Monograph

Respuestas Fisiológicas y del Rendimiento Generadas por Sobreentrenamiento en Yudocas de Nivel Elite

Gary A Dudley[1], Steven J Fleck[1], Robin Callister[1] y Robert J Callister[1]

[1]*Division of Sports Science, U. S, Olympic Committee, Colorado Springs, CO 80909; and Department of Zoological and Biomedical Sciences, Ohio University, Athens, OH 45701.*

RESUMEN

Para determinar el efecto de grandes y repentinos incrementos del volumen de entrenamiento sobre las características de la *performance* y la factibilidad de utilizar síntomas de sobreentrenamiento para monitorear los cambios en la *performance*, 15 yudocas de élite fueron examinados durante 10 semanas de entrenamiento. Los atletas realizaron sus regímenes normales de entrenamiento de resistencia (3 d/sem.), de entrenamiento intervalado (interval) (2 d/sem), y de judo (5 d/sem.) en las semanas 1-4. Los volúmenes de entrenamiento de resistencia y de intervalo se incrementaron un 50% en las sem. 4-8 y retornaron a la condición inicial en las sem. 9-10. El volumen del entrenamiento del judo no cambió en las sem 1-8, pero se incrementó en un 100% durante las sem 9-10. Las evaluaciones fueron hechas en las semanas 2, 4, 8, y 10. La fuerza isokinética de los extensores y los flexores de las rodillas y de los codos se incrementó significativamente desde la sem. 2 a la sem. 4 (3-13%), no se modificó entre la sem 4 a la sem 8, y disminuyó significativamente (6-12%) entre la sem. 4 a la sem. 10. El tiempo total de interval de 3 x 300 m se incrementó ($p<0.05$), entre las semanas 2 a 4, y entre las semanas 4 a 8, mientras que el tiempo total para esprints (de 5 x 50 m) decreció ($p<0.05$) de la sem. 8 a la 10 (<2%). El porcentaje de grasa corporal disminuyó ($p<0.05$) de la sem 2 a la sem. 10. El peso corporal, la potencia aeróbica máxima y submáxima, las presiones sistólica y diastólica de reposo (durmiendo), las frecuencias cardíacas máximas y submáximas de reposo (durmiendo), los niveles del lactato en sangre durante el ejercicio, y la *performance* en salto vertical, no cambiaron significativamente con los incrementos del volumen de entrenamiento. Estos resultados sugieren que 6 semanas de sobreentrenamiento pueden afectar a algunos, pero no a todos, los aspectos de la *performance*, y que esta puede ser afectada antes de que aparezcan los síntomas de sobreentrenamiento.

Palabras Clave: decaimiento y fatiga, volumen de entrenamiento, isokinética, fuerza, frecuencia cardíaca, tensión ar

INTRODUCCION

Por muchos años ha existido interés acerca del impacto del sobreentrenamiento en la *performance* atlética (2, 20, 21). A pesar de este interés, muchas cuestiones relacionadas al sobreentrenamiento permanecen no tener respuesta. Entre ellas, está su relación entre los efectos en la *performance* y la manifestación de los llamados síntomas del síndrome de sobreentrenamiento.

El sobreentrenamiento es un término usado, generalmente, para describir tanto el proceso de entrenamiento excesivo, como los estados de fatiga que se pueden desarrollar como consecuencia (17, 19). El uso indiscriminado de este término a llevado a una ambigüedad y a veces a malos entendidos (2, 17, 19). Por lo tanto, es necesario definir nuestro uso del término sobreentrenamiento. Siguiendo las sugerencias de revisores recientes (17, 19), definimos al sobreentrenamiento como "el proceso de realizar una gran cantidad anormal de entrenamiento físico intenso". Por eso, el sobreentrenamiento es un estímulo y como consecuencia puede haber efectos perjudiciales sobre la *performance* atlética.

El síndrome de sobreentrenamiento o decaimiento físico o fatiga (7, 10, 14, 21, 23), se refiere al último escalón de estados progresivos de fatiga crónica, cada vez más severos, que se pueden desarrollar como un resultado del sobreentrenamiento. Este síndrome caracterizado por muchos síntomas fisiológicos y psicológicos (1, 2, 5, 7, 14, 20, 21, 23), tanto como por la disminución de la *performance* atlética. Los síntomas fisiológicos incluyen pérdidas de peso y grasa corporal, incremento en la frecuencia cardiaca durante el descanso y el ejercicio submáximo, cambios en la presión sanguínea durante el descanso, incremento de los riesgos de enfermedad y lesiones, y dolores musculares crónicos (2, 6, 7, 15, 18, 20, 21). Disminuciones en la potencia aeróbica y la fuerza muscular también han sido reportadas (8, 23, 24). La efectividad de estas características, en conjunción con síntomas psicológicos para el diagnóstico de este síndrome parece estar bien establecida (1, 2, 5, 15, 17-19, 22).

