

Artículo original

UMBRAL ALÁCTICO - LÁCTICO EN VELOCISTAS

ALACTIC - LACTIC THRESHOLD IN SPRINTERS

Juan Carlos Díaz Peña¹, Graciela Nicot², Ricardo Pérez Sarría³, Miguel Rodríguez⁴, Juliette Massip⁵

¹ Médico, Especialista de Primer Grado en Medicina Deportiva

² Médico, Especialista de Segundo Grado en Medicina Deportiva, Profesora Auxiliar, Profesora Consultante, Investigadora Auxiliar gnb@infomed.sld.cu

^{3,4} Médico, Especialista de Primer Grado en Medicina deportiva

⁵ Licenciada en Bioestadística

Instituto de Medicina del Deporte. La Habana. Cuba.
CEAR "Cerro Pelado" Calle 10 e/ 100 y 14, Reparto Embil.
Boyeros, La Habana CP 10800. CUBA

RESUMEN

Se realizó un estudio analítico, de campo, descriptivo y de corte transversal, durante el macrociclo 2011- 2012 en el Estadio Panamericano, Provincia Habana-Cuba, en atletas pertenecientes al área de velocidad (100 y 110 c/Hurdles) de ambos sexos de la Preselección Nacional, con el objetivo de determinar la duración, distancia y/o velocidad en que ocurre el umbral aláctico-láctico en dicha muestra. El universo estuvo constituido por todos los atletas pertenecientes al evento referido, la muestra fue de 9 atletas de los cuales 3 fueron femeninos y 6 masculinos. El trabajo consistió en carreras de diferentes distancias, desplegando la máxima velocidad en cada una. Entre cada distancia se realizaron pausas de 20 minutos. Se consideró el umbral aláctico-láctico cuando entre una medición y la otra se incrementara el valor de lactato en 1.5 milimol/L de sangre. Los indicadores estudiados fueron: frecuencia cardiaca, ácido Láctico y la velocidad de carrera. Se determinó la duración, distancia y/o velocidad en que ocurrió el umbral aláctico-láctico: la distancia fue en 30-40 metros para el sexo femenino y 40-60 para el masculino, los tiempos de duración de potencia de los fosfágenos estuvieron en 4,13 segundos en las mujeres y 4,76 segundos en los hombres, el mayor incremento en la velocidad correspondió a los 60 metros en ambos sexos, la frecuencia cardiaca tuvo un incremento significativo en la primera distancia

después del calentamiento con un comportamiento en meseta en las distancias posteriores en ambos sexos.

Palabras clave: atletismo, fosfágenos, frecuencia cardiaca, *lactato*,

ABSTRACT

An analytic study, field descriptive and cross-section study was developed, during the macrocycle 2011 2012 at the Stadium Panamericano, Provincia Habana Cuba, in athletes belonging to the area of velocity (100 and 110 meters, c/v) of both sexes of the National Preselection with the objective of determining the duration, distance, and or velocity in than occurs the threshold of lactate. The universe was constituted for all of the athletes training in the referred event. The sample was composed of 9 athletes which 3 belonged to feminine and 6 masculine. The work consisted in racing of different distances, displaying the top speed in each. Enter each distance pauses of 20 minutes were applied. The alactacid threshold was considered when the increment in levels lactate of lactate in 1,5 milimol/L of blood. The studied indicators were: Cardiac frequency, lactic acid and the run velocity. The duration, distance were determined and or velocity in than occurred the threshold of lactate: Distance was in 30-40 meters for the female sex and 40-60 for the masculine, the phosphagens times of duration of potency were in 4.13 seconds in women and 4.76 seconds in the men, the principal increment in velocity corresponded to 60 meters in both sexes, the cardiac frequency had a significant increment in first distance after heating with a behavior in plateau in posterior distances in both sexes.

Key words: Athletics phosphagens, cardiac frequency, lactate.

INTRODUCCIÓN

Se han escrito numerosos trabajos en los que se estudia la intensidad del ejercicio donde ocurre el punto de ruptura entre el metabolismo aerobio y el anaerobio, lo que ha demostrado que son de extraordinario valor práctico para el control del entrenamiento deportivo. Sin embargo, algunos autores, realmente muy escasos, han mencionado la posible existencia de un umbral aláctico-láctico correspondiente a la fuerza explosiva como cualidad motriz y la definen como “la intensidad y duración del trabajo en la cual hay un paso del predominio del metabolismo de los fosfágenos al glicolítico” (1,2)

En muchos deportes, generalmente aciclico, ocurre en algún momento de la competencia acciones de elevada intensidad y breve duración donde hay una participación marcada de los fosfágenos como fuente energética. Si el deportista cuenta con un umbral aláctico-láctico muy bajo se verá imposibilitado de mantener la intensidad requerida y podría presentar un deterioro en la coordinación y la técnica del gesto deportivo al ocurrir incrementos del ácido láctico en sangre. (2)

Si este aspecto es de importancia en los deportes acíclicos resulta aún más relevante en los deportes cíclicos de gran intensidad y breve duración como son los deportes considerados de Fuerza rápida, entre ellos el atletismo velocidad.

Como es conocido, en la medida que aumenta el umbral aláctico, se demora más la aparición de altas concentraciones de lactato durante la carrera y mayor es la participación de las fuentes energéticas a expensas de los fosfágenos y el atleta podrá alcanzar altas velocidades máximas durante la carrera, sin deterioro del rendimiento. Se puede ejemplificar con las reglas relacionadas con la educación de la rapidez. Se menciona que la duración de los ejercicios cíclicos continuos deberá ser tal que permita se realicen sin disminución de la rapidez límite o cercana al límite y se señala que el número de repeticiones de los ejercicios cíclicos continuos (Ej.: correr 30 metros 5 veces), debe ser de forma tal que se realicen siempre sin disminuir la velocidad. Ej. Las 5 veces que corra los 30 metros debe hacerlo igual; si en la 5ta vez no hace la misma velocidad, se realizan solamente 4 tramos de 30 metros ya que en la 5ta ocasión no está entrenando rapidez. Sin embargo, si se pudiera determinar el nivel de lactato en cada uno de los tramos se identificaría de forma más objetiva que la tarea la está realizando, no a expensas de la rapidez, sino a expensas de la resistencia a la velocidad y de esta forma no se cumple el objetivo de la sesión de entrenamiento.

No obstante, aún mejor sería poder determinar en cada uno de los atletas cual es la distancia que debe correr a máxima intensidad para la educación de la rapidez e ir controlando con el lactato cada vez que se quiera aumentar la distancia. (3)

Así se ha considerado pertinente estudiar éste aspecto del metabolismo energético, con el objetivo de ofrecer un recurso más para el Control Médico del Entrenamiento en el atletismo velocidad y brindar una respuesta rápida en lo que respecta a las cargas físicas de entrenamiento para la fuerza explosiva del deportista, así como obtener datos experimentales sobre la dinámica de la activación de la glucólisis anaerobia en función de la duración de la carrera y analizar la transición anaeróbica aláctica-láctica mediante un test de campo basado en técnicas de determinación de lactacidemia.

Con esa finalidad fue objetivo determinar la aparición del umbral aláctico-láctico en atletas de atletismo velocistas de ambos sexos pertenecientes a la Preselección Nacional así como el tiempo, distancia y/o velocidad en que este ocurre.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una investigación analítica, de campo, descriptivo y de corte transversal. La muestra estuvo constituida por los 6 atletas del sexo masculino y 3 del femenino, practicantes de atletismo en los eventos de 100 metros con vallas para el sexo masculino y 110 metros con vallas en el femenino, que se encontraban entrenando en el momento de la investigación. A todos los atletas y entrenadores se les brindó la información acerca de las características del estudio así como de los beneficios que de él pueden obtenerse y se solicitó el consentimiento informado verbal.

Los Métodos de investigación a utilizar fueron: métodos teóricos y métodos empíricos. Entre los métodos teóricos se utilizó:

Análisis estadístico se exponen estos métodos

Diseño de la investigación: A todos los atletas se les realizó un examen físico y de variables hematológicas para determinar la condición de salud previa. Una vez aceptados los atletas, se les recogieron los datos generales de cada uno de ellos.

El trabajo consistió en carreras de diferentes distancias: 20,30, 40 60 y 80 metros desplegando la máxima velocidad en cada una de estas partiendo de la posición de arrancada. Entre cada distancia se realizaron pausas de 20 minutos. Los momentos de pausa tenían el objetivo de asegurar el abastecimiento de los depósitos de los compuestos fosfomacroenergéticos.

Se consideró el umbral aláctico-láctico cuando entre una medición y la otra se incrementara el valor de lactato en 1.5 milimoles/L de sangre.

Los indicadores estudiados fueron: frecuencia cardíaca, ácido Láctico y la velocidad de carrera. La frecuencia cardíaca se tomó con pulsómetro (marca Polar) en condiciones de reposo, calentamiento y al finalizar cada distancia. Para la determinación del ácido láctico se tomó muestra de sangre capilar del pulpejo del dedo de la mano en condiciones de reposo y al final de cada distancia Para su análisis se empleó micro método enzimático. Con lactímetro El tiempo de carrera se tomó con un cronómetro digital al concluir cada repetición y se realizó la medición de éste en segundos.

Se analizaron los resultados de forma individual para que el entrenador conozca la distancia a entrenar la fuerza explosiva de cada uno de sus atletas.

Análisis estadístico

Los datos fueron recogidos en una planilla confeccionada para tal fin y se registraron los datos generales de cada uno de los deportistas, edad cronológica, edad deportiva, tiempo de carrera, así como los valores de lactato post calentamiento y al minuto después de correr cada una de las distancias. Además se hizo el cálculo de la velocidad correspondiente a cada una de las carreras.

Se utilizó la base de datos Excel para la tabulación de la información y la estadística descriptiva consistió en la determinación de la media y desviación estándar de cada una de las variables cuantitativas en estudio.

Para la comparación entre las variables cuantitativas en diferentes momentos se empleó la prueba no paramétrica de Friedman para muestras pareadas. Se consideró significativa una p menor o igual a 0,05. Los resultados se presentan en forma de tablas y gráficos.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para que un atleta líder mundial tenga garantía de su éxito o al menos de una destacada labor en los numerosos y exigentes eventos competitivos como los Juegos Olímpicos, Campeonatos Mundiales, Grand Prix, Liga del Diamante, etc., ha de estar asegurado de un estado de disposición competitiva que integre el refinamiento de los componentes físico, técnico, táctico, psicológico y teórico. Ese refinamiento es el que permite el rendimiento acorde a su nivel, de no poseerlo pueden venir las inesperadas derrotas o hasta decepcionantes actuaciones.

Tabla 1. Características generales de la muestra.

		Edad cronológica	Edad deportiva
Femenino	media	20,5	10,5
	DS	2,1	0,7
Masculino	media	21,5	10,3
	DS	2,6	1,2
Total	media	21,3	10,4
	DS	2,4	1,1

En la tabla 1 se presentan los datos generales de la muestra, por sexo. Como puede verse la edad deportiva media es de $10,4 \pm 1,1$ años y la cronológica es de $21,3 \pm 2,4$ años, se corresponden con atletas relativamente jóvenes, característico a esta especialidad dentro del atletismo.

Tabla 2. Frecuencia cardiaca correspondiente a las distintas distancias de carrera según sexo.

sexo	FC	Media	DS	Mínimo	Máximo	p
Femenino (3)	Calentamiento	102	12,0	90	114	0,035*
	20 m	166	15,1	150	180	
	30 m	164	3,5	162	168	
	40 m	166	3,5	162	168	
	60 m	167	19,0	112	180	
	80 m	168	17,5	146	190	
Masculino (6)	Calentamiento	79	10,3	66	90	0,000*
	20 m	164	7,3	156	174	
	30 m	163	15,8	150	192	
	40 m	164	9,0	150	174	
	60 m	166	6,7	136	176	
	80 m	167	8,6	130	184	

*estadísticamente significativo $p \leq 0,05$

En la tabla 2 se presentan los resultados de la frecuencia cardiaca en las diferentes distancias de carrera utilizados en esta investigación. En el sexo femenino se presentó incremento en la frecuencia cardiaca del calentamiento a la primera carga, correspondiente a los 20 metros, con un cambio de 64 latidos por minuto entre ambos momentos, con diferencias estadísticamente significativas, lo que al parecer se corresponde con la salida de la inercia a la ejecución de un esfuerzo que aunque breve, fue intenso. En las siguientes mediciones no hubo incremento significativo de esta variable manteniéndose una tendencia a hacer una meseta, con diferencias entre uno a tres latidos entre cargas. Lo mismo se observa en el sexo masculino, con incremento estadísticamente significativo del valor del calentamiento a la primera carga realizada,

con 85 latidos por minuto de diferencia promedio entre el calentamiento y la primera carga y tendencia a una meseta en las cargas posteriores. Al comparar ambos sexos solo existieron diferencias estadísticamente significativas en los valores de calentamiento, siendo inferiores los valores promedios de esta variable en los deportistas masculinos.

