante más tiempo, corriendo a mayor velocidad de desplazamiento, con menores costos metabólicos y por lo tanto ahorrando hidratos de carbono, sustrato determinante para mantener alta intensidad en la parte final de la competencia.

Consideramos de gran importancia utilizar relaciones de trabajo pausa, 1-1, 1-2, por ejemplo 10" x 10", 15" x 15", 10" x 15", 10" x 20", citando a Astrand P-O. Y col. (6) acerca de la hipótesis del rol que desempeña la mioglobina, según el cual el depósito de O₂ (representado por la mioglobina) era usado en la fase inicial del trabajo antes que la respiración y la circulación sean capaces de alcanzar los valores que corresponden a la demanda real de O₂ y permitiendo una recarga parcial de la misma en los periodos de pausa.

Otra posible explicación de porque en estos patrones de actividad intermitente encontramos menores niveles de ácido láctico en sangre, sería la posible depleción de la enzima interviniente en el paso 3 de la glucólisis, la PFK, fosfofructokinasa, enzima clave en acelerar o deprimir la velocidad de la glucólisis generadora de lactato.

Esta depleción en la actividad de la PFK, estaría generada, por la presencia de adenosin trifosfato citoplasmático y citrato proveniente del primer paso del ciclo de krebs, entre otros motivos (7).

Por lo tanto disminuiría la producción de lactato y se activaría la oxidación de ácidos grasos, posibilitando el desarrollo del ejercicio con ahorro de hidratos de carbono.

A pesar de la poca cantidad de datos presentados en este trabajo destacamos que el mismo pudo realizarse con jugadores profesionales durante el periodo de preparación de inicio de temporada.

El punto a observar, es que la fuerza y velocidad en el fútbol se manifiestan, no desde el estado de reposo o recuperación completa de los depósitos de ATP-CP, si no, durante el transcurso de la competencia, a partir de recuperaciones incompletas en una zona de Vo₂ máx., próxima al 75% (11).

A si mismo consideramos importante próximamente se realicen trabajos de investigación sobre el ejercicio intermitente realizado con introducción de ejercicios que paralelamente desarrollen diferentes manifestaciones de fuerza que suceden durante la competencia; isométrica-explosiva, elástico-explosiva, reactiva y de resistencia a la fuerza explosiva.

Es posible que este tipo de estímulos, metabólicos y neuromusculares integrados, mejoren la capacidad de mantener altas tasas de producción de potencia durante más tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTRAND I., ASTRAND P.O., CRISTENSEN E.H., Intermittent muscular work. Acta Physiologica Scand; 48:448-53.1960.

2. BANGSBO J., La fisiología del fútbol, con referencia al ejercicio intermitente intenso, Instituto August Krogh, Universidad de Copenhague, Dinamarca, 1994.
3. BALSOM P.D., High Intensity Intermittent Exercise, Performance and metabolic responses with very high intensity short duration work periods. Karolinska Institute, Stockholm, Sweden, 1995.
4. ASTRAND P.O., SHEPHARD R.J., La Resistencia en el Deporte. 2da edición, Paidotribo, Barcelona, pp.8-12.2000.
5. BISCIONI G.N., L'incidenza fisiologica dei parametri di durata, intensità e recupero nell'ambito dell'allenamento intermitente. Rivista SdS. 60-61: 90-96, 2004.
6. ASTRAND I., ASTRAND P.O., CRISTENSEN E.H. & HEDMAN R., Myohemoglobin as an oxygen store in man. Acta Physiol. Scand 48, 454-460. 1960.
7. ESSEN B., Studies on the regulation of metabolism in human skeletal muscle using intermittent exercise as experimental model. Acta Physiol. Scand. (Suppl.) 454, 1-32.1978.
8. JOHANSEN L. & QUISTORFF B., P-spectroscopy used for evaluating metabolic response during repeated maximal isometric contractions in different training groups. The 11th annual scientific meeting of society of Magnetic Resonance in Medicine, Berlin, August 1992, 2709.
9. IVY I. L., SHERMAN W. M., MILLER I.M., MAXWELL B.D. & COSTILL D.L., Relationship between muscle $\dot{V}O_2$ and fatigue during repeated isokinetic contractions. J Appl. Physiol. 53,470-474. 1982.
10. TESCH P.A. & WRIGHT J.E., Recovery from short term intense exercise: its relation to capillary supply and blood lactate concentration. Eur. J. Appl. Physiol 52,98-103. 1983.
11. REILLY T. & THOMAS V. Estimated energy expenditures of professional association footballers. Ergonomics 22,541-548.1979.