Desafortunadamente, no hay una terminología ampliamente aceptada para describir otros estados o fenómenos de sobreentrenamiento, y por lo tanto, se ha tendido a ignorarlos (10). Para atletas de élite, asumir que el síndrome de sobreentrenamiento es la única consecuencia, con alguna significancia, del sobreentrenamiento, puede no ser prudente. De gran importancia es la posibilidad de que estudios más tempranos en el desarrollo del fenómeno de sobreentrenamiento, puedan también afectar adversamente la *performance* atlética. Un propósito de este estudio fue el de examinar el efecto del sobreentrenamiento sobre la *performance*.

La detección de estados tempranos o intermedios en el desarrollo de un estado de sobreentrenamiento, tales como el decaimiento, han sido hipotetizados pero pobremente caracterizados (10, 17). No está claro, por ejemplo, si el sobreentrenamiento puede afectar adversamente la *performance* sin desarrollar los síntomas de sobreentrenamiento, o si estos pueden ocurrir sin efectos perjudiciales sobre la *performance*. Fallas en mejorar la *performance*, a pesar del aumento de estímulos de entrenamiento pueden también ser una respuesta indeseable al sobreentrenamiento (2). La prevención del síndrome de sobreentrenamiento o de cualquier efecto adverso sobre la *performance* es, obviamente, deseable. Se ha sugerido que los síntomas del síndrome de sobreentrenamiento podrían ser monitoreados a lo largo del entrenamiento para detectarlos en estados tempranos (2, 19) y así proveer una oportunidad de poder intervenir. Si estos síntomas van a ser usados como índices para la prevención de los efectos de sobreentrenamiento, es necesario establecer la relación del transcurso de tiempo entre el desarrollo de la declinación de la *performance* y estos síntomas. Esta fue la segunda meta de este estudio.

Se ha reconocido al sobreentrenamiento como causa potencial de comprometer a la *performance* atlética durante más de 50 años (20, 21); no obstante ha habido pocos intentos para investigar las respuestas al sobreentrenamiento experimentalmente (17). La mayoría de estudios de sobreentrenamiento han sido anecdóticos (2, 21), de corte seccional (1, 22, 23), o de corta duración (4, 6, 7, 16, 19). Son necesarios estudios longitudinales para determinar la factibilidad de predecir el desarrollo de las consecuencias del sobreentrenamiento, monitoreando estos síntomas u otros índices (16, 19). Ha habido pocos estudios, usualmente de corta duración, que han monitoreado estos síntomas durante el entrenamiento moderado o el sobreentrenamiento (4, 6, 7, 16, 19). En particular, ha habido pocas investigaciones que hayan estudiado los efectos de varias semanas de entrenamiento físico intenso sobre estas variables en atletas de élite, quienes son considerados los grupos de mayor riesgo de sobreentrenamiento (2, 14).

Aunque estudios recientes de sobreentrenamiento han examinado deportes de resistencia (1, 4, 6), las evidencias son de que cualquier atleta puede sobreentrenarse (24). Tradicionalmente, los atletas de deportes donde la fuerza, la velocidad, y la coordinación son importantes, particularmente deportes combativos (15, 24) como el yudo, han sido considerados de alto riesgo. Raramente, el sobreentrenamiento ha sido examinado de una manera longitudinal en deportes que no requieren resistencia (19). Típicamente, estos atletas realizan grandes cantidades de ejercicio anaeróbico intenso al entrenarse, siendo a menudo este entrenamiento implicado como un contribuyente del desarrollo de los efectos del sobreentrenamiento. Grandes y repentinos incrementos en el volumen de entrenamiento también han sido mencionados como causales de aumento de los riesgos de efectos perniciosos sobre la *performance* (2). Este estudio fue diseñado para investigar las respuestas de atletas de élite de yudo durante cuatro semanas de entrenamiento normal y 6 semanas de sobreentrenamiento. El volumen de entrenamiento se incrementó al doble, luego de la 4ª y 8ª semana de entrenamiento. Esto no permitió examinar el impacto del incremento del volumen del entrenamiento de alta intensidad, sobre diferentes aspectos de la *performance* de atletas de élite, quienes ya habían realizado importantes cantidades de ejercicio anaeróbico intenso. Se examinaron variables de *performance* incluyendo fuerza, potencia aeróbica y anaeróbica. Los atletas fueron monitoreados, recabando síntomas característicos del síndrome de sobreentrenamiento, tales como las elevaciones de la frecuencia cardiaca durante el reposo (durmiendo) o el ejercicio submáximo, modificaciones de la presión sanguínea

durante el descanso (durmiendo), y la pérdida de peso corporal o grasa corporal, con cambios en las respuestas al ejercicio del consumo de oxígeno y del lactato de sangre. Se tomaron mediciones a lo largo del período de 10 semanas para determinar la factibilidad del uso de estos síntomas para reflejar o predecir cambios en la *performance*.

METODOS

Sujetos

Quince yudocas de nivel nacional e internacional (8 hombres y 7 mujeres) fueron voluntarios para participar en este estudio. Varias características de estos atletas están presentadas en la Tabla 1. Antes de este estudio, ellos compitieron en los Campeonatos Nacionales de Yudo de Estados Unidos, seguido de una semana de descanso. Todos los sujetos fueron informados de los riesgos que implicaba la investigación, y dieron su consentimiento por escrito.

Diseño del Experimento

Se controló a los sujetos a lo largo de 10 semanas de entrenamiento, divididas en tres fases de incremento del volumen total de entrenamiento (Fig. 1). La Fase I (1-4 semanas) fue considerada como la fase de base en la cual los sujetos realizaron sus regímenes regulares de entrenamiento de yudo, de entrenamiento de interval y de resistencia. En la Fase II (5-8 sem) los volúmenes de entrenamiento de interval y de resistencia fueron incrementados en un 50%, manteniendo la intensidad de entrenamiento. En la Fase III (9-10 sem) los volúmenes de entrenamiento de interval y de resistencia se redujeron a los niveles de la Fase I, mientras que se dobló el volumen del entrenamiento de yudo (incremento de 100%). La cantidad total de entrenamiento fue mayor en la Fase III. Se realizaron tests para examinar las respuestas al entrenamiento en la semana 2, 4, 8, y 10. Variables fisiológicas y psicológicas fueron también evaluadas, y la información será reportada en otro trabajo.

Entrenamiento

Las sesiones de entrenamiento de yudo fueron normalmente de una duración de dos horas y media, consistiendo en trabajos sobre esterillas, de habilidades y prácticas específicas de yudo y práctica de combate (randori), y fueron realizadas 5 días/semana (una por día, en las semanas 1-8, dos por día en las semanas 9-10). Las sesiones de randori, cada una de 3’ de duración con 30’ de descanso entre esfuerzos, fueron realizadas, mínimo, en sesiones de una hora de duración.

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Grasa (%)	VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	U.S. Clasific.
Hombres (n= 8)	25.6±1.5	179.9±2.5	91.5±2.7	10.8±1.9	53.2±1.4	6.3±0.8
Mujeres (n= 7)	24.0±1.9	159.3±1.6	56.3±0.9	15.8±1.2	51.9±0.8	3.3±0.7
Combinado (n= 15)	24.9±1.2	170.3±3.1	75.1±2.7	13.1±1.3	52.6±0.8	4.9±0.7

Tabla 1. *Características de los sujetos. Los porcentajes son presentados como valores medios±SE; Grasas (%): porcentaje de grasa corporal. VO_2: consumo max. de oxígeno (ml/kg/min). Clasific. U.S.: clasificación de yudocas, primariamente basado sobre la performance en los torneos principales de U.S.A., de acuerdo a las especificaciones del Bureau Nacional de Yudo.*

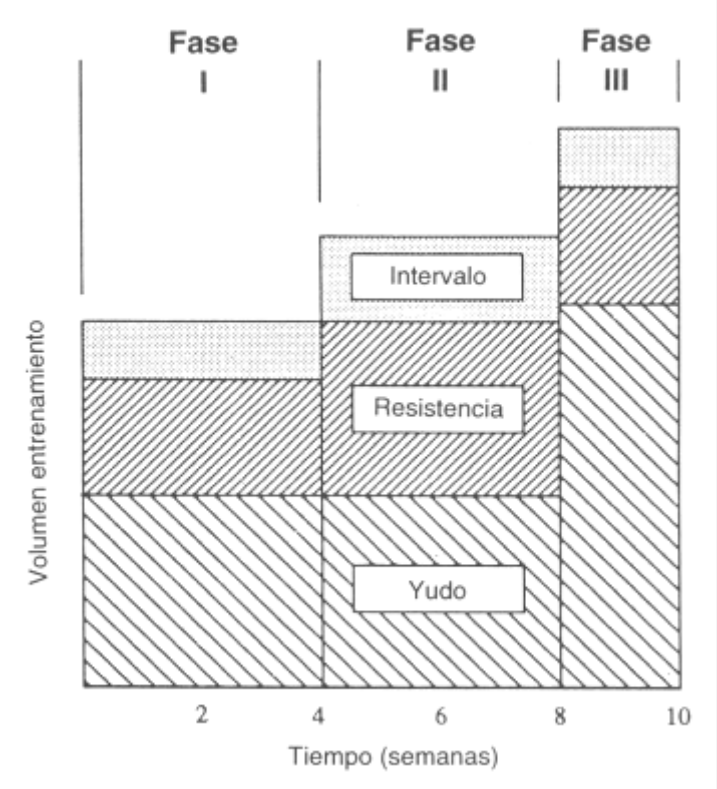

Figura 1. *Representación esquemática de los cambios en el volumen de entrenamiento para cada componente del mismo: entrenamientos de interval, resistencia y yudo. Los entrenamientos de interval y resistencia se incrementaron en un 50% en la Fase II. El yudo se incremento en un 100% en la Fase III. El volumen de entrenamiento total se incrementó en la Fase II, y más aún en la Fase III.*

El entrenamiento intervalado consistió en correr en una pista de 400 m o pedalear en un ergómetro dos veces por semana. Los trabajos intervalados de ciclismo fueron realizados a la resistencia máxima que podría ser mantenida, a 90 rpm durante 30 s. Los trabajos intervalados desarrollados fueron los siguientes:

	Fase I	**Fase II**	**Fase III**
Carrera	4 x 200 m	6 x 200 m	8 x 100 m
	4 x 200 m	6 x 200 m	6 x 50 m
	8 x 100 m	12 x 100 m	6 x 50 m
Bicicleta	4 x 40 s	6 x 40 s	8 x 20 s
	4 x 40 s	6 x 40 s	6 x 15 s
	8 x 20 s	12 x 20 s	6 x 15 s

Cinco minutos de descanso se permitieron entre cada serie de intervalos. Los períodos de descanso entre las repeticiones fueron de 2 min (trabajos de 200 m a 40 s), 1 min (100 m o 20 s), y 30 s (50 m o 15 s). La relación ejercicio/descanso fue aproximadamente 1:3.

Los ejercicios de resistencia fueron realizados 3 d/semana y consistieron, tanto en programas de pesas en circuito, o pesas convencionales, cualquiera que el atleta realizara normalmente. Los ejercicios en el programa convencional consistieron en cargadas de potencia, sentadillas, despegues y fuerza en banco (pesos libres: 4 a 5 series de 5 repeticiones por ejercicio en la Fase I) y fuerza de flexión de isquiotibiales, polea dorsal, flexión de bíceps, y flexión de antebrazo y muñeca (tres series de diez repeticiones por ejercicio en la Fase I). Los ejercicios para el programa de circuito consistieron en press de piernas, extensores de piernas, flexores de isquiotibiales, fuerza militar, fuerza en banco, polea dorsal, flexores de bíceps,

remo erguido, y flexores de antebrazo y muñeca (tres series de diez repeticiones por ejercicio en la Fase I). Tracciones, extensión de tríceps en paralelas, hiperextensiones, y abdominales en banco inclinado, todos realizados con una carga similar al peso corporal más resistencia sobre agregada, fueron realizados hasta el abandono (tres series en la Fase I) para todos los sujetos. Los sujetos realizaron repetición de cargas máximas en ambos programas, y continuamente se esforzaron por incrementar las cargas, entrenando regularmente hasta el abandono en algunas de sus series. Dos de los investigadores estuvieron presentes en cada sesión de entrenamiento para asegurar que el esfuerzo de entrenamiento fuera sostenido. La cantidad de series fue incrementada en un 50% en la Fase II (ej., 7 series de 5 repeticiones; 5 series de 10 repeticiones), mientras que las cargas permanecieron al máximo de una repetición, y las repeticiones por series permanecieron esencialmente iguales. Las sesiones de entrenamiento en la Fase III fueron las mismas que en la Fase I. Las cargas y repeticiones fueron registradas y sumadas para determinar la cantidad total del entrenamiento realizado por cada sujeto, en cada sesión.

No fueron incluidas series de calentamiento. Los totales diarios fueron promediados para cada Fase de entrenamiento.

Los sábados, los entrenamientos fueron menos formales y consistieron en prácticas de yudo adicionales o actividades de juegos como fútbol. Los domingos, todo el entrenamiento fue dejado a discreción de los sujetos.

Testeo

Los tests fueron realizados el mismo día de cada semana de prueba, antes del entrenamiento diario, en las semanas 2, 4, 8 y 10 (Figura 2).

Los cambios de la fuerza isokinética concéntrica fueron evaluados en los extensores y flexores de codos y rodillas, en miembros derechos de los sujetos, esencialmente como se describió previamente (3).

Los sujetos fueron testeados a cinco velocidades angulares 1.05, 1.57, 3.14, 4.19, y 5.24 rad/s (60, 90, 180, 240, y 300º.s-1), usando un dinamómetro Cybex II con un microprocesador computado (Cybex División of Lumex, Ronkokoma, NY). Los sujetos fueron estabilizados con bandas Velcro sobre los bancos de asiento (miembros inferiores), o sobre la tabla de ejercicio corporal (miembros superiores) para minimizar movimientos extraños. Siguiendo a un breve calentamiento, los sujetos realizaron tres pruebas a cada velocidad, con 1 min de descanso entre las velocidades. Los rangos angulares de los movimientos, controlados por un mecanismo limitante del rango, fueron 1.57 y 2.09 rad (90 y 120º), en relación a las articulaciones de rodilla y codo, respectivamente. El ángulo pico del torque específico fue registrado a 0.52 rad (30º), antes de la extensión completa (0º) y de la flexión completa (90 o 120º), para miembros superiores e inferiores. La calibración del dinamómetro y los sistemas de registro fueron chequeados antes de cada sesión de prueba.

Los consumos de oxígeno máx. y submáximos fueron evaluados durante tests con carga progresiva en cinta. Los sujetos corrieron por 4’, durante 4 cargas de trabajo submáximo, con 30 s de descanso entre esfuerzos y luego realizaron un test de carga máxima incrementada, a velocidad constante, con 2% de grado de incremento cada minuto, hasta la extenuación voluntaria. El consumo de oxígeno fue determinado usando un sistema Gould 2900 (Gould Inc., Dayton, OH). Se registraron los valores para el último minuto de cada estadio y el pico de VO_2. La frecuencia cardíaca fue monitoreada constantemente vía telemetría y se registraron los valores de los últimos 30 s de cada estadio. Se tomaron muestras de sangre de la yema de los dedos, 5 m después del ejercicio y se determinaron valores de lactato en la sangre, con Analizador Yellow Springs 23 L Lactate An. (Yellow Springs, Oh). Se registraron mediciones de pliegues cutáneos antes de los tests sobre cinta en las semanas 2, 8 y 10 y se calcularon porcentajes de grasa corporal (11, 12).

Como la *performance* de yudo no puede ser fácilmente cuantificada, tres tests de campo, confiables y simples, fueron seleccionados para evaluar los diferentes componentes de la *performance* anaeróbica. El salto vertical fue determinado utilizando una escala de salto vertical Vertex (Palo Alto, CA). El alcance de pie fue medido por la altura máxima alcanzada por un brazo totalmente extendido, mientras ambos talones permanecían en el piso. Los sujetos saltaron con ambos pies, luego de un impulso de un paso. Se determinó la altura máxima lograda por la mano con el brazo totalmente extendido. El valor mayor de salto vertical fue la diferencia entre la altura máxima de la mano y la altura lograda estando parado. Se registró la mejor de las tres pruebas. Luego de 5 m de descanso los sujetos realizaron 5 sprints de 50 m, separados por 45 s de intervalos de descanso. Los esprints fueron cronometrados usando luces electrónicas sobre las marcas de cero y 50 m, y se registró la suma de los tiempos para los 5 esprints. Luego de 15 m de descanso, los sujetos corrieron 3 veces x 300 m, separados por 2 m de descanso. Cada intervalo fue cronometrado individualmente, y se registró la suma de los tres intervalos. Los tests fueron realizados en este orden para minimizar el impacto de la fatiga residual sobre el test subsiguiente.

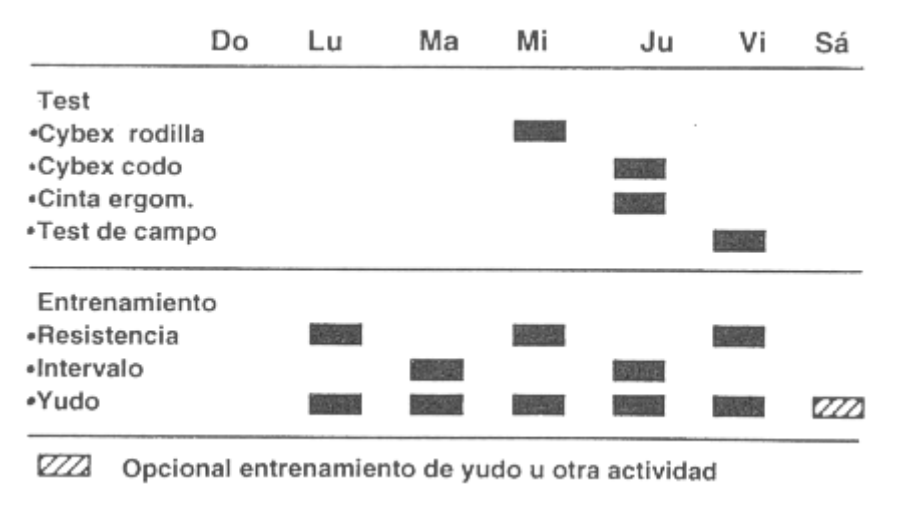

Figura 2. *Secuencia de evaluación y de entrenamiento en las semanas de testeo.*

El aumento de la frecuencia cardiaca durante reposo y los cambios (incremento o disminución) de la tensión sanguínea son síntomas, frecuentemente mencionados, del síndrome de sobreentrenamiento. Hay muchas limitaciones para obtener verdaderos valores de reposo durante el día, cuando los atletas están tan activos. Si se hacen sólo una o dos mediciones en el día, la confiabilidad puede ser cuestionada. Monitores de presión sanguínea ambulantes (Del Mar Avionics, Del Mar, CA) se usaron para determinar los valores nocturnos como un mejor índice de valores de reposo. Estos permitieron las determinaciones de los registros de reposo basados sobre numerosas mediciones, eliminando la posibilidad de que los valores sean elevados debido a respuestas agudas a los esfuerzos de ejercicios. Los monitores fueron usados durante la noche por 12 de los 15 sujetos. Doce sujetos (seis masculinos y seis femeninos) usaron los monitores en las semanas 2 y 8. De estos doce, seis sujetos (dos masculinos y cuatro femeninos) usaron los monitores la tercera parte de la semana 10. La presión sanguínea y la frecuencia cardiaca se registraron cada 30 min entre la medianoche y las 7 a.m., para determinar estos valores de reposo (13).

Durante las prácticas de yudo, se extrajeron muestras de sangre de la yema de los dedos, al azar, en los intervalos de 30 s entre los esfuerzos de randori; los valores de lactato en la sangre se determinaron mediante los métodos previamente descriptos. Las frecuencias cardíacas también fueron monitoreadas inmediatamente después de los combates (randori), vía palpación de la arteria carótida.

Los valores medios de la frecuencia cardíaca y de lactato fueron usados como valores de la estimación de la intensidad de entrenamiento en yudo.

Los datos fueron analizados a través de mediciones repetidas con Múltiple Análisis de Variancia a una y dos vías (MANOVA one-way and two-way). El Test de Tukey post hoc, fue aplicado cuando se diagnosticaron diferencias significativas. El nivel para establecer significancia estadística fue fijado en $p<0.05$.

RESULTADOS

El volumen de entrenamiento de resistencia diario promedió (media±SE, kg) 9.010 ± 815 (Fase I), 13.400±1.170 (Fase II), y 9.175 ±785 (Fase III). Los que desarrollaron interval mantuvieron una intensidad mayor al 90% de sus mejores marcas en la distancia durante el entrenamiento. Los ciclistas entrenaron a una resistencia constante y mantuvieron la frecuencia de pedaleo por arriba de las 80 rpm. El contenido de las prácticas de yudo fue consecuente con lo largo de las Fases I y II, con un énfasis incrementado en el trabajo sobre la esterilla y el randori en la Fase III. Durante las sesiones de yudo, los valores del lactato en la sangre promediaron 8.9±0.5 mmol/l (media ± SE), y las frecuencias cardíacas promediaron 184 ± 3 lat/min, valores que fueron 114% y 96% de los registros máximos en cinta, respectivamente.

La fuerza isokinética ejercida se incrementó significativamente ($p<0.05$), durante la Fase I (2-4 semanas), en todos los grupos musculares testeados y a todas las velocidades de test (Fig. 3). Los incrementos tuvieron un rango del 3 al 13%. No

hubo cambios significativos en ningún grupo muscular en la Fase II (4-8 semanas). La fuerza isokinética de los flexores y extensores del codo disminuyó (6-12%) durante la Fase III (9-10 semanas), comparada con el final de la Fase I (semana 4) y de la Fase II (semana 8). La fuerza isokinética de los flexores y extensores de las rodillas también disminuyó en la Fase III, dado que los valores de la 10ª semana fueron ($p<0.05$) significativamente más bajos (6-12%) que los valores al final de la Fase I (semana 4). Las comparaciones entre la 2ª semana (Fase I) y la 10ª semana (Fase III), indican valores significativamente más bajos ($p<0.05$) para los extensores del codo a todas las velocidades (4-8%), y para los extensores de la rodilla a las velocidades más bajas (8.5%). Por eso, la fuerza isokinética concéntrica se incrementó durante la Fase I (entrenamiento regular), fracasó en su tendencia de continuar mejorando en la Fase II (entrenamiento de resistencia e intervalado aumentado), y disminuyó, aún por debajo de los valores iniciales de algunos grupos musculares, en la Fase III (la de mayor volumen de entrenamiento).

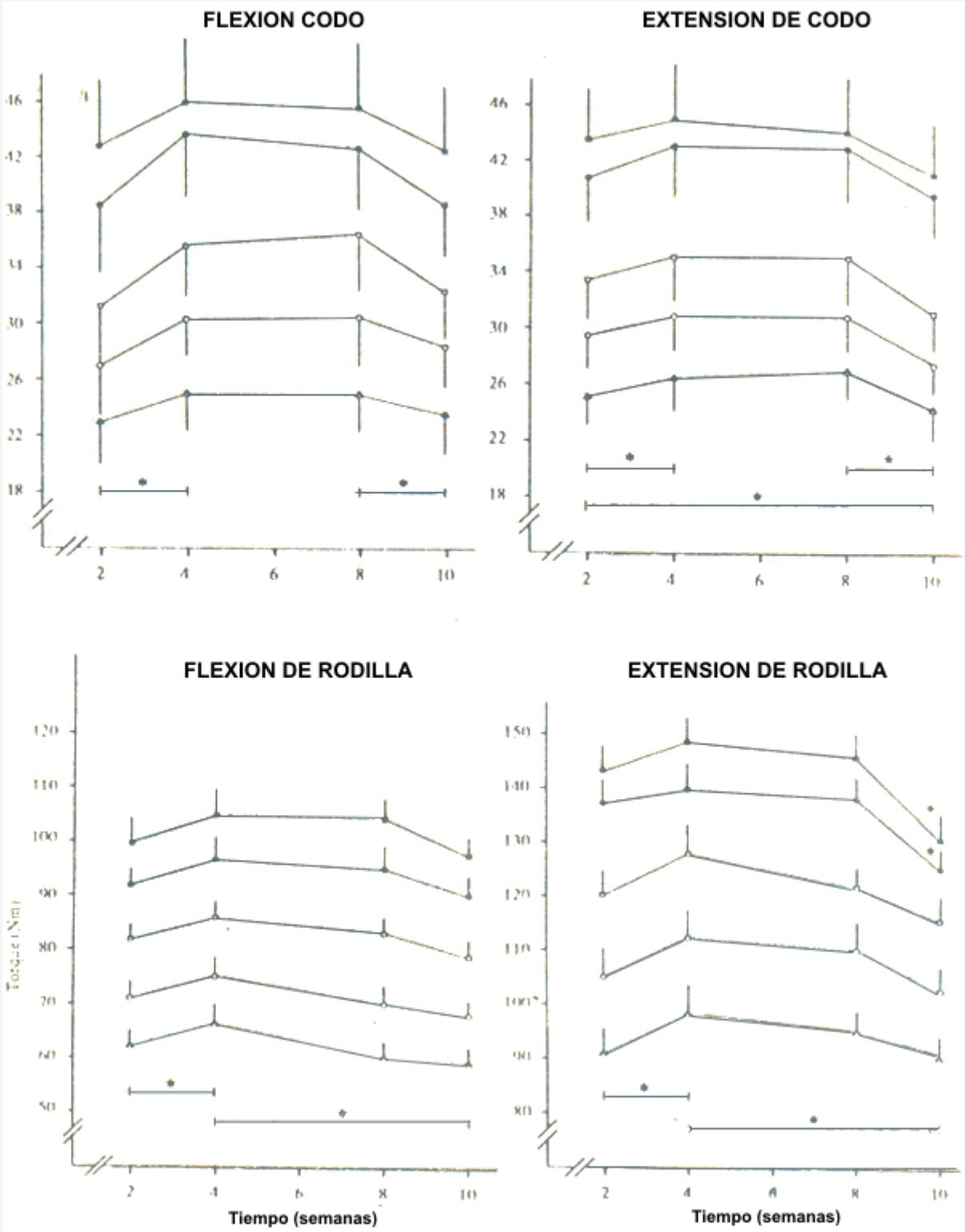

Figura 3. *Angulo pico para torque específico medido a 5 velocidades angulares en los flexores y extensores del codo y la rodilla en las semanas 2, 4, 8 y 10. Las velocidades angulares (rad/s) fueron: ,1.05; 1.57; 3.14; 4.19 y 5.24. [...*...] Diferencias significativas (p<0.05) a través del período de tiempo indicado, independientemente de la velocidad de test. (*) Diferencias significativas (p<0.05) a partir de la segunda semana a una velocidad específica. Los valores son presentados como medias±SE.*

El total de los tiempos de interval de 300 m se incrementó significativamente ($p<0.05$) durante la Fase I (1.6%; 2-4 semanas) y la Fase II (1.2%; 4-8 semanas); y no cambió en la Fase III (Fig. 4). Por ello, los tiempos de interval de 300 m se hicieron más lentos sobre el curso del estudio. No hubo cambios en el tiempo total de los sprints de 50 m en las Fases I y II (2-8 semanas), pero hubo un mejoramiento significativo (<2%) en la Fase III (8-10 semanas; Fig. 4). El salto vertical no

modificó sus valores a lo largo del estudio.

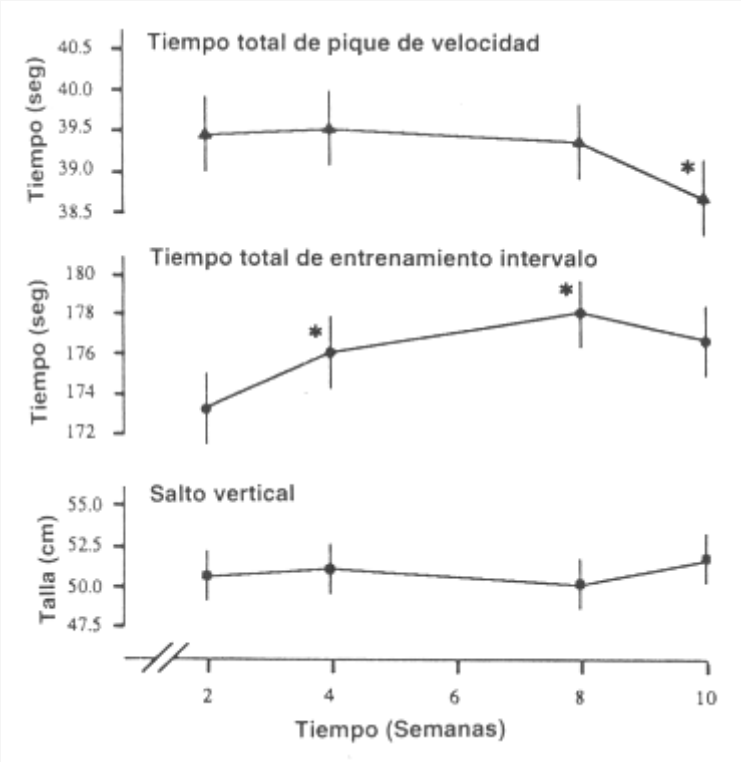

Figura 4. *Performance en tests de campo en las semanas 2, 4, 8 y 10. Los valores son medias±SE. (*) Diferencias significativas a partir de la segunda semana (p<0.05).*

El peso corporal no cambió pero el porcentaje de grasa corporal disminuyó ($p<0.05$) desde la 2ª semana a la 10ª semana (Tabla 2). El VO_2 submáximo y máximo no cambiaron durante el entrenamiento, a diferencia de como lo hicieron las frecuencias cardíacas submáxima y máxima. Los niveles de lactato en sangre luego del entrenamiento sobre cinta (5 min. post-ejercicio) no se modificaron. Tampoco se observaron cambios en los promedios de reposo (durante la noche), en la presión sistólica o diastólica, o en la frecuencia cardíaca durante el reposo (Tabla 3). Los valores son presentados para 6 sujetos que usaron los monitores tres veces, seguido por los valores de los 12 sujetos que usaron monitores, sólo durante la 2ª y 8ª semanas. No hubo diferencias en las respuestas a los tests debidas al sexo o al tipo de entrenamiento realizado, intervalado o de resistencia.

Semana	2	4	8	10
Grasa corporal (%)	13.1±1.3		12.7±1.4	12.2±1.3 *
Peso corporal (kg)	74.7±5.7	75.3±5.6	75.0±5.6	72.2±5.6
VO_2 (l/min)				
Nivel 1	2.77±0.18	2.71±0.17	2.70±0.16	2.76±0.18
Nivel 2	3.00±0.20	2.94±0.20	2.98±0.19	3.03±0.20
Nivel 3	3.20±0.22	3.15±0.21	3.17±0.21	3.22±0.21
Nivel 4	3.39±0.24	3.33±0.22	3.34±0.22	3.40±0.23
VO_2 máx.	3.98±0.31	3.90±0.27	3.81±0.25	3.93±0.26
Frecuencia cardiaca (lat./min)				
Nivel 1	153±3	154±3	155±4	155±3
Nivel 2	163±3	165±3	164±4	166±3
Nivel 3	172±3	174±3	171±3	172±3
Nivel 4	179±3	180±3	178±3	178±3
FC máx.	191±2	192±3	189±2	191±2
Lactato en sangre (mmol/l) (valor máx.)	7.8±0.4	7.7±0.3	6.9±0.4	7.7±0.7

Tabla 2. *Respuestas de las variables físicas y fisiológicas al entