

Article

Cambios en el Rendimiento de Piragüistas de Nivel Mundial tras la Aplicación de dos Modelos Diferentes de Periodización del Entrenamiento

Jesús García-Pallares¹, Miguel García-Fernández², Luis Sánchez-Medina y Prof. Mikel Izquierdo⁴

¹Faculty of Sport Sciences, University of Murcia, Murcia, Spain

²Spanish Royal Canoeing Federation, Madrid, Spain

³Faculty of Sport, Pablo de Olavide University, Seville, Spain

⁴Studies, Research and Sports Medicine Center, Government of Navarre, Pamplona, Spain

RESUMEN

Este estudio fue realizado para comparar los cambios inducidos por el entrenamiento en ciertas variables fisiológicas, de composición corporal y de rendimiento tras la aplicación de dos modelos de periodización del entrenamiento: periodización tradicional (TP) versus periodización en bloques (BP). Se realizó una evaluación de diez piragüistas de nivel mundial cuatro veces durante un ciclo de entrenamiento en dos temporadas consecutivas. Los sujetos realizaron un test incremental hasta el agotamiento en un ergómetro de piragua para determinar el consumo de oxígeno máximo en cada ocasión, (VO_{2max}), el VO_2 en el segundo umbral ventilatorio (VO_2VT2), la concentración máxima de lactato en sangre, la velocidad de remada en el VO_{2max} (PSmax) y en VT2 (PSVT2), producción de potencia en VO_{2max} (PWmax) y en VT2 (PWVT2), frecuencia de remada en el VO_{2max} (SRmax) y VT2 (SRVT2) y la frecuencia cardíaca en VO_{2max} y en VT2. Se cuantificaron el volumen y la intensidad del ejercicio en cada sesión de entrenamiento de resistencia. Los ciclos de TP y BP produjeron aumentos similares en VO_{2max} (11 y 8,1%) y VO_2VT2 (9,8 y 9,4%), aunque el ciclo de TP fue 10 semanas y 120 horas de entrenamiento más largo que el ciclo de BP. Después de BP los piragüistas experimentaron aumentos mayores en PSmax, PWmax y SRmax a los observados con TP. Estos resultados sugieren que BP puede ser más eficaz que TP para mejorar el rendimiento de piragüistas de máximo nivel altamente entrenados. Aunque ambos modelos produjeron aumentos significativos en ciertas variables fisiológicas y de rendimiento en piragua, el programa con BP alcanzó resultados similares con la mitad del volumen de entrenamiento de resistencia que el utilizado en el modelo de TP. Un diseño con BP podría ser una estrategia más útil que TP para mantener los efectos residuales de entrenamiento así como también para alcanzar aumentos mayores en ciertas variables relacionadas al rendimiento en piragua.

Palabras Clave: Aptitud aeróbica, cardiorrespiratoria, piragüismo, rendimiento de resistencia, producción de potencia, antropometría

INTRODUCCION

El concepto de periodización se refiere al manejo y secuenciación de ciertas variables de entrenamiento seleccionadas (ej. carga, volumen, intensidad, tipo de ejercicio) dentro de un contexto de ciclos específicos a lo largo del año para optimizar el rendimiento deportivo de las competencias mayores. Los modelos de periodización del entrenamiento surgen a partir de observaciones empíricas de entrenadores exitosos en el campo y de estructuras teóricas desarrolladas por estudiosos de la metodología del entrenamiento. Los orígenes de los diseños de programas de periodización tradicional (TP) se remontan a los años cincuenta y se basaron en experiencias realizadas en los primeros tiempos del sistema de entrenamiento soviético (Bompa y Haff 2009; Issurin 2008). El modelo TP se volvió el modelo dominante durante 30 años en casi todos deportes y niveles de rendimiento, y todavía se mantiene con fuerza. Las pautas del modelo TP se basan en el desarrollo simultáneo de muchos componentes del acondicionamiento físico (por ejemplo la capacidad aeróbica, potencia aeróbica máxima, fuerza máxima) con una distribución de cargas de trabajo regular. El modelo tradicional también se caracteriza porque utiliza períodos relativamente largos de tiempo para el desarrollo de los objetivos de entrenamiento y el predominio del entrenamiento general por encima del entrenamiento específico.

En los años ochenta, entrenadores destacados identificaron varias desventajas del TP que podrían evitar que los atletas de élite alcancen mejoras de rendimiento adicionales: (1) interacciones conflictivas o negativas debidas al desarrollo simultáneo de demasiadas habilidades motoras diferentes; (2) fracaso para proporcionar una especificidad de cargas de trabajo adecuada para habilitar el correcto desarrollo de los componentes de la preparación física seleccionados; (3) incapacidad para proporcionar varios picos de forma (4-6 picos máximos dentro de una temporada) debido a la excesiva duración de las diferentes fases de entrenamiento; y (4) dificultad para mantener los efectos residuales del entrenamiento de habilidades previamente desarrolladas hasta la fase de pico máximo (Issurin 2008). El número cada vez mayor de competencias y las demandas rigurosas de los deportes modernos de nivel de élite, junto con las limitaciones mencionadas del diseño TP, condujeron al desarrollo de un nuevo enfoque de planificación llamado periodización en bloques (BP). La característica principal de este modelo es el uso cargas de entrenamiento altamente concentradas enfocadas en el desarrollo consecutivo de un número mínimo de habilidades motoras y técnicas (Bondarchuk 1988; Issurin 2008). Los ciclos de entrenamiento especializados llamados bloques, con una duración típica de 2-6 semanas, son los principales componentes funcionales de la BP. La secuenciación de estos bloques tiene por objeto construir los efectos residuales del entrenamiento de las habilidades previamente desarrolladas.

A pesar de su uso extendido en las prácticas de entrenamiento y de la gran cantidad de bibliografía disponible sobre estos modelos de periodización, según nuestros conocimientos, no hay ningún estudio científico publicado que haya explorado su efectividad, cuando se aplican en sujetos altamente entrenados. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue comparar los efectos de estos dos diferentes modelos (TP versus BP) sobre ciertas variables fisiológicas y de rendimiento en piragüistas de nivel mundial. Planteamos la hipótesis que un enfoque con BP sería más eficaz que TP para mejorar el rendimiento en la práctica de piragüistas de élite.

METODOS

Sujetos

En este estudio participaron voluntariamente diez varones, piragüistas de aguas tranquilas de elite (todos finalistas en Campeonatos Mundiales y dos de ellos habían obtenido medallas de oro en las olimpiadas). Las características de los participantes expresadas en forma de Media (SD) fueron las siguientes: Edad 25,6 (2,5) años; Talla 184,0 (5,9) centímetros; masa corporal 85,3 (5,6) kg; años de experiencia en entrenamiento 11,2 (2,7) años; volumen anual de remo 4415 (374) km. Los remeros tenían por lo menos 3 años de familiarización con los procedimientos de evaluación utilizados en esta investigación y todos eran parte de la misma escuadra (i.e. Equipo Español Nacional de Piragüismo). El estudio cumplió con lo establecido en la Declaración de Helsinki y fue aceptado por la Comisión de Bioética de la Universidad de Sevilla. Antes de participar en el estudio los atletas dieron su consentimiento informado por escrito.

Diseño experimental y enfoque del problema

Se utilizó un diseño cruzado. Durante el período de intervención, todos los atletas realizaron el mismo programa de entrenamiento durante dos temporadas consecutivas [Temporada 1 (S1): 2006/2007 y temporada 2 (S2): 2007/2008]. En S1, los piragüistas realizaron un programa de entrenamiento basado en el modelo de periodización tradicional (TP), mientras que en S2 se utilizó un modelo de periodización en bloques (BP). La meta principal para la temporada 1 (S1) fue el

Campeonato Mundial en Aguas Tranquilas (agosto de 2007), un evento clasificativo para los Juegos Olímpicos. Las metas principales en la temporada 2 (S2) fueron el Campeonato europeo en mayo de 2008 (última prueba clasificatoria para los Juegos Olímpicos) y los Juegos Olímpico de Beijing en agosto de 2008. Esta investigación fue parte de un proyecto mayor que analizó ciertas variables fisiológicas y de rendimiento en piragüistas de nivel mundial tras las diferentes fases de entrenamiento (García-Pallares et al. 2009a).

La Figura 1 muestra un resumen de la estructura de periodización de entrenamiento que se utilizó en el presente estudio. Sólo se analizó el primer ciclo de entrenamiento de cada temporada. Tanto los ciclos de TP (22-semanas) como de BP (12-semanas) fueron divididos en tres fases (ATP, BTP, CTP y ABP, BBP, CBP, respectivamente). También se presentan los principales objetivos del entrenamiento de resistencia en cada fase. Las dos fases A (12 semanas para TP; 5 semanas para BP) se centraron en el desarrollo de los componentes de aptitud física básicos, como el segundo umbral ventilatorio (VT2), hipertrofia muscular y habilidades técnicas generales. Las fases B (6 semanas para TP; 5 semanas para BP) buscaban aumentar la capacidad física específica, como la potencia aeróbica máxima (VO_{2max}) y la fuerza muscular máxima. Finalmente, las fases C (4 semanas para TP; 2 semanas para BP) eran fases de puesta a punto donde el volumen de entrenamiento se reducía gradualmente, y estaban destinadas a facilitar el proceso de recuperación, mejorar la estrategia específica del ritmo de carrera y aumentar al máximo el rendimiento para la competición.

Ciclo	Periodización tradicional (TP)																						
Fase	A _{TP}												B _{TP}						C _{TP}				
Objetivo principal	VT2												VO _{2max}						Puesta a punto				
Semana	<u>1</u>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<u>13</u>	14	15	16	17	18	<u>19</u>	20	21	22	<u>23</u>
Test	T _{TP1}												T _{TP2}						T _{TP3} T _{TP4}				
Ciclo	Periodización en bloques (BP)																						
Fase	A _{BP}					B _{BP}					C _{BP}												
Objetivo principal	VT2					VO _{2max}					Puesta a punto												
Semana	<u>1</u>	2	3	4	5	<u>6</u>	7	8	9	10	<u>11</u>	12	<u>13</u>										
Test	T _{BP1}					T _{BP2}					T _{BP3} T _{BP4}												

Figura 1. Diseño del estudio. Resumen del plan de entrenamiento, principales objetivos de entrenamiento y cronograma de evaluaciones (tests) establecidas en los dos ciclos

Las principales diferencias entre los dos ciclos (TP y BP) fueron el volumen de entrenamiento total realizado y el porcentaje de ese volumen destinado a desarrollar los objetivos principales del entrenamiento de resistencia (VT2 y VO_{2max}). El tiempo de entrenamiento relativo y absoluto realizado en cada ciclo y cada fase dentro de cada zona de intensidad se presentan en la Figura 2 y Tabla 1, respectivamente. Para las sesiones de entrenamiento de resistencia, se identificaron tres zonas de entrenamiento según la intensidad del ejercicio: Zona 1 (Z1), intensidad liviana, debajo de VT2; zona 2 (Z2), intensidad moderada, entre VT2 y 90% de VO_{2max} ; y zona 3 (Z3), intensidad alta, entre 90 y 100% de VO_{2max} . Cuando se expresó en condiciones relativas, el tiempo de entrenamiento en las zonas Z2 y Z3 durante ABP y BBP fue alrededor de 10% más alto que durante ATP y BTP. Durante CBP, los piragüistas completaron la mitad del volumen de entrenamiento total que durante la fase CTP pero la contribución relativa durante las diferentes zonas de entrenamiento fue similar en ambas fases de puesta a punto.

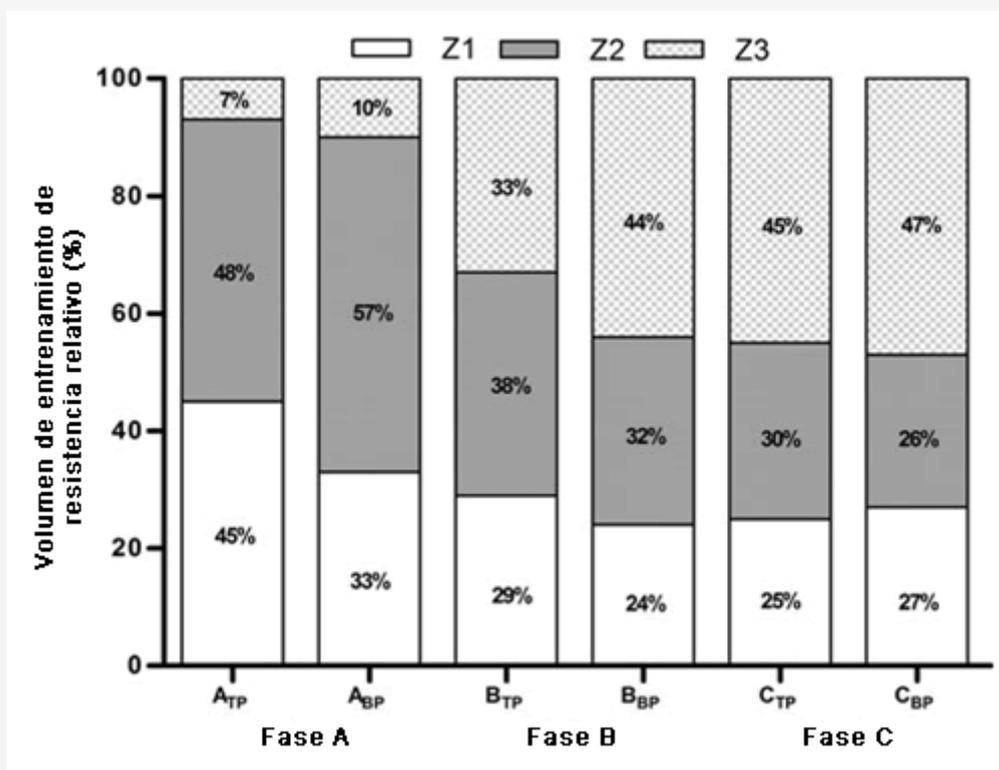


Figura 2. Contribución relativa de cada zona de intensidad de ejercicio con el volumen total de entrenamiento de resistencia en cada fase y ciclo. Zona 1: intensidad liviana, por debajo de VT₂; Zona 2: intensidad moderada, entre VT₂ y 90% de VO_{2max}; Zona 3: intensidad alta, entre 90 y 100% de VO_{2max}.

	Fase A		Fase B		Fase C	
	A _{TP}	A _{BP}	B _{TP}	B _{BP}	C _{TP}	C _{BP}
Z1	60,7±3,1	17,4±0,8	20,6±0,9	11,9±0,5	9,2±0,3	5,0±0,2
Z2	64,8±2,8	30,0±1,2	27,0±0,9	15,8±0,3	11,1±0,3	4,8±0,1
Z3	9,5±0,5	5,3±0,9	23,4±1,1	21,8±1,0	16,7±0,9	8,6±0,8

Tabla 1. Contribución de cada zona de intensidad de ejercicio con el tiempo total de entrenamiento de resistencia realizado en cada fase y ciclo. Los datos se expresan en forma de Media±SD:

ATP, BTP y CTP: Fases A, B y C del ciclo de periodización tradicional.

ABP, BBP y CBP: fases A, B y C del ciclo de periodización en bloques.

Z1: intensidad liviana (por debajo deVT₂), Z2: intensidad moderada (entre VT₂ y (% deVO_{2max}), Z3: alta intensidad (entre 90 y 100% de VO_{2max})

Zona de intensidad	Volumen Total (min)	series	Repeticiones	Periodo de trabajo (min)	Periodo de descanso (min)	Intensidad (%VO _{2max})
Z1	70-120	1	1-3	20-90	1-3	70-80
Z2	40-90	2-4	1-10	5-20	1-4	80-90
Z3	20-60	2-5	4-8	1-8	2-8	90-100

Tabla 2. Descripción de los modos de ejercicio de resistencia utilizados para el entrenamiento en cada zona de intensidad

La terminología que normalmente se utiliza en la periodización del entrenamiento frecuentemente es inexacta, oscura e

innecesariamente compleja, lo que dificulta que los científicos y científicos deportivos comuniquen sus resultados y los efectos producidos eficazmente por los diferentes tipos de programas de entrenamiento. Con el objetivo de simplificar la terminología, en este estudio proponemos el término “ciclo” para delimitar períodos de tiempo (8-26 semanas) durante los cuales se desarrollan todas las habilidades técnicas y motoras necesarias para asegurar el éxito en las competencias. Coincide bastante con el término “macrociclo” utilizado normalmente en TP y BP. El término “fase” se usa para delimitar los intervalos de tiempo más cortos (2-6 semanas) durante los cuales se desarrollan diferentes bloques de entrenamiento seleccionados. Por lo tanto el término, “fase” coincidiría con los términos “mesociclo” o “período” del modelo TP y con “mesociclo” o “bloque” del modelo de BP.

Intervención de entrenamiento

Antes de comenzar los dos ciclos de entrenamiento, los participantes realizaron un período similar de transición de 5 semanas, durante el cual no realizaron entrenamiento específico de piragua o de fuerza. Sólo realizaron algunas actividades físicas recreativas (juegos deportivos y ciclismo o natación en intensidades bajas).

En la Tabla 2 se presenta una descripción de los modos de ejercicio de resistencia utilizados para el entrenamiento en cada zona de intensidad. El volumen y la intensidad del entrenamiento fueron controlados cuidadosamente y fueron cuantificados por entrenadores de piragüismo experimentados durante cada sesión de entrenamiento durante los dos ciclos. Las principales variables usadas para monitorizar el entrenamiento de resistencia fueron tiempo destinado (horas) y distancia recorrida (km) para el volumen; y frecuencia cardíaca y velocidad de remo para la intensidad. La distancia y velocidad fueron registradas por medio de un receptor GPS (*Garmin 201, Garmin S.A. EE.UU.*), y la frecuencia cardíaca fue monitoreada por medio de telemetría estándar de HR (*S610i, Electro Oy Polar, Finlandia*).

Durante los ciclos TP y BP, además de realizar entrenamiento de la resistencia, los sujetos participaron en un programa de entrenamiento de la fuerza. Los atletas realizaron tres sesiones de entrenamiento de la fuerza por semana, que consistieron principalmente en ejercicios con pesos libres (entre los que se incluyeron press de banca, tirón en banca con agarre en pronación, dominadas, sentadillas completas y press de hombros). El entrenamiento de la fuerza durante ambos ciclos fue diagramado en ciclos de 12-17 semanas durante las cuales se aplicaron secuencialmente tres tipos de entrenamientos para la fuerza: hipertrofia (8-10 repeticiones, 4-5 series, 70-75% intensidad de carga de 1RM, descansos entre las series de 2-min); fuerza máxima (3-4 repeticiones, 3-4 series, 85-90% de 1RM, descansos entre las series de 4-min); y potencia máxima (5-8 repeticiones, 4-5 series, 45-60% de 1RM, descansos entre las series de 4-min). El volumen del entrenamiento de la fuerza durante las 22 semanas del ciclo de TP alcanzó $29,5 \pm 1,9$ h para hipertrofia; $18,2 \pm 1,3$ h para la fuerza máxima; y $10,4 \pm 1,3$ h para la potencia máxima. Durante las 12 semanas del ciclo de BP, el volumen del entrenamiento de la fuerza fue $16,9 \pm 1,0$ h para hipertrofia; $12,5 \pm 1,3$ h para la fuerza máxima; y $6,8 \pm 1,3$ h para la potencia máxima.

Evaluaciones

Los piragüistas ya estaban familiarizados con los protocolos de evaluación porque habían sido evaluados en varias ocasiones en las temporadas anteriores con fines de prescripción de entrenamiento. Para evaluar las variables fisiológicas, de rendimiento y antropométricas seleccionadas, los sujetos acudieron al laboratorio cuatro veces durante ambos ciclos, TP (TTP0, TTP1, TTP2 y TTP3) y BP (TBP0, TBP1, TBP2 y TBP3). Las sesiones de evaluación se realizaron antes (PRE) y después (POST) de las fases de entrenamiento correspondientes en los ciclos TP y BP (i.e. justo después de las fases A, B y C) (Figura 1). Los atletas no realizaron ejercicio activo durante las 24 h previas a las pruebas de laboratorio. Se repitieron los mismos procedimientos de entrada en calor y el mismo protocolo para cada tipo de test en las ocasiones subsecuentes. Todas las sesiones de evaluación se realizaron en el mismo momento del día (9-12 h) y bajo condiciones medioambientales similares (20-22°C y 55-65% humedad). Las variables de evaluación de los piragüistas presentaron coeficientes de confiabilidad que iban de 0,92 a 0,98. Los coeficientes de variación (CV) para VO_{2max} , VT2, y HRmax estuvieron entre 3,2 y 5,1%. Los coeficientes de correlación intraclase test-retest para todas las variables usadas en este estudio fueron mayores a 0,93 y los CV variaron de 0,9 a 2,9%.

Composición Corporal

Las mediciones antropométricas incluyeron: altura de pie, masa corporal, espesor de pliegues cutáneos (tríceps braquial, sub escapular, supra iliaco, abdominal, muslo anterior, gemelo medio, supraespinal y bíceps braquial), y fueron realizadas por el mismo investigador experimentado siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cinantropometría (ISAK) (Marfell-Jones et al. 2006). La talla se midió con un nivel de apreciación de 0,1 centímetro durante una inhalación máxima, y la masa corporal se determinó con un nivel de apreciación de 0,1 kg por medio de una balanza calibrada (*Seca 714, Hamburgo, Alemania*); el espesor de los pliegues cutáneos se determinó con un calibre para pliegues cutáneos (con un nivel de apreciación de 0,2 mm), todos dentro del rango de Harpenden de instrumentos antropométricos (*Holtain S.A., REINO UNIDO*).

Test incrementales máximos

Después de una entrada en calor de 5 min realizada a una velocidad de 9 km/hora los sujetos realizaron un test de remo incremental hasta el agotamiento volitivo en un ergómetro de piragua (*Dansprint ApS, Dinamarca*, coeficiente de resistencia de arrastre =35). La primera fase se fijó en una velocidad de 11,5 km h-1 y los incrementos de velocidad fueron 0,5 km h-1 cada minuto. Cada piragüista podía ajustar su frecuencia de palada libremente (SR) como fuera necesario, y esta frecuencia fue continuamente registrada por medio de un contador de paladas (*Interval 2000, Nielsen-Kellerman, EE.UU.*). La frecuencia cardíaca (HR) fue monitoreada por medio de telemetría estándar (*S610i; Electro Oy Polar, Finlandia*) y fue registrada cada 5 seg. Se estimuló a los remeros para que realizaran su esfuerzo máximo y completaran tantas fases como pudieran. El test finalizaba cuando un sujeto dejaba de remar voluntariamente o era incapaz de mantener la velocidad impuesta. El análisis de gases respiración-por-respiración se realizó continuamente mediante un sistema automatizado *Jaeger Oxycon Pro (Erich Jaeger, Alemania)*. Los analizadores de gases fueron calibrados con una mezcla de gases 4,95% CO₂-95,05 % N₂ (*BOC Gases, Surrey, UK*), y el sensor de volumen fue calibrado con una jeringa de calibración de 3L.

Variables fisiológicas

El VO_{2max} se definió como el promedio de los dos valores medios más altos de VO₂ simples consecutivos alcanzados hacia el final del test. Todos los sujetos cumplieron los dos siguientes criterios para alcanzar el VO_{2max} (1) una tasa de intercambio respiratorio mayor que 1,1; y (2) una frecuencia cardíaca máxima (HRmax) por lo menos igual al 90% del máximo estimado para la edad. El segundo umbral ventilatorio (VT2) se determinó a partir de las mediciones de intercambio de gases utilizando el criterio de aumento en ambos equivalentes ventilatorios (VEVO₂-1 y VEVC₂-1) y de disminución en la tensión del anhídrido carbónico al final de la expiración (PETCO₂). Dos observadores independientes y experimentados realizaron las determinaciones de VT2. Si se presentaban diferencias entre ellos, se consultaba con un tercer observador. Además se determinó en cada sujeto la HR en VO_{2max} (HRmax) y la HR en VT2 (HRVT2). Se tomaron muestras de sangre completa del lóbulo de la oreja durante la recuperación de la prueba (minutos 1, 3, 5, 7, 10 y 12) para determinar la concentración de lactato máxima ([L-] max) por medio de un minifotómetro (*LP20; Dr. Lange, Francia*).

Variables de rendimiento en piragüismo

Las variables de remo que desempeñan un papel importante en el rendimiento en piragüismo se midieron durante el test de ejercicio máximo: la velocidad de palada en el VO_{2max} (PSmax), velocidad de palada en el VT2 (PSVT2), frecuencia de palada en el VO_{2max} (SRmax), frecuencia de palada en el VT2 (SRVT2), potencia de palada en VO_{2max} (PWmax), y potencia de palada en el VT2 (PWVT2) -

Análisis estadísticos

Para determinar la naturaleza de la distribución de los datos se utilizó el test de Shapiro-Wilk. Dado que no se confirmó la distribución normal, se utilizaron el test *U* de Mann-Whitney y el *test t* para evaluar los cambios en las variables seleccionadas durante los dos ciclos. Para evaluar los cambios en las cuatro pruebas y en los dos ciclos se aplicó el test de Friedman. El test post hoc de Wilcoxon corrigió el nivel de significancia según Bonferroni. Los tamaños de efecto (ES) para los cambios en ambos modelos de entrenamiento (TP y BP) entre los momentos T0 y T1, T1 y T2, T2 y T3 y entre T0 y T3 fueron calculados como la diferencia entre las medias divididas por la desviación estándar promedio para los dos grupos. La significancia se fijó en un nivel $P \leq 0,05$. Los cálculos de potencia estadística para este estudio variaron de 0,75 a 0,81.

RESULTADOS

Al inicio de S1 y S2 (es decir TTPO y TBPO), no se observaron diferencias significativas en ninguna de las siguientes variables: VO_{2max}, VO₂VT2, [La-]max, HRmax, HRVT2, PSmax, PSVT2, PWmax, PWVT2, SRmax, SRVT2, masa corporal y suma de ocho pliegues cutáneos.

Composición corporal

Entre T0 y T3, se observaron interacciones significativas grupo x tiempo para la suma de ocho pliegues cutáneos, con una disminución significativamente mayor ($P < 0,05$) en TP (-17,9%, $P < 0,05$, ES = -2,98) en comparación con BP (-5,4%, $P < 0,05$, ES = 2,64). Se observaron disminuciones significativas ($P < 0,05$) en la suma de los ocho pliegues cutáneos después de ATP (-18,1%, ES = -3,07) y BBP (-16,8%, ES = -2,59), y aumentos significativos ($P < 0,05$) tras las fases CTP (9,3%, ES = 1,10) y CBP (21,2%, ES -2,65). No se observaron cambios significativos en la masa corporal en ninguno de los puntos de tiempo durante los dos ciclos (Tabla 3).

	Ciclo TP				Ciclo BP			
	T _{TP0}	T _{TP1}	T _{TP2}	T _{TP3}	T _{BP0}	T _{BP1}	T _{BP2}	T _{BP3}
Masa corporal (kg)	86,5±4,4	87,1±3,9	86,0±3,7	86,2±4,0	85,7±4,4	87,7±4,8	85,4±4,5	85,2±4,6
Suma de 8 Pliegues cutáneos (mm)	71,4±4,1	58,5±4,3*	53,6±4,6	58,6±4,5 [†]	67,1±5,1	63,0±4,3	52,4±3,9 [#]	63,5±4,5 [£]

Tabla 3. Cambios en las variables antropométricas durante los dos ciclos de entrenamiento. Los datos se presentan en forma de Media±SD.

Pliegues cutáneos: tríceps braquial, sub-escapular, supra ilíaco, abdominal, muslo anterior, pantorrilla media, supra espinal y bíceps braquial.

*P<0,05 para la comparación TTP0 con TTP1 y TBP0 con TBP1

#P<0,05 para la comparación TTP1 con TTP2 y TBP1 con TBP2

£P<0,05 para la comparación TTP2 con TTP3 y TBP2 con TBP3

†P <0,05 para la comparación TTP0 con TTP3 y TBP0 con TBP3

βP<0,05 para la comparación TTP3 con TBP3

Cambios fisiológicos

Ambos ciclos TP BP produjeron aumentos similares en VO_{2max} (11,0%, ES=2,09 y 8,1%, ES=2,30, respectivamente, P<0,05) y VO_{2VT2} (9,8%, ES=1,79 y 9,4%, ES= 2,00, respectivamente P <0,05). Se observaron aumentos significativos en VO_{2max} del TTP0 al TTP1 (4,9%, P<0,05, ES= 1,15), pero se observaron aumentos menores y no significativos entre el TBP0 y TBP1 (3,4%; P=0,08, ES=0,86). Tras las fases BTP y BBP, el VO_{2max} aumentó significativamente en ambos ciclos (7,0%, ES=1,58 y 5,0%, ES =1,25, respectivamente, P <0,05). No se observó ningún cambio significativo en VO_{2max} entre T2 y T3 en ningún grupo. La magnitud de los cambios en VO_{2VT2} fue similar después de las fases ATP (15,3%, P <0,05, ES = 2,89) y ABP (10,7%, P <0,05, ES = 2,57). Además, se observaron disminuciones significativas en VO_{2VT2} después de las fases BBP (-3,9%, P <0,05, ES =-0,69) y BTP (-3,4%, P=0,06, ES=-0,98). Después de las fases CTP y CBP no se observaron cambios significativos en los valores de VO_{2VT2}. En T3, no se observaron cambios significativos en los valores de VT2 (% VO_{2max}) entre ambos ciclos de entrenamiento. La magnitud del cambio en VT2 (% VO_{2max}) fue similar después de las fases ATP (9,9%, P <0,05, ES = 4,37) y ABP (8,0%, P<0,05, ES=2,1), así como después de las fases BTP (-9,7%, P <0,05, ES = -2,74) y BBP (-8,5%, P <0,05, ES = -2,96).

Cambios en el rendimiento del piragüista

Se observaron aumentos significativos (P<0,05) en los valores de PSmax tras las fases ATP (2,1%, ES = 1,00), ABP (2,1%, ES = 1,00) y CBP (2,0%, ES = 0,86), pero después de la fase BBP se observaron menores incrementos (2,0%, P=0,06, ES =0,86). Entre T0 y T3, se observaron interacciones significativas grupo x tiempo en PSmax con un aumento significativamente mayor (P<0,05) en el ciclo BP (6,2%, ES=3,00) en comparación con TP (3,4%, ES=1,25). La magnitud del aumento en PSVT2 entre T0 y T3 fue similar después de los ciclos TP (5,2%, P <0,05, ES=2,80) y BP (4,4%, P<0,05, ES=2,40). Se observaron aumentos significativos (P<0,05) en PSVT2 después de las fases ATP (2,2%, ES=1,00) y ABP (2,2%, ES=1,50), pero no se observaron cambios después de las fases B y C de ambos ciclos.

Entre T0 y T3, se observaron interacciones significativas grupo x tiempo en PWmax, con un aumento significativamente mayor (P<0,05) en BP (14,2%, ES=6,00) en comparación con TP (8,3%, ES=4,00). Se evidenciaron aumentos significativos (P<0,05) en los valores de PWmax luego de las fases ATP (5,0%, ES = 2,31), ABP (6,8%, ES =1,27), y CBP (5,5%, ES=2,8). La magnitud del aumento en PWVT2 entre T0y T3 fue similar después de TP (11,3%, P<0,05, ES=4,67) y BP (10,0%, P<0,05, ES=3,80). Se observaron aumentos significativos (P<0,05) en PWVT2 tras las fases ATP (5,3%, ES= 2,22) y ABP (5,8%, ES=1,69). En T3, SRmax presentó niveles significativamente (P <0,05) mas bajos en el ciclo BP que en el ciclo TP. SRmax aumentó significativamente (P <0,05) después de la fase CTP (5,9%, ES=0,92), y se mantuvo sin cambios después de CBP.

