

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DURANTE UNA PRETEMPORADA EN LA POTENCIA MÁXIMA AERÓBICA MEDIDA MEDIANTE DOS TEST DE CAMPO PROGRESIVOS, UNO CONTINUO Y OTRO INTERMITENTE.

Barbero Álvarez, J.C.¹ y Barbero Álvarez, Verónica².

¹Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Humanidades de Melilla. Universidad de Granada. España

²Colegio La Salle -El Carmen. Melilla. España.

RESUMEN.

El VO_2 máx. o potencia máxima aeróbica (PMA) está considerado como el índice estándar en la valoración de la capacidad de resistencia del organismo (Sutton, 1992), siendo utilizado para valorar a los atletas que participan en deportes de equipo ya que habitualmente se ha sugerido en la literatura que un elevado VO_2 máx. puede ser determinante en la capacidad para recuperar energía entre esfuerzos repetidos. Existen numerosas pruebas de laboratorio y de campo para la valoración de esta variable, tanto continuas como discontinuas. El propósito del presente trabajo es evaluar y comparar, la influencia de una pretemporada sobre la PMA evaluada mediante dos pruebas de campo progresivas una continua y otra intermitente.

Los resultados sugieren que la prueba discontinua es más específica con el patrón de actividad realizado por los atletas que participan en deportes de equipo de tipo intermitente y más sensible a las adaptaciones que se producen en el jugador de fútbol sala como consecuencia del entrenamiento.

Palabras clave: Potencia máxima aeróbica, test de campo, entrenamiento, valoración funcional.

1. INTRODUCCIÓN.

En las especialidades deportivas acíclicas y mixtas (aeróbico - anaeróbicas) en las que se intercalan fases de ejercicios a diferente intensidad con pausas de recuperación activas e incompletas, durante un extenso espacio de tiempo (60 - 120 m), como es el caso del fútbol sala, la actividad del jugador se caracteriza por un volumen considerable de desplazamientos de intensidad media y baja, donde la energía es suministrada por el sistema aeróbico, y numerosos esfuerzos de corta duración y máxima intensidad intercalados con periodos cortos de recuperación, en los que la contribución principal procede del metabolismo anaeróbico aláctico. No obstante, debido a las elevadas exigencias del juego y a la reiteración de los esfuerzos, la contribución de la vía anaeróbica láctica podría aumentar en las fases finales del partido, como consecuencia de la fatiga acumulada.

El VO_2 máx. es el indicador más fiable de la capacidad aeróbica del sujeto (Fox, 1984; McArdle, et al., 1990) y está considerado como el índice estándar en la valoración de la capacidad de resistencia del organismo (Sutton, 1992), siendo numerosos los entrenadores y científicos deportivos que emplean este parámetro para valorar a los atletas de deportes de equipo caracterizados en su mayoría por la realización de ejercicio intermitente de alta intensidad (EIAI), como el fútbol, voleibol, hockey o baloncesto. Frecuentemente, estos deportistas son preparados mediante entrenamientos encaminados al desarrollo de la resistencia, con el propósito de aumentar la recuperación metabólica, e incluso el éxito del entrenamiento es evaluado, a menudo, mediante las modificaciones producidas en el VO_2 máx. (Cooke et al., 1997).

Un abundante número de pruebas de laboratorio y de campo se han diseñado y desarrollado para evaluar y determinar la PMA tanto en tapiz rodante (de marcha y carrera) y cicloergómetro (Test de Bruce, Balke, Astrand, Harbor, etc.) como test progresivos de ida y vuelta (shuttle run test) en pista (Leger y Lamber, 1982; Ramsbotton et al., 1988; Wilkinson, et al., 1999; Boddington et al., 2001). La mayoría de estas pruebas plantean ejercicios de

tipo continuo, sin embargo, en muchos deportes (de equipo o de raqueta) el ejercicio es intermitente, de ahí que nos parezca necesario contemplar pruebas progresivas e intermitentes para su valoración (Pendleton, 1997; Bangsbo, 1996) que nos permitan evaluar a los jugadores de estas especialidades deportivas con mayor especificidad.