Se ha demostrado que la frecuencia cardiaca no incrementa de forma notable con cargas de muy breve duración, aun cuando la intensidad sea muy elevada, debido fundamentalmente, según plantean diferentes autores, a que las variaciones de la frecuencia cardiaca producto de cargas físicas tienen un tiempo de latencia y se refiere que el estrés físico hace que predomine el control simpático del corazón, incrementando la velocidad de conducción del impulso, la fuerza de contracción del músculo cardiaco y liberación de catecolaminas, todo esto en conjunto provoca aumento de la frecuencia cardíaca. Di Prampero estima, en base a la revisión de una larga serie de estudios propios y de otros autores, que el tiempo máximo de explotación del mecanismo anaeróbico aláctico a su máxima potencia es de 6 a 7.7 segundos (25). Estos mismos resultados han sido encontrados en otros trabajos donde las cargas han sido breves y de muy corta duración, reportando valores de frecuencia cardiaca de 179 +/- 18 latidos por minuto (26).

La búsqueda de métodos no invasivos ha dirigido a diferentes investigadores a la utilización de la frecuencia cardiaca como método para hallar el umbral anaeróbico (aeróbico-anaeróbico) y Roseguini y col (27) encontraron que el punto de corte se encontraba en 25 latidos de diferencia con el calentamiento, con una sensibilidad de 100 %, una especificidad de 95 % y un valor predictivo de 90 % determinado en jóvenes sanos. Otros autores han observado con ejercicios intensos intermitentes alteraciones de la relación Δ frecuencia cardiaca con el lactato en sangre, llevándolos a subestimar la dosis de ejercicio de entrenamiento. Esto se observa también en esta investigación, al no encontrarse incremento de la frecuencia cardiaca que hable de los cambios de intensidades desarrolladas en las diferentes carreras y probablemente esta pobre relación de la frecuencia cardiaca con el lactato es responsable de la meseta aparecida en la frecuencia cardiaca. (28).

Tabla 3. Lactato en sangre correspondiente a las distintas distancias de carrera, según sexo.

Sexo	Lactato	Media	DS	Mínimo	Máximo	p
Femenino (3)	Calentamiento	3,1	0,8	2,4	4	0,020*
	20 m	4,9	0,7	4,3	5,7	
	30 m	6,0	1,3	4,9	7,5	
	40 m	7,9	1,0	7	8,9	
	60 m	9,5	3,8	5,7	13,2	
	80 m	13,9	0,3	13,7	14,2	
Masculino (6)	Calentamiento	3,2	1,0	1,8	4,6	0,000*
	20 m	5,3	0,5	4,6	5,8	
	30 m	6,3	0,7	5,6	7,7	
	40 m	7,3	1,0	6	8,7	
	60 m	8,8	2,1	6,2	11,2	
	80 m	10.8	1,2	6,4	13.4	

*estadísticamente significativo $p \leq 0,05$

En la tabla 3 se presentan los valores de lactato en sangre obtenidos en ambos sexos, en los diferentes momentos de estudio. Existió diferencias estadísticamente significativas entre el calentamiento con la primera carga de 20 metros y con las siguientes cargas con incremento paulatino correspondiente a cada aumento de la distancia de carrera, siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Se presentó el primer incremento notable del lactato en sangre entre el calentamiento y la primera carga de 20 metros, estando posteriormente en aumentos menos notable hasta la última distancia.

En las mujeres se observó un incremento lineal notándose el mayor salto en los 60 - 80metros pero en todas las distancias los incrementos fueron estadísticamente significativos. Algunos autores plantean (29,30) que el ejercicio intermitente anaeróbico de potencia, o de fosfágenos, se caracteriza porque la concentración sanguínea de lactato está comprendida entre 8 y 12 mmol/l, aunque permanece estable a esos niveles la mayor parte de la sesión, las reservas musculares de fosfocreatina disminuyen durante cada repetición hasta valores cercanos al 20-30% de las reservas iniciales y se recuperan parcialmente durante la recuperación (alcanzan valores

cercanos al 60-70% de las reservas iniciales), las reservas musculares de ATP no disminuyen significativamente y se mantiene la velocidad máxima y la fuerza explosiva a lo largo de las repeticiones.

Es claro que el ejercicio intermitente de alta intensidad, característico de potencia (fuerza-velocidad) con repeticiones que no son las suficientes para que se repletan los almacenes de fosfágenos, deben lógicamente incrementar los valores de lactato. Generalmente estos tipos de ejercicio son utilizados para desarrollar la capacidad anaeróbica aláctica y no la potencia.

En esta investigación se observó un comportamiento similar al descrito por los autores anteriores. Se mantuvo el incremento de velocidad en los diferentes tramos no demostrándose agotamiento. Debe aclararse que los períodos de recuperación entre los tramos en este estudio fue largo lo que permitía la recuperación completa de los almacenes de fosfágenos y el mantenimiento de la fuerza explosiva a lo largo de las repeticiones.

Sin embargo, el hecho de que en la medida que incrementó la distancia lo hacia la concentración de lactato, indica que los almacenes de fosfágenos no fueron suficiente para cubrir energéticamente la diferentes distancias y fue necesario la utilización de la glicolisis.

Hirvonen J, Rehunen S, Rusko H, Härkönen M.(31) en su trabajo exponen la disminución de los compuestos de fosfágenos de alta energía y la acumulación de lactato en ejercicios máximos de corta duración, concluyendo que en estos eventos se depende de la capacidad para utilizar los fosfatos macro energéticos al comienzo de la carrera y que la disminución en la velocidad de la carrera comienza cuando los almacenes de fosfatos macro energéticos se agotan y la mayoría de la energía debe entonces ser producida por la glucolisis.