No se observó ninguna otra diferencia significativa en los otros puntos de tiempo en el resto de las variables fisiológicas y de rendimiento analizadas (HRmax, HRVT2, SRVT2 y [La-]max), aunque se observaron ciertas tendencias hacia valores mas bajos en HRVT2, SRmax y SRVT2 después de las fases ATP y ABP (P<0,1) (Tabla 4).

	Ciclo de periodización tradicional				Ciclo de periodización en bloques			
	T _{TP0}	T _{TP1}	T _{TP2}	T _{TP3}	T _{BP0}	T _{BP1}	T _{BP2}	T _{BP3}
VO _{2max} (mL kg ⁻¹ min ⁻¹)	61,1±2,7	64,1±2,5*	68,6±3,2#	67,8±3,7†	62,0±2,2	64,1±2,7	67,3±2,4#	68,1±3,1†
VO ₂ VT ₂ (mL kg ⁻¹ min ⁻¹)	50,8±2,4	58,6±3,0*	56,6±2,8	55,1±2,4†	50,2±2,3	56,1±2,3*	53,9±2,2#	54,9±2,4†
VT ₂ (%VO _{2max})	83,1±1,1	91,4±2,7*	82,5±3,8#	81,3±1,7	81,0±3,4	87,5±2,8*	80,1±2,2#	80,6 ± 3,0
PS _{max} (km h ⁻¹)	14,5±0,3	14,8±0,3*	15,0±0,3	15,0±0,5†	14,5±0,3	14,8±0,3*	15,1±0,4	15,4±0,3 ^{£†β}
PS _{VT₂} (km h ⁻¹)	13,5±0,2	13,8±0,4*	14,1±0,2	14,2±0,3†	13,6±0,2	13,9±0,2*	14,1±0,2	14,2±0,3†
PW _{max} (W)	220±5	231 ± 7*	237 ± 5	240±5†	218±6	233±7*	240±4	254±6 ^{£†β}
PW _{VT₂} (W)	186±4	196±5*	205±5	207±5†	191±6	202±7*	207±4	210±4†
[La ⁻] _{max} (mmol L ⁻¹)	11,5±4,9	11,9±3,2	10,5±3,5	11,7±3,1	11,2±3,7	12,7±3,1	12,7±3,4	12,0±2,6
HR _{max} (lat min ⁻¹)	190±9	187±11	188±9	189±4	193±8	189±7	189±10	189±7
HR _{VT₂} (lat min ⁻¹)	176±7	172±8	172±7	176±9	175±6	172±6	171±6	173±7
SR _{max} (paladas min ⁻¹)	106±4	102±7	102±8	108±5 [£]	104±4	101±8	102±7	103±8 [£]
SR _{VT₂} (paladas min ⁻¹)	86±4	84±3	84±5	87±6	87±5	84±6	86±5	85±6

Tabla 4. Cambios en las variables fisiológicas y de rendimiento en piragua seleccionadas durante los dos ciclos de entrenamiento. Los datos se presentan en forma de Media±SD.

* P<0,05 al comparar TTP0 con TTP1 y TBP0 con TBP1

P<0,05 al comparar TTP1 con TTP2 y TBP1 con TBP2

£ P<0,05 al comparar TTP2 con TTP3 y TBP2 con TBP3

† P<0,05 al comparar TTP0 con TTP3 y TBP0 con TBP3

β P<0,05 al comparar TTP3 con TBP3

DISCUSION

El hallazgo principal del estudio presente fue que un ciclo de entrenamiento con bloques periodizados (BP) sería mas efectivo que la periodización tradicional (TP) para mejorar el rendimiento de piragüistas de alto nivel altamente entrenados porque: (1) ambos ciclos, TP y BP, produjeron aumentos similares en el VO_{2max} y VO₂VT₂, a pesar de que el ciclo de TP fue 10 semanas y 120 h más largo que el ciclo BP; y (2) los aumentos inducidos por el entrenamiento en PS_{max} y PW_{max} (i.e. rendimiento específico de palada) fueron significativamente mayores luego de BP en comparación con TP.

Las diferencias más importantes entre ambos ciclos fueron el volumen de entrenamiento total (i.e horas de entrenamiento de resistencia) y el porcentaje de volumen de entrenamiento desarrollado para los objetivos de entrenamiento de resistencia seleccionados. Durante las dos fases iniciales "A", el objetivo principal fue aumentar la intensidad del ejercicio que correspondía al VT₂, mientras que durante las fases "B", el objetivo fue mejorar la potencia aeróbica máxima (VO_{2max}) (Figura 1). Nuestros datos indican que durante el diseño BP los piragüistas experimentaron una mayor acumulación de cargas de trabajo sobre los objetivos de entrenamiento seleccionados realizando un menor volumen total de entrenamiento por zona de intensidad y por fase que durante el diseño de TP (Tabla 1). Un hallazgo importante del estudio presente fue que aunque el tiempo total de entrenamiento de resistencia completado en el ciclo BP fue 50% del utilizado en el ciclo TP, se observaron efectos inducidos por el entrenamiento similares en la mayoría de las variables fisiológicas y de rendimiento estudiadas. Los niveles de VO_{2max} tras las fases ATP y ABP aumentaron significativamente (4,9 y 3,5%, respectivamente), a pesar de que el desarrollo de VO_{2max} no fue la meta principal durante estas fases y la intensidad de entrenamiento se mantuvo relativamente baja (zonas Z1 y Z2). Estas mejoras en VO_{2max} probablemente se debieron al nivel de resistencia inicial relativamente bajo que presentaron los atletas como consecuencia del período de transición previo de 5 semanas. En los atletas de resistencia se ha reportado una disminución en la potencia aeróbica máxima después de varias semanas de interrupción del entrenamiento (Coyle et al. 1984; García-Pallarés et al. 2009b, 2010; Mujika y Padilla 2000). Así, después de reanudar el entrenamiento formal, parece lógico que se recobrara rápidamente parte del nivel de aptitud aeróbica, independientemente de las intensidades de entrenamiento y de los métodos usados. Tras las fases "B", el VO_{2max} aumentó 7,0% en TP y 5,3% en BP, luego del 33% (23,4 h) y 44% (21,8 h) del volumen total de entrenamiento de resistencia realizado en Z3, respectivamente. En esta fase de periodización, debemos destacar que la fase BBP fue más

eficaz que la fase BTP para desarrollar el VO_{2max} , porque los piragüistas alcanzaron aumentos en el rendimiento similares, pero usando un menor volumen de entrenamiento. Los aumentos en VO_{2max} observados en el estudio presente (es decir 9,5 y 11,0% luego de las 12 semanas del ciclo de BP y 22 semanas del ciclo de TP, respectivamente) fueron mayores a los descritos previamente para piragüistas y remeros de nivel internacional. Por ejemplo, Tesch et al. (1976), en un estudio longitudinal con remeros de alto nivel, informaron aumentos de alrededor del 8,0% en VO_{2max} , aunque éstos fueron alcanzados después de un período de entrenamiento considerablemente mayor (8 meses).