Por último, en relación a los procesos de entrenamiento, debemos señalar que para los deportes colectivos la brevedad de los periodos preparatorios respecto al largo periodo competitivo donde se suceden de manera continuada las competiciones, (Tschiene, 1988) hace que la pretemporada sea calificada como un periodo temporal escaso para trabajar adecuadamente los contenidos técnicos, tácticos y físicos, y dentro de estos la resistencia, fuerza, velocidad, etc (García-López y cols, 2001). La búsqueda de una mejora en la capacidad de resistencia aeróbica durante este periodo está fundamentada en la generación de adaptaciones fisiológicas en el organismo del atleta relacionadas con el aumento en el número y tamaño de mitocondrias y de los niveles enzimáticos, así como por su importancia durante la fase de recuperación tras la ejecución de un esfuerzo intenso (Wilmore y Costill, 1999).

Por tanto, el propósito del presente trabajo es evaluar y comparar, en un equipo profesional de fútbol sala, la influencia de una pretemporada sobre la potencia máxima aeróbica estimada mediante dos pruebas de campo progresivas, una continua y otra intermitente.

2. MÉTODO.

Sujetos.

Nueve jugadores (2 porteros y 7 jugadores de campo) profesionales de fútbol sala pertenecientes al equipo CMVC Cartagena FS que milita en la máxima categoría de la liga nacional de Fútbol sala (LNFS) española participaron en este estudio. Los valores medios (DS) para la edad, peso y altura fueron 26.33 (2.53) años, 74.75 (5.69) Kg y 174.74 (5.59) cm respectivamente.

Procedimientos

A pesar de que para la valoración del $VO_{2\text{máx}}$ los métodos directos son más precisos y que bajo condiciones de laboratorio existe un mayor control del experimento, no es menos cierto que requieren de materiales muy costosos y sofisticados, de personal cualificado y de un elevado tiempo para la valoración de cada individuo. En nuestro estudio, el empleo de pruebas de campo, en detrimento de las de laboratorio, se debe a la búsqueda de una mayor especificidad y motivación del deportista, opinamos que este tipo de test, con esfuerzos, desplazamientos, trayectorias y distancias análogos a los realizados durante la actividad competitiva, proporciona una motivación superior en los sujetos evaluados, lo que permite obtener, en cierto modo, resultados más fiables.

En nuestra investigación, para efectuar la valoración de la máxima potencia aeróbica se procedió a la aplicación de dos pruebas de campo una continua y otra intermitente: el Test de Leger – Lambert (1982) como prueba continua para la estimación del máximo consumo de oxígeno y el Yo-yo test de recuperación intermitente como protocolo discontinuo.

Las pruebas se realizaron a la misma hora (9 a 11 horas) en días alternos antes de iniciar el periodo preparatorio para la temporada 2002-03, nada más regresar del periodo de transición o descanso estival (PRE), y al finalizar el mismo, transcurridas siete semanas (POST). El primer día los jugadores realizaron la Course Navette (CN) y 48 horas después efectuaron el Yo-yo test de recuperación intermitente (YYR).

Ambos tests se aplicaron en una pista polideportiva cubierta de tarima flotante de la ciudad de Cartagena donde el equipo juega sus partidos de competición.

a. Course Navette: Para la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria y la estimación del máximo consumo de oxígeno se empleó una variante del Test propuesto por Leger-Lambert.

Se trata de una prueba progresiva y máxima, de ida y vuelta (20 m), con periodos (“paliers”) de un minuto, cuya validez y fiabilidad han sido ampliamente demostradas en la literatura, tanto en niños y adolescentes, como en adultos sedentarios y deportistas. Los valores de correlación son altos y significantes, variando de $r = 0.51$ a $r = 0.91$ (Da Silva Duarte y Duarte, 2001).

El protocolo aplicado es el propuesto por la batería Eurofit (1988) y el Australian Sport Commission (1999). El rendimiento en la prueba puede venir determinado por el número de metros alcanzado al concluir la prueba o por el $VO_{2\text{ máx.}}$ estimado. Para la estimación del $VO_{2\text{ máx.}}$ existen diferentes fórmulas dependiendo de la población objeto de estudio (niños o adultos), en nuestro caso, hemos empleado la propuesta por Leger y Gadoury (1989) para mayores de 18 años con “paliers” de 1 minuto, basada en la VMA (velocidad máxima aeróbica) o velocidad del último estadio en el que se retira el atleta:

$$VO_{2\text{ máx.}} (\text{ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = -27.4 + (6.0 \times \text{VMA})$$

b. Test Yo-yo de recuperación intermitente: Se trata de una prueba de características similares a la anterior, incremental y de ida y vuelta en veinte metros, pero de tipo intermitente. El test evalúa la capacidad individual de efectuar repetidamente periodos de esfuerzo de alta intensidad (acciones de 5 a 15 segundos) con periodos cortos de recuperación (10 segundos).

La prueba es particularmente útil para deportes donde la habilidad de realizar ejercicio intenso después de periodos cortos de recuperación puede ser decisiva para el rendimiento durante la competición como es el caso de los deportes de equipo y en particular el fútbol sala. El test puede durar entre 6 y 20 minutos y el protocolo empleado es el diseñado por Bangsbo (1996).

El atleta intentará realizar el mayor número de idas y vueltas posibles (2 x 20m) respetando los tiempos marcados por las señales sonoras y será eliminado cuando por segunda vez no alcance una de las marcas coincidiendo con la señal acústica. El rendimiento en la prueba vendrá dado por el número de metros recorridos o trayectos de 40 metros realizados.

Para la realización de las pruebas se empleó el siguiente material: aparato reproductor de sonido, cintas de casete con los protocolos de las pruebas, 4 conos y hojas de anotación para registrar el número de trayectos de 20 metros efectuados. Es necesario indicar que antes de proceder a la realización de la prueba es preciso calibrar el reproductor de cintas para comprobar su velocidad de manera que los periodos establecidos en la cinta coincidan con un minuto de tiempo real.

Análisis estadístico.

Se efectuó una estadística descriptiva de la variable analizada. Se relacionó el máximo consumo de oxígeno estimado en la CN y la distancia alcanzada en el Yo yo test tanto al inicio como al final de la pretemporada mediante el análisis de correlación de Pearson. Y la posible existencia de diferencias significativas entre el pretest y el postest se estableció mediante la diferencia de medias o estadístico T.

3. RESULTADOS.

En la tabla 2, aparece reflejada la estadística descriptiva de la muestra en las dos pruebas aplicadas, tanto en el pretest (PRE) como en el postest (POST). Los resultados obtenidos en el POST reflejan, por término medio, una mejora de la capacidad aeróbica de los jugadores.

Tabla 2. Resultados en la Course Navette y el Test Yoyo de recuperación intermitente, diferencia y porcentaje de mejora tras el periodo de entrenamiento.

Muestra	VO ₂ máx. (ml·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)				Distancia recorrida (m)			
	Pretest	Postest	Diferencia	% Mejora	Pretest	Postest	Diferencia	% Mejora
Sujeto 1	53.6	59.6	6	11.19	<u>1520</u>	<u>2000</u>	480	31.58
Sujeto 2	<u>50.6</u>	<u>53.6</u>	3	5.93	1760	2080	320	18.18
Sujeto 3	53.6	56.6	3	5.60	1600	2120	520	32.50
Sujeto 4	50.6	59.6	9	17.79	1960	2560	600	30.61
Sujeto 5	56.6	<u>65.6</u>	9	15.90	2200	2720	520	23.64
Sujeto 6	59.6	53.6	-6	-10.07	<u>2280</u>	2280	0	0.00
Sujeto 7	<u>62.6</u>	59.6	-3	-4.79	2120	<u>2800</u>	680	32.08
Sujeto 8	56.6	59.6	3	5.30	1880	2440	560	29.79
Sujeto 9	53.6	59.6	6	11.19	1560	2600	1040	66.67
Media	55.27	58.60	3.33	6.45	1875.56	2400.00	524.44	29.45
DE	4.00	3.67	5.07	9.11	285.27	292.57	277.45	17.45

El máximo consumo de oxígeno se incrementó en un 6.45% ± 9.11, mientras que la distancia recorrida en el test yoyo de recuperación intermitente aumentó en un 29.45% ± 17.45.

Por tanto, y como consecuencia de la intervención realizada durante el periodo de entrenamiento durante la pretemporada, se produce un aumento significativo de la variable distancia en el YR, no siendo significativo el aumento de la variable VO₂ máx. estimada mediante la CN.

Tabla 3. Comparación entre las diferentes pruebas antes y después de la pretemporada

	Prueba T de muestras relacionadas	Sig. (bilateral)
Par 1	VO ₂ máx Pre - VO ₂ máx Post	,084
Par 2	Yo Yo Pre – Yo Yo Post	,000**

** Correlación significativa p < .005

Con respecto a la posible relación entre las dos pruebas, continua e intermitente, para valorar la máxima potencia aeróbica utilizadas en esta investigación, no se manifiesta correlación significativa entre los dos tests de campo ni al inicio ni al final de la pretemporada, tan sólo hemos obtenido cierta tendencia a la significación entre ambas pruebas tanto en el pre como en el post, p = .072 y p = .070, respectivamente.

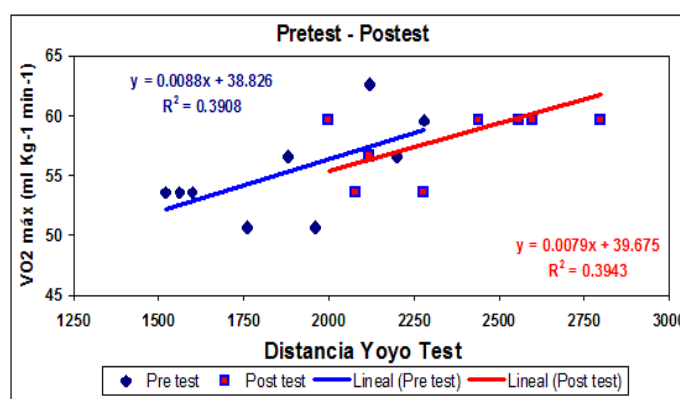


Figura 1. Relación entre el consumo máximo de oxígeno estimado mediante el test de Course Navette y la distancia recorrida en el test Yo Yo de recuperación intermitente nivel 1.

4. DISCUSIÓN.

En el presente estudio, hemos advertido que tras la realización de 45 días de entrenamiento la mejora en el $VO_{2m\acute{a}x}$ no ha sido excesiva (6.45%), si bien es cierto que los valores iniciales eran elevados para tratarse de una valoración realizada tras un descanso (periodo de transición) de entre 8 y 10 semanas. Los resultados iniciales $55.27 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \pm 4$ (50.6 – 62.6) y finales $58.60 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \pm 3.67$ (53.6 – 65.6) de la muestra son inferiores al principio y algo superiores tras el periodo de entrenamiento, a los aportados por Álvarez Medina et al. (2001a) para jugadores profesionales ($57.8 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y a los propuestos por Barbero 2002 ($56.6 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Como consecuencia, y coincidiendo con los datos aportados por algunos autores (Petko y Hunter, 1997; Hunter, et al., 1993; Hoffman, et al., 1991), se demuestra la escasa posibilidad de modificación de esta variable una vez alcanzada la madurez deportiva y cuando ya se poseen valores elevados. Según estos resultados podemos estimar que el mínimo aceptable para responder a las demandas aeróbicas del fútbol sala estaría sobre 50 – 55 $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

En cambio, la variable distancia en el test Yoyo de recuperación intermitente si mejora notablemente en la mayoría de los jugadores tras el periodo de entrenamiento, alcanzando un incremento medio de 524.44 metros (1875.56 m a 2400 m) lo que representa un 29.45 % ± 17.45 (Tabla 4). Estos resultados son muy parecidos, aunque algo superiores, a los aportados por Krusturp et al. (2003) con diez jugadores de fútbol de elite, los cuales alcanzaron $1760 \text{ m} \pm 59$ al inicio del periodo de preparación y $2211 \pm 70 \text{ m}$ al comienzo de la temporada lo que supone una mejora del 25 % ± 6 ($p < .005$). En nuestro caso también se trata de una mejora significativa con un valor para $p = .002$.

Al comparar las dos pruebas de resistencia realizadas para la valoración de la capacidad aeróbica, debemos indicar que el test de Leger Lambert es una prueba ideal para la evaluación en campo de la máxima capacidad de trabajo que permite predecir con gran exactitud el máximo consumo de oxígeno de los atletas mediante el empleo de diferentes ecuaciones de regresión. Sin embargo, es necesario destacar la mayor sensibilidad del Yoyo test de recuperación intermitente para detectar y valorar las posibles modificaciones que se producen en el estado de forma de estos jugadores a lo largo del proceso de entrenamiento.

Este test ha sido correlacionado con el máximo consumo de oxígeno y con el tiempo hasta la fatiga en una prueba incremental realizada en laboratorio ($n = 15$) (Krusturp et al., 2003) y con el número de metros realizados en carrera de alta intensidad durante partidos de fútbol profesional tanto en árbitros ($n = 8$) (Bangsbo y Krusturp, 2001) como en jugadores ($n = 18$) (Krusturp et al., 2003). En cambio, debemos indicar que en nuestro estudio tan sólo se observa tendencia a la correlación entre el resultado en el yoyo test y en la course navette tanto al inicio como al final del periodo preparatorio ($p = .072$; $p = .070$) respectivamente, si bien este hecho puede estar provocado por la escasa magnitud de la muestra.

Según Krusturp et al. (2003), esta prueba exige una alta participación tanto de la vía aeróbica como de la anaeróbica, permitiendo analizar la capacidad para recuperar que tienen los sujetos durante la realización de ejercicio intenso. Este hecho permite que pueda ser utilizado para valorar con mayor fidelidad y precisión los cambios en la condición física producidos durante la temporada en deportes de tipo intermitente.

5. CONCLUSIONES.

La valoración de la aptitud o capacidad de un atleta para un determinado deporte requiere que la prueba mediante la que se evalúa sea lo más parecida posible a la actividad realizada en ese deporte. Las demandas energéticas de los deportes de equipo, como fútbol, baloncesto o fútbol sala son complejas y muy difíciles de cuantificar, de ahí que la elección y desarrollo de pruebas específicas que se asemejen a la realidad de la competición sea uno de los objetivos primordiales de los investigadores.

El diseño y validación de pruebas de campo específicas que permitan valorar de forma fiable, sencilla y rápida a los jugadores, implicando la realización de pocos cálculos y que respondan al perfil de la competición (distancias, velocidades, relación esfuerzo – pausa, etc) en los deportes de equipo es una necesidad que exige la óptima valoración y control del entrenamiento deportivo.

Los resultados del presente estudio sugieren, en primer lugar, que los valores estimados para la potencia máxima aeróbica ($VO_{2\text{ máx.}}$) mediante la CN, en jugadores de fútbol sala profesional, tan sólo muestran cierta tendencia a estar relacionados con la distancia obtenida en el test Yo Yo de recuperación intermitente nivel 1, si bien este hecho debería ser constatado con una muestra más numerosa. En segundo lugar, que el test YYR es más específico con el patrón de actividad realizado por los atletas que pertenecen a deportes de equipo de tipo intermitente y más sensible a las adaptaciones que se producen en el jugador como consecuencia del entrenamiento.

Por ello, y pese a que el test de Leger – Lambert viene siendo considerado, por muchos autores, como la prueba más válida para valorar la potencia máxima aeróbica en deportes de equipo, permitiendo valorar tanto la capacidad funcional aeróbica del atleta (Draper et al., 1991) como la capacidad de recuperación (Álvarez Medina et al. 2001b), nosotros recomendamos y sugerimos el empleo del test Yo Yo de recuperación intermitente como prueba más específica, adecuada y efectiva para la valoración de los atletas que participan en este tipo de disciplinas deportivas. Se trata de una prueba válida y fiable para determinar el perfil aeróbico y la capacidad de recuperación de los jugadores de fútbol sala, permitiéndonos comparar de forma específica y sin el empleo de métodos sofisticados de laboratorio la capacidad de los atletas en diferentes momentos de la temporada pudiendo ser incluida por su fácil ejecución dentro de la planificación anual tanto como medio de control como método de entrenamiento.

Consideramos de vital trascendencia el conocimiento tanto del perfil fisiológico de cada especialidad deportiva, como del historial del jugador para las diferentes capacidades físicas. En nuestra opinión, si la PMA es una valencia física de gran importancia para el fútbol sala que puede proporcionar una recuperación más eficiente en menos tiempo y permite soportar la carga de los entrenamientos y el ritmo intenso de los partidos con la mínima disminución del rendimiento, la potencia anaeróbica aláctica es esencial, pudiendo ser considerada como un factor decisivo durante los encuentros.

Al inicio de la temporada valores de $VO_{2\text{ máx.}}$ cercanos a 60 ml/Kg/min parecen apropiados para atletas de elite de esta especialidad, no siendo recomendables valores superiores a 65 ml/Kg/min pues estarían relacionados con una disminución de las enzimas anaeróbicas, en detrimento de la fuerza y la potencia anaeróbica.

Finalmente, queremos señalar que las adaptaciones fisiológicas que se producen en el organismo de los jugadores como consecuencia de una pretemporada están más relacionadas con su especialidad deportiva, con su potencial de base, resultado de una vida dedicada al deporte (rastros fisiológicos del atleta), y con su dotación genética, que con el trabajo de resistencia realizado durante ese corto periodo de entrenamiento. Es decir, que cuando un jugador llega al profesionalismo su condición aeróbica ya está conformada, los cambios en su potencia máxima aeróbica serán mínimos, por lo que no es necesario dedicar demasiado tiempo al trabajo específico de esta valencia.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Álvarez Medina J., Corona, P., Jiménez, L. y Manonelles, P. (2001a). Importancia del $VO_{2\text{ máx.}}$ y de la capacidad de recuperación en los deportes de prestación mixta. Caso práctico: fútbol-sala. *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol XVIII, 86, 577-583.

- Álvarez Medina, J., Serrano, E. Giménez, L., Manonelles P. y Corona, P. (2001b). La course navette como parámetro de control de la capacidad aeróbica de recuperación en el fútbol sala. *Revista de entrenamiento Deportivo RED*, 4, 31-35.
- Bangsbo, J. (1996). Yo-Yo Tests of practical endurance and recovery for soccer. *Performance conditioning for soccer*, 9 (2), 8.
- Bangsbo, J. (1998). *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. Barcelona: Paidotribo.
- Bangsbo, J. y Krusturup, P. (2001). Physiological demands in top class soccer refereeing: Effect of high intensity intermittent training, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 5 Supplement, S159.
- Barbero, J.C. (2002). Desarrollo de un sistema fotogramétrico y su sincronización de los registros de frecuencia cardíaca para el análisis de la competición en los deportes de equipo. Una aplicación práctica en fútbol sala. *Tesis Doctoral*. Universidad de Granada.
- Cooke, S.R., Petersen, S.R. y Quinney, H.A. (1997). The influence of maximal aerobic power on recovery of skeletal muscle following anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75 (6), 512-519.
- Da Silva Duarte, M.F. y Duarte C.R. (2001). Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20 metros. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 9 (3), 07-14.
- Krusturup, P.; Mohr, M; Amstrup, T.; Rysgaard, T.; Johansen, J.; Steensberg, A.; Pedersen, P.K. y Bangsbo, J. (2003). The Yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 4, 697 - 705
- Leger, L.A. y Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2 max. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 1-12.
- Leger, L.A. y Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO_2 max in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14, (1), 21-26.
- Sutton J.R. (1992). Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, 13, 127-133.