Estos autores (31) plantean que la potencia pico máxima se obtiene con cargas no superiores a los tres segundos, según los resultados hallados en su investigación.

Se refiere que es muy difícil interpretar los cambios inducidos por el entrenamiento en los test anaeróbicos debido a que las determinantes de la ejecución son interdependientes y los resultados pueden ser muy discordantes.

Por este motivo algunos investigadores han propuesto el uso de investigaciones multidimensionales (quizás más bien multidisciplinarios), para poder hacer análisis de los principales componentes que expliquen las discordancias de las variables fisiológicas. (32, 33,34)

En relación a las condiciones de trabajo se ha demostrado que en velocistas de 100 metros pueden extrapolarse los resultados obtenidos en estera rodante con relación a los encontrados en el terreno para buscar diferencias interindividuales, no intraindividuales. Se pueden realizar diferenciaciones entre el grupo entrenado pero no permite una determinación absoluta correcta de la potencia y capacidad anaerobia individual (35).

Tabla 4. Diferencia de Lactato en sangre en diferentes distancias según sexo.

sexo	Delta Lactato	Media	DS	Mínimo	Máximo	p
Femenino (3)	Calentamiento – 20 m	1,8	0,1	1,7	1,9	0,717
	20 m – 30 m	1,1	0,6	0,6	1,8	
	30 m – 40 m	1,8	0,4	1,4	2,1	
Masculino (6)	Calentamiento – 20 m	2,1	1,0	1,0	3,1	0,115
	20 m – 30 m	1,0	0,7	0,3	2,0	
	30 m – 40 m	1,0	0,8	0,1	2,1	
	40 m – 60 m	1,5	0,5	0,4	2,5	

*estadísticamente significativo $p \leq 0,05$

En la tabla anterior (tabla 4), se presentan las diferencias de los incrementos entre cargas, haciéndose evidente lo antes señalado en ambos sexos. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los delta de lactato para ninguno de los momentos estudiados. No obstante, tanto en el sexo femenino como en el sexo masculino se logró encontrar incrementos superiores en 1.5 mmoles entre distancias lo que podría hablar de que se corresponde con el umbral aláctico, según criterio convenido. En el sexo femenino este incremento se correspondió a los cambios entre 30 y 40 metros en tanto en el sexo masculino se presentó el incremento superior a 1.5 entre 40 y 60 metros. En términos prácticos puede aconsejarse que el sexo femenino deben entrenar en distancias de 30 metros y el sexo masculino debe entrenarse en distancias de hasta 40 metros, al menos para los corredores de 100 y 110 metros con vallas pertenecientes a este estudio. Hay que tener en cuenta que la presencia del umbral aláctico, al igual que el umbral láctico presenta variaciones individuales.

Hace 4 años (año 2008) se marcó el bicentenario de las investigaciones vinculadas con el lactato desde que Berzelius reportó la presencia de lactato por ejercicio en el año 1808 cuando notó su presencia en el músculo. Sin embargo todavía hoy los mecanismos exactos de la oxidación del lactato muscular y la relación de la enzima lactato deshidrogenasa en la mitocondria se mantienen sin resolver y se mantiene un animado debate en torno al shuttle del lactato. En el siglo pasado se reconocía al lactato como un metabolito de deshecho o simplemente un metabolito anaeróbico pero en los últimos años se ha considerado como una molécula reguladora que modula la integración del metabolismo.

No obstante, continúan los estudios del lactato durante el ejercicio debido a su sensibilidad a los cambios que experimenta con la duración e intensidad de este. Debido a la popularidad de este parámetro se han hecho muchos intentos para que pueda ser usada la saliva y el sudor como sustitutos de la sangre para su medición. (36, 37,38)

Como se había mencionado en la metodología fue considerada la diferencia de 1.5 mmol/L de lactato en sangre para establecer la aparición del umbral aláctico-láctico. Otros autores han considerado diferencias de 1 mmol/L con relación a los valores de reposo para considerar depleción marcada de los almacenes de energía a partir de los fosfágenos. Los autores consideran que diferencias tan pequeñas como 1 mmol/L puede solaparse con cambios propios del coeficiente de variabilidad de la técnica de análisis y variaciones ambientales durante el trabajo, por lo que el valor de 1.5 es más conservador y brinda una mayor seguridad.

En trabajos realizados en natación en el ámbito de las áreas funcionales se refiere valores de 5 mmol/L de lactato para reconocer que se está entrenando la potencia aláctica.

Si se tuviera en cuenta en esta investigación los criterios antes mencionados pensaríamos que en la primera carga, en ambos sexos se encontraba el umbral aláctica-láctica. Según este criterio de los 5 mmoles no se encuentra coincidencia, pues el promedio del valor del lactato en sangre en los 20 metros estaba en los 6 milimoles en el sexo femenino y en el caso del masculino se encuentra en 7.3 mmoles/L, ambos por encima de los 5 mmoles (39,40). Este valor es más útil cuando se está entrenando la potencia aláctica con varias repeticiones a la misma intensidad, como ocurre cuando se exploran las esferas funcionales, en los cuales durante las micro pausas entre repeticiones el tiempo no siempre es suficiente para repletar los almacenes de ATP y PCr.

Tabla 5. Tiempo de carrera en diferentes momentos según sexo.

sexo	Tiempo	Media	DS	Mínimo	Máximo	p
Femenino (3)	20 m	2.89	0.11	2.76	2.97	0,017*
	30 m	4.13	0.06	4.09	4.20	
	40 m	5.27	0.12	5.20	5.41	
	60 m	7.36	0.14	7.20	7.48	
	80 m	9.63	0.16	9.50	9.81	
Masculino (6)	20 m	2.67	0.06	2.61	2.77	0,000*
	30 m	3.76	0.07	3.65	3.86	
	40 m	4.76	0.10	4.64	4.93	
	60 m	6.58	0.11	6.47	6.79	
	80 m	8.54	0.12	8.38	8.70	

*estadísticamente significativo $p \leq 0,05$

En la tabla 5 se presentan los tiempos registrados en atletas de ambos sexos pertenecientes al evento de 110 metros con vallas. Se encuentra, lógicamente incremento de los tiempos de carrera en la medida que se incrementa la distancia, siendo estas diferencias estadísticamente significativas así como significativas fueron también las diferencias entre los tiempos registrados entre sexo. Se registra una mayor desviación estándar con el incremento del tiempo, con tendencia a valores mínimos y máximos más extremos.

Estos resultados no pueden ser extrapolados a los tiempos de ejecución al evento específico ya que en la carrera no se utilizaron las vallas.

Si se tiene en cuenta que las atletas alcanzan el umbral aláctico aproximadamente en los 30 metros y los atletas masculinos en los 40 metros se puede inferir que los tiempos de duración de potencia de los fosfágenos estuvieron en 4,13 segundos en las mujeres y 4,76 segundos en los hombres. En ninguno de los sexos el umbral aláctico sobrepasó los 5 segundos. En general la literatura refiere tiempos entre 6 y 8 segundos para la potencia aláctica lo que está por encima de lo encontrado en este trabajo. Esto podría ser causado por la relativa juventud de la muestra o, a que en el momento en que se hizo la medición no se correspondía con la etapa en que se desarrolla la potencia máxima de carrera por lo que resulta de interés el poder estudiar, en investigaciones futuras, sujetos de mayor nivel deportivo o edad deportiva así como después de haber desarrollado esta potencia metabólica.

En un estudio realizado en corredores de velocidad para encontrar los índices de potencia anaerobia, se desarrollaron carreras en la estera a máxima velocidad durante 20 segundos con recuperación de 100 segundos durante cada tramo y estos se repitieron hasta el agotamiento del sujeto. Este test de potencia de carreras anaeróbica máxima, por el tiempo de duración y los resultados de lactato ($>10\text{mmol/l}$) es útil para medir la potencia anaeróbica máxima de carrera (marp) por sus siglas en inglés. Sin embargo, precisamente por el tiempo de duración y los valores de lactato encontrados en ese test se puede decir que explora más bien la potencia máxima anaeróbica láctica de carrera (41).

Otros test también han sido desarrollados para investigar la relación máxima de carrera usando diferentes modelos matemáticos así como comparándolas con test anaeróbicos de Wingate y estudiando el déficit de O_2 máximo acumulado, sin embargo, en todos los casos las distancias de carreras sobrepasan los 80 metros por lo que resulta difícil poder evaluar en esos casos la potencia anaeróbica aláctica (42).

En los deportes en los que la capacidad para ejecutar múltiples carreras de velocidad corta resulta importante para poder sostener esa potencia durante todo el evento (por ejemplo el fútbol u otro deporte de juegos de conjunto) resulta de importancia su evaluación y con esta finalidad se han realizado estudios y han sido validado trabajos de carreras anaerobias intermitentes desarrollando 10 repeticiones de carreras de 20 metros con 20 segundos de recuperación entre estos. Estos autores consideraron que el índice de velocidad promedio relativo fue el indicador (preferido) de más exactitud para investigar la capacidad para mantener la ejecución de carreras de corta duración en deportes de juegos con pelotas. Este índice se plantea que refleja la máxima potencia de carrera anaeróbica. (41, 42, 43, 44).

Tabla 6. Velocidad de carrera en diferentes distancias según sexo.

sexo	Velocidad	Media	DS	Mínimo	Máximo	p
Femenino (3)	20 m	6,93	0,28	6,73	7,25	0,017*
	30 m	7,26	0,10	7,14	7,33	
	40 m	7,59	0,17	7,39	7,69	
	60 m	8,16	0,16	8,02	8,33	
	80 m	8,31	0,14	8,15	8,42	
Masculino (6)	20 m	7,48	0,18	7,22	7,66	0,000*
	30 m	7,99	0,16	7,77	8,22	
	40 m	8,40	0,18	8,11	8,62	
	60 m	9,12	0,15	8,84	9,27	
	80 m	9,37	0,14	9,20	9,55	

*estadísticamente significativo $p \leq 0,05$

La tabla 6 refleja la velocidad desplegada por tramo de carrera en el sexo femenino donde el tramo de 20 metros se corrió a una velocidad de 6,93 m/s, el de 30 metros a una velocidad de 7,26 m/s con un incremento entre estas de 0,33 m/s, el tramo de 40 metros se corrió para una velocidad de 7,59 m/s con un incremento de 0,33 m/s con relación a los 30 metros, el tramo de 60 metros se hizo en 8,16 m/s con un incremento de 0,57 m/s, el de 80 se hizo en 9,6m/s con una proporción de 0,15m/s. En el tramo de 60 m es apreciable el incremento en la velocidad y como disminuyó considerablemente en el tramo de 80 metros. Esta última declinación relativa de la velocidad permite inferir que ya estuvo presente signos de agotamiento.

En el caso de los varones el comportamiento de la velocidad fue: para los 20 metros 7,48m/s, en los 30 metros, 7,99 m/s para un incremento de 0,51 m/s, en los 40 metros la velocidad fue de 8,40 m/s con un incremento de 0,41 m/s en los 60 metros fue de 9,12 m/s para un 0,72 m/s y en los 80 metros se corrió para 9,37 m/s con una mejoría de 0,25m/s, como se ve en los dos sexos la distancia de mayor incremento en la velocidad fue la de 60 metros. Y en ambos sexos ya comienza en los 80 metros la tendencia al agotamiento.

Estos mismos resultados han sido observados por otros autores en distancias superiores a los 60 metros (45,46).

Tabla 7. Velocidad y Lactato en diferentes distancias de carrera según sexo.

sexo		Velocidad	Lactato	p
Femenino (3)	20 m	6,93	4,9	0,133
	30 m	7,26	6,0	
	40 m	7,59	7,9	
	60 m	8,16	9,5	
	80 m	8,31	13,9	
Masculino (6)	20 m	7,48	5,3	0,082
	30 m	7,99	6,3	
	40 m	8,40	7,3	
	60 m	9,12	8,8	
	80 m	9,37	11,8	

*estadísticamente significativo $p \leq 0,05$

Gráfico 1. Velocidad y Lactato en diferentes momentos en el sexo femenino

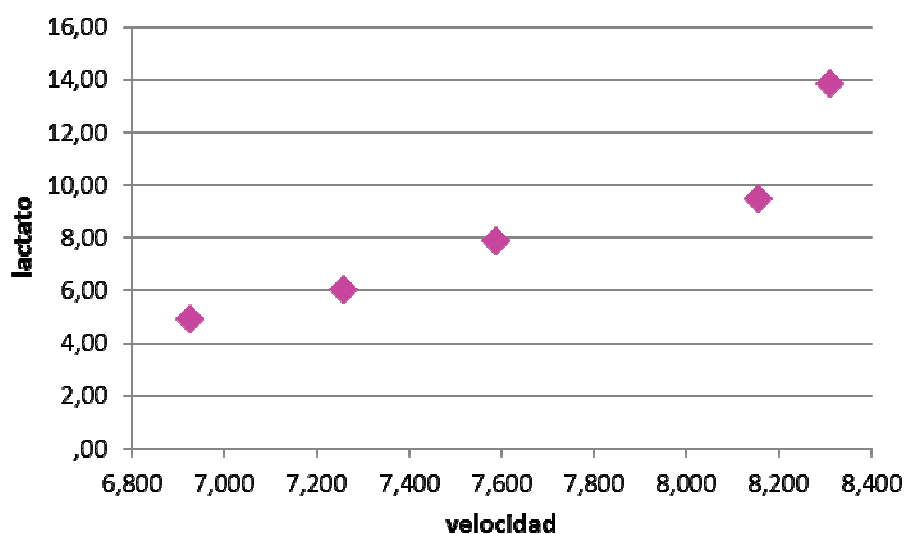
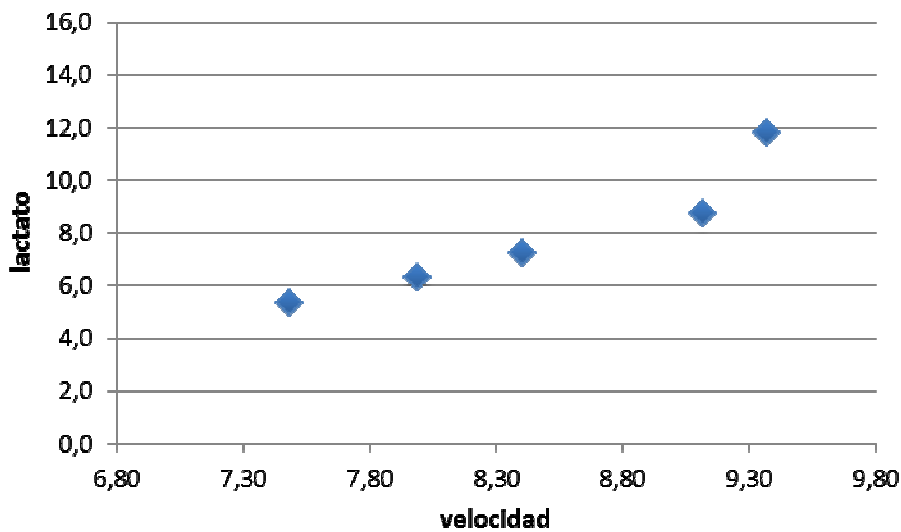


Gráfico 2. Velocidad y Lactato en diferentes momentos en el sexo masculino.



En la tabla 7, Gráficos 1 y 2 es significativo el aumento del lactato y la velocidad realizada en cada tramo, tanto en uno como en el otro sexo, haciendo valer la condición del variable lactato como un medidor de la intensidad en eventos intensos y de corta duración. El tramo de mayor incremento de lactato dentro de los estudiados fue el de 80 metros, lo que hace pensar que esta es la distancia en que la intensidad provocó la acumulación de lactato por encima de la velocidad de despeje de este, demostrado numéricamente y por la curva de ascenso y podría ser considerado un segundo umbral aláctico- láctico en trabajos cortos de alta intensidad.

Otros observadores podrían considerar que el comportamiento de la curva lactato velocidad se asemeja a la forma que se conoce como un comportamiento lineal o casi lineal en distancias o velocidades más bajas y la presencia de un incremento abrupto en una intensidad dada como corresponde al umbral aeróbico-anaeróbico. Solo que en estos atletas los valores de lactato son muy superiores a los referidos de forma tradicional como umbral aeróbico-anaeróbico.

Tabla 8. Velocidad y Frecuencia Cardiaca en diferentes momentos según sexo.

sexo		Velocidad	FC	p
Femenino (3)	20 m	6,93	166	0,225
	30 m	7,26	164	
	40 m	7,59	166	
	60 m	8,16	167	
	80 m	8,31	168	
Masculino (6)	20 m	7,48	164	0,189
	30 m	7,99	163	
	40 m	8,40	164	
	60 m	9,12	165	
	80 m	9,37	167	

Gráfico 3. Velocidad y Frecuencia Cardiaca en diferentes momentos en el sexo femenino.

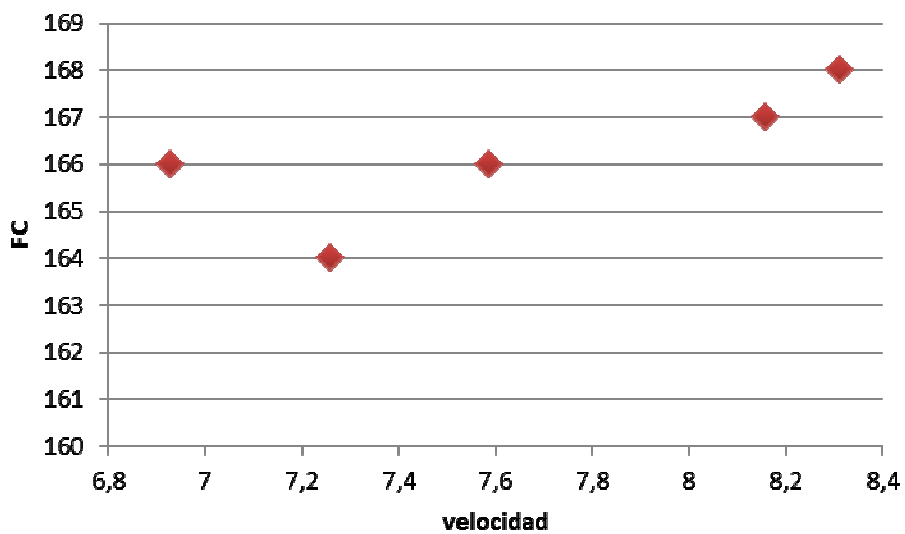
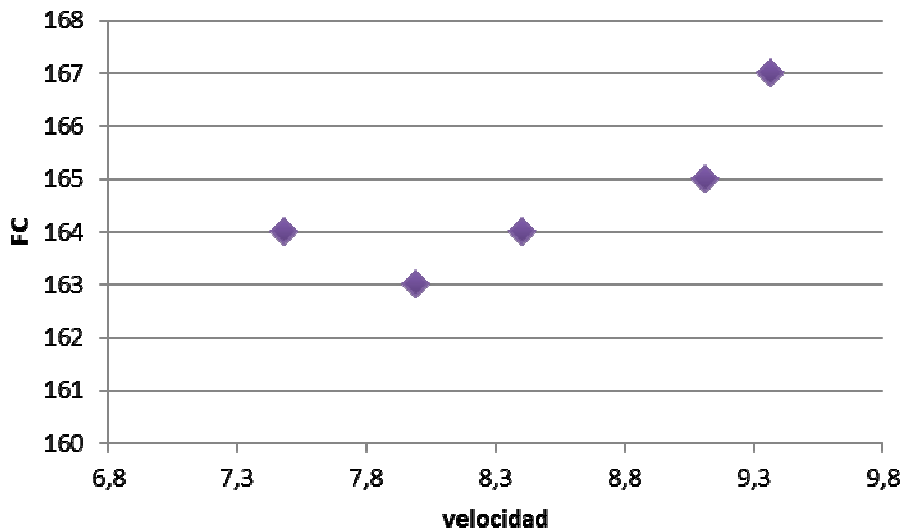


Gráfico 4. Velocidad y Frecuencia Cardiaca en diferentes momentos en el sexo masculino.



La frecuencia cardiaca es una variable que evalúa el sistema cardiovascular del atleta, pero haciéndola coincidir con otras variables fisiológicas alcanza una elevada importancia al lograr un análisis más certero y específico de la prueba realizada, precisamente aquí respalda la veracidad de la velocidad e intensidad aplicada en cada tramo.

La velocidad y la tasa de latidos (tabla 8, Gráficos 3 y 4) se incrementan en forma lineal mientras el lactato se incrementa con un patrón completamente diferente. Es por esto que es difícil calcular los niveles de lactato utilizando las tasas de latidos. El lactato sube primero muy lentamente y luego muy rápidamente. Eventualmente, la tasa de latidos deja de subir pues tiene un límite superior, pero el lactato continúa subiendo.

Las tasas de latidos proveen muy poco control sobre el componente anaeróbico del ejercicio. Mientras el lactato se incrementa muy rápidamente en la sangre después del umbral de lactato, la tasa de latidos aún se está incrementando a una tasa constante hasta que se aproxima al VO_2 máx., momento en cual se comienza a nivelar.

Pequeños cambios en la tasa de latidos podrían reflejar grandes cambios en los niveles de lactato o el metabolismo anaeróbico. Frecuentemente los niveles de lactato se duplican en intervalos de 5-10 latidos del corazón. Es posible ir de 3.0 mmol/L de lactato en un lado del umbral de lactato a 6.0 en el otro lado, todo dentro de un rango de 5-10 latidos de corazón. Estos dos niveles de lactato reflejan estados de estrés muy diferentes en el cuerpo mientras los cambios en la tasa de latidos parecen ser casi insignificantes. (47).

De este trabajo se derivan las siguientes conclusiones: La distancia en que se detectó el umbral aláctico- láctico fue en 30-40 metros para el sexo femenino y 40-60 para el masculino. Los tiempos de duración de potencia de los fosfágenos estuvieron en 4,13 segundos en las mujeres y 4,76 segundos en los hombres. El mayor incremento en la velocidad correspondió a los 60 metros en ambos sexos. La frecuencia cardiaca tuvo un incremento significativo en la primera distancia después del calentamiento con un comportamiento en meseta en las distancias posteriores en ambos sexos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Taylor A W, Bachman L. The effects of endurance training on muscle fibre types and enzyme activities. Can J ApplPhysiol 1999 Feb; 24(1):41-53
- 2- Cabrera ME, Saidel GM, Kalhan SC. Lactate metabolism during exercise: analysis by an integrative systems model. Am J Physiol 1999 Nov; 277(5 Pt 2):R1522-36
- 3- Pérez Sarría R. Fuerza rápida; Folleto impreso de la especialidad, IMD, Cuba.2008
- 4- Green H, Tupling R, Roy B, O'Toole D, Burnett M, Grant S. Adaptations in skeletal muscle exercise metabolism to a sustained session of heavy intermittent exercise. American Journal of Physiology, 2000. 278(1), E118-E126.
- 5- Acero J.Bases Biomecánicas para la Actividad Física y Deportiva; Ed. Universidad de Pamplona, 2002
- 6- Saez Saez E.Variables Determinantes en el Salto Vertical; www.efdeportes.com/ revista digital - Buenos Aires, año 10, No. 70 Marzo 2004.
- 7- Alta nergía,http://www.saludmed.com/CsEjerci/NutDeptv/BioquiEj/Bioq_NuD.htm (8 of 33)16/11/2007 6:37:36
- 8- 8-ATP, revista digital · Año 10 · N°69 | Buenos Aires, Febrero 2004.
- 9- LopateguiE.Bioenergética: Bioquímica Del Ejercicio: 2000.
- 10-Tesch PA, Colliander EB, Kaiser P. Muscle metabolism during intense, heavy-resistance,exercise. Eur J ApplPhysiolOccupPhysiol. 1986;55(4):362-6.
- 11-Duffield R, Dawson B, Goodman C. Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. J Sci Med Sport.2004 Sep; 7(3):302-13.

- 12- Karvonen J, Peltola E, Näveri H, Härkönen MRes .Lactate and phosphagen levels in muscle immediately after a maximum 300 m run at sea level.Q Exerc Sport. 1990 Mar; 61(1):108-10.
- 13- Ferrari Bravo D, Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Wisloff U. Sprint vs. interval training in football.Int J Sports Med. 2008 Aug;29(8):668-74. Epub 2007 Dec 17.
- 14- De Hegedüs, J. Guterman, T. La velocidad: características.EFDeportes.com, Revista Digital, Nº 106. (2007) <http://www.efdeportes.com/efd106/la-velocidad-caracteristicas.htm>
- 15- De Hegedüs, J. Guterman, T. La velocidad: entrenamiento.EFDeportes.com, Revista Digital, Nº 107. (2007) <http://www.efdeportes.com/efd107/la-velocidad-entrenamiento.htm>
- 16- Smith DJ, Norris SR, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers. Scientific Tools.Sports Medicine 2002.32(9):539-554.
- 17- Jack H. Wilmore, David L. Costill; Fisiología del esfuerzo y del deporte, 2004 ;3ra Ed. Paidotribo
- 18- EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires, Año 15, Nº 148, Septiembre de 2010.<http://www.efdeportes.com/>
- 19- Klapcinska B, Iskra J, Poprzecki S: El efecto del Sprint en corredores de 300mts sobre el lactato plasmático, ácido úrico, CK y lactato deshidrogenasa en deportistas y personas desentrenadas: J. SportsMed. Phys. Fitness .2001 Sept. 41(3):306-11
- 20- Kyröläinen H, Belli A, KomiPVBiomechanical factors affecting running economy. . MedSciSportsExerc. 2001 Aug; 33(8):1330-7.
- 21- García Manso JM, Navarro Valdivielso M, Ruiz Caballero JA. Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo (Principios y Aplicaciones) (pp. 233-366, 402-419). Madrid, España: Gymnos, Editorial Deportiva, S. L. (1996).
- 22- Wisconsin: WCB Brown & Benchmark Publishers Sports Physiology. (3rd ed., pp. 225-278).[http://www.saludmed.com/Bowers, R. W., & Fox, E. L., \(1992\).](http://www.saludmed.com/Bowers, R. W., & Fox, E. L., (1992).)
- 23- Korhonen MT, Mero AA, Alén M, Sipilä S, Häkkinen K, Liikavainio T, Viitasalo JT, Haverinen MT, Suominen H. Biomechanical and skeletal muscle

- determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Apr; 41(4):844-56.
- 24- Martin J. El perfil del vallista. Las pruebas de 100/110 metros vallas. Técnica atlética. Abril 2000.
- 25- Wilmore J, Costill D .Introducción a la fisiología del esfuerzo y del deporte 5ta. Edicion. Editorial Paidotribo.España, 2007.
- 26- Bull AJ, Housh TJ, Johnson GO, Rana SR. Physiological responses at five estimates of critical velocity. *Eur J Appl Physiol.* 2008 Apr; 102 (6):711-20. Epub 2007 Dec 19.
- 27- Roseguini BT, Narro F, Oliveira AR, Ribeiro , Estimation of the lactate threshold from heart rate response to submaximal exercise: the pulse deficit. *Int J Sports Med.* 2007 Jun; 28(6):463-9. Epub 2006 Nov 16.
- 28- Akubat I, AbtG. Intermittent exercise alters the heart rate-blood lactate relationship used for calculating the training impulse (TRIMP) in team sport players. *J Sci Med Sport.* 2011 May; 14(3):249-53. Epub 2011 Jan 14.
- 29- Saltin, 11ª Conferencia: "Ejercicio intermitente anaeróbico: bases fisiológicas y formas de controlarlo" (1975)
- 30- Nevill AM, Ramsbottom R, Nevill ME, Newport S, Williams C. The relative contributions of anaerobic and aerobic energy supply during track 100-, 400- and 800-m performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008 Jun; 48(2):138-42.
- 31- Hirvonen J, Rehunen S, Rusko H, Härkönen M. Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987; 56(3):253-9.
- 32- Weyand PG, Lin JE, Bundle MW. Sprint performance-duration relationships are set by the fractional duration of external force application. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2006 Mar; 290(3):R758-65. Epub 2005 Oct 27.
- 33- Heugas AM, Nummela A, Amorim MA, Billat V. Multidimensional analysis of metabolism contributions involved in running track tests. *J Sci Med Sport.*2007 Oct; 10(5):280-7. Epub 2006 Dec 26.

- 34- Morin JB, Sève P. Sprint running performance: comparison between treadmill and field conditions. *Eur J Appl Physiol*. 2011 Aug; 111(8):1695-703. Epub 2011 Jan 6.
- 35- Striegel H, Emde F, Ploog N, Roecker K, Horstmann T, Dickhuth HH, Determining anaerobic capacity using treadmill ergometry. *Int J Sports Med*. 2005 Sep;26(7):563-8. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005 Sep;45(3):248-56.
- 36- Gladden LB. 200th anniversary of lactate research in muscle. *Exerc Sport Sci Rev*. 2008 Jul; 36(3):109-15.
- 37- Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011 Mar; 6(1):8-24.
- 38- Sakharov DA, Shkurnikov MU, Vagin MY, Yashina EI, Karyakin AA, Tonevitsky AG. Relationship between lactate concentrations in active muscle sweat and whole blood. *Bull Exp Biol Med*. 2010 Dec; 150(1):83-5.
- 39- Beneke R, Wittekind A, Mühlhling M, Bleif I, Leithäuser RM. Lactate response to short term exercise with elevated starting levels. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Sep;110(1):215-8. Epub 2010 Apr 23.
- 40- Sola-Penna M. *IUBMB Life*. 2008 Sep;60(9):605-8. Metabolic regulation by lactate.
- 41- Paavolainen L, Häkkinen K, Nummela A, Rusko H. Neuromuscular characteristics and fatigue in endurance and sprint athletes during a new anaerobic power test. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994; 69(2):119-26.
- 42- Lima MC, Ribeiro LF, Papoti M, Santiago PR, Cunha SA, Martins LE, Gobatto CA. A semi-tethered test for power assessment in running. *Int J Sports Med*. 2011 Jul;32(7):529-34. Epub 2011 May 11.
- 43- Hill DW, Vingren JL, Nakamura FY, Kokobun E. Relationship between speed and time in running. *Int J Sports Med*. 2011 Jul;32(7):519-22. Epub 2011 May 11.
- 44- Psotta R, Blahus P, Cochrane DJ, Martin AJ. The assessment of an intermittent high intensity running test. *FUTBOL*, 2001
- 45- Gorostiaga EM, Asiáin X, Izquierdo M, Postigo A, Aguado R, Alonso JM, Ibáñez J. Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels

during typical training sessions in elite 400-m runners. *J Strength Cond Res.* 2010 Apr;24(4):1138-49.

- 46- Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY, Teh KC. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007 Dec;47(4):401-7.
- 47- Craig NP. Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1993; 67: 150-158.