Por otro lado, las cargas de entrenamiento realizadas durante las dos fases "C" sólo fueron eficaces para mantener los niveles de VO_{2max} alcanzados al final de las fases previas "B" y no se observaron aumentos adicionales. Este hallazgo coincide con lo observado por Houmard et al. (1994), Shepley et al. (1992) y Van Handel et al. (1988) quienes observaron un VO_{2max} estable tras 7-20 días de puesta a punto en atletas altamente entrenados. Además, la falta de aumentos adicionales en VO_{2max} después de ambas fases de puesta a punto (CTP y CBP) puede estar relacionada con el alto nivel de rendimiento de los atletas, con valores medios de VO_{2max} de 67,8 y 68,1 mL kg⁻¹ min⁻¹ alcanzados al final de ambos ciclos de entrenamiento. Estos valores de VO_{2max} fueron significativamente más altos que los obtenidos en otros estudios realizados con piragüistas de alto nivel (principalmente en el rango de 54-60 mL kg⁻¹ min⁻¹) (Bishop et al. 2002; Fry y Morton 199; Tesch et al. 1983; Van Someren y Oliver 2002).

Se observaron incrementos significativos de aprox. 15% en VO_2VT2 tras las fases ATP (64,8 h y 48% del tiempo total de entrenamiento de resistencia en Z2) y ABP (30,0 h y 57% de entrenamiento en Z2). Dado que los piragüistas lograron aumentos similares en esta variable, pero usando un volumen de entrenamiento de resistencia en Z2 50% menor, BP sería más eficaz para desarrollar el VT2 que TP. Durante las fases BTP y BBP, coincidente con una reducción importante en el tiempo total de entrenamiento de resistencia en Z2 (sólo 38 y 32%, respectivamente), los valores de VO_2VT2 disminuyeron 3,4 y 4,3% en los ciclos TP y BP, respectivamente. Estos datos indicarían que el volumen de entrenamiento alrededor del VT2 (Z2) fue insuficiente, especialmente durante el ciclo BP. Estos resultados coinciden con los descritos por Hickson et al. (1982) quienes no observaron ningún cambio en los niveles de VO_{2max} y observaron disminuciones significativas en el tiempo hasta el agotamiento a 80% del VO_{2max} después de una reducción de 5-semanas en el volumen de entrenamiento de sujetos altamente entrenados. Además, la duración de los efectos residuales del entrenamiento estaría relacionada a factores como el nivel de rendimiento de un atleta y la cantidad de entrenamiento realizado sobre otras habilidades físicas/motoras. Desde un punto de vista práctico y durante cualquiera de los ciclos, TP o BP, parecería adecuado introducir períodos cortos (2-3 días) de entrenamiento con elevadas cargas de trabajo sobre las habilidades motoras desarrolladas en las fases anteriores para mantener sus efectos residuales de entrenamiento. Durante las dos fases "C" los niveles de VO_{2max} y de VT2 se mantuvieron sin cambios; así, las dos fases de puesta a punto establecidas en el presente enfoque de entrenamiento (CTP y CBP) serían eficaces para mantener el rendimiento de los atletas en el nivel de VT2 hasta el final del ciclo.

Las tendencias similares observadas en la masa corporal y en la suma de ocho pliegues cutáneos después de los ciclos de entrenamiento TP y BP sugieren que estos dos diferentes planes de periodización no produjeron cambios diferentes en la composición corporal de los piragüistas. Debemos destacar que tras las primeras dos fases de entrenamiento de ambos ciclos (es decir "A" y "B") la masa corporal se mantuvo sin cambios mientras que la adiposidad corporal disminuyó progresivamente. La suma de los ocho pliegues cutáneos fue significativamente menor luego de ATP que después de ABP, probablemente como consecuencia del mayor tiempo de duración (12 vs. 5 semanas) de la fase A en el ciclo TP. Tras las dos fases "C", la masa corporal se mantuvo sin cambios, pero la suma de los ocho pliegues cutáneos aumentó significativamente, probablemente debido a la reducción drástica en el volumen de entrenamiento total y a la ausencia de control sobre la dieta de los atletas durante esta fase de puesta a punto.

Los cambios inducidos por el entrenamiento en las variables de rendimiento en canotaje (PSmax, PSVT2, PWmax y PWVT2) fueron diferentes después de ambos modelos de periodización. El ciclo BP provocó aumentos significativos en PSmax y PWmax entre las fases consecutivas analizadas, mientras que el ciclo TP sólo provocó mejoras significativas cuando se compararon las pruebas iniciales y finales (T0 versus T3). Es más, al final de los dos ciclos, BP arrojó resultados significativamente mejores que los observados después de TP en PSmax y PWmax (15,4 km h⁻¹ y 254 W en TBP3 vs. 15,0 km h⁻¹ y 240 W en el TTP3). Luego del modelo BP, los aumentos relacionados con la puesta a punto de 2% en PSmax y de 4,5% en la potencia de remo en el VO_{2max} fueron similares a las mejoras de rendimiento observadas en los estudios anteriores después de las fases de puesta a punto de 1-4 semanas en nadadores, ciclistas y corredores de fondo altamente entrenados (Houmard et al. 1994; Mujika et al. 1996, 2002; Neary et al. 2003). En contraste, la fase de puesta a punto del ciclo TP (CTP) sólo permitió el mantenimiento de los cambios previamente inducidos por el entrenamiento en PWmax, junto con un aumento en SRmax. Estos resultados inesperados después de CTP podrían estar relacionados con una pérdida de la capacidad de los piragüistas de aplicar la fuerza en cada una de las paladas. Por lo tanto, se necesitaría una mayor frecuencia de palada para mantener la producción de potencia de remo requerida y/o la velocidad del bote. Estos datos coinciden con lo observado en un estudio reciente que informó aumentos similares en la frecuencia de palada luego de 5 semanas de interrupción del entrenamiento en piragüistas de alto nivel (García-Pallarés et al. 2009b). Por consiguiente,

una fase de puesta a punto subsiguiente a un ciclo de BP también podría producir mayores aumentos en el rendimiento de remo (es decir PWmax y SRmax) en comparación a lo obtenido después de un ciclo TP. En conjunto, estos datos sugieren que BP fue más eficaz que TP para evitar la pérdida de los efectos residuales del entrenamiento y para lograr un mejor rendimiento durante la fase de puesta a punto en los atletas altamente entrenados.

Por último, aunque es muy difícil hacer comparaciones de rendimiento en piragüismo durante las pruebas y las competiciones, debido al gran número de variables de confusión que afectan considerablemente los tiempos (por ejemplo la velocidad y dirección del viento, temperatura y salinidad del agua, la profundidad, las corrientes), es interesante destacar que los resultados durante las competiciones en los eventos principales de las temporadas respectivas también fueron muy diferentes entre los ciclos. Así, después del enfoque de entrenamiento tradicional (temporada 2006-2007), ninguno de los atletas pudo clasificar para los Juegos Olímpicos de Beijing durante los Campeonatos Mundiales 2007. Sin embargo, durante la temporada 2007-2008, siguiendo un diseño de entrenamiento BP, cuatro miembros del equipo lograron clasificar para los Juegos Olímpicos y, lo más importante, es que unos meses después dos de estos atletas ganaron la medalla de oro en los Juegos Olímpicos.

En resumen, en piragüistas de élite, las fases de entrenamiento cortas (5 semanas) siguiendo un modelo de BP en el cual se utilizó la mitad del volumen de entrenamiento total, pero con una acumulación de cargas de trabajo 10% más alta sobre los objetivos de entrenamiento seleccionados (45-60% del volumen de entrenamiento total) para cada fase produjeron un estímulo de entrenamiento más eficaz para la mejora del rendimiento en piragüismo en comparación con el modelo TP. Los resultados del estudio presente también sugieren que, tras una fase de puesta a punto, un diseño con BP podría ser una estrategia más útil para mantener los efectos residuales del entrenamiento en SRmax así como también para alcanzar mayores aumentos en ciertas variables relacionadas al rendimiento en canotaje (i.e. PWmax y SRmax).

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer al personal del Centro de Medicina de Deportes de Alto Rendimiento Andaluz en Sevilla y al personal del Centro de Investigación de Ciencias y Deportes de Alto rendimiento (CARICD) en Madrid por su excelente ayuda técnica con los instrumentos de laboratorio y por la ayuda médica con los atletas. También deseamos agradecer el esfuerzo dedicado, el compromiso y el profesionalismo del grupo seleccionado de piragüistas que participó en esta investigación. Este trabajo no recibió fondos de ninguna institución.

REFERENCIAS

1. Bishop D, Bonetti D, Dawson B (2002). The influence of pacing strategy on V02 and supramaximal kayak performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1041-1047
2. Bompa T., Haff G. (2009). Periodization: theory and methodology of training. *Human Kinetics, Champaign*
3. Bondarchuk AP (1988). Constructing a training system. *Track Tech* 102:3254-3269
4. Coyle E.F., Martin W.H., Sinacore D.R., Joyner M.J., Hagberg J.M., Holloszy J.O. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J. Appl. Physiol.* 57:1857-1864
5. Fry R.W., Morton A.R. (1991). Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 23:1297-1301
6. García-Pallares J., Sánchez-Medina L., Carrasco L., Díaz A., Izquierdo M. (2009a). Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 106:629-638
7. García-Pallares J., Carrasco L., Díaz A., Sánchez-Medina L. (2009b). Post-season detraining effects on physiological and performance parameters in top-level kayakers: comparison of two recovery strategies. *J. Sports Sci. Med.* 8:622-628
8. García-Pallares J., Sánchez-Medina L., Pérez C.E., Izquierdo-Gabarron M., Izquierdo M. (2010). Physiological effects of tapering and detraining in world-class kayakers. *Med. Sci. Sports Exerc.* doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c9228c
9. Hickson R.C., Kanakis C. Jr., Davis J.R., Moore A.M., Rich S. (1982). Reduced training duration effects on aerobic power, endurance, and cardiac growth. *J. Appl. Physiol* 53:225-229
10. Houmard J.A., Scott B.K., Justice C.L., Chenier T.C. (1994). The effects of taper on performance in distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc* 26:624-631
11. Issurin V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: a review. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 48:65-75
12. Marfell-Jones M., Olds T., Stewart A.D., Carter L. (2006). International Standards for Anthropometric Assessment. *International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). Potchefstroom, South Africa, pp 61-75*
13. Mujika I., Padilla S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. *Part I: short term*

insufficient training stimulus. Sports Med. 30:79-87

14. Mujika I., Busso T., Lacoste L., Barale F., Geysant A., Chatard J.C. (1996). Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc. 28:251-258*
15. Mujika I., Padilla S., Pyne D. (2002). Swimming performance changes during the final 3 weeks of training leading to the Sydney 2000 Olympic Games. *Int. J. Sports. Med. 23:582-587*
16. Neary J.P., Bhambhani Y.N., McKenzie D.C. (2003). Effects of different stepwise reduction taper protocols on cycling performance. *Can. J. Appl. Physiol. 28:576-587*
17. Shepley B., MacDougall J.D., Cipriano N., Sutton J.R., Tarnopolsky M.A., Coates G. (1992). Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J. Appl. Physiol. 72:706-711*
18. Tesch P., Piehl K., Wilson G., Karlsson J. (1976). Physiological investigations of Swedish elite canoe competitors. *Med. Sci. Sports 8:214-218*
19. Tesch P., Piehl K., Wilson G., Karlsson J. (1983). Physiological characteristics of elite kayak paddlers. *Can. J. Appl. Sport Sci. 8:87-91*
20. Van Handel P.J., Katz A., Troup J.P., Daniels J.T., Bradley P.W. (1988). Oxygen consumption and blood lactic acid response to training and taper. In: *Ungerechts VBE, Wilke K, Reischle K (eds). Swimming Science. Human Kinetics, Champaign, IL, pp 269- 275*
21. Van Someren K.A., Oliver J.E. (2002). The efficacy of ergometry determined heart rates for flatwater kayak training. *Int. J. Sports Med. 23:28-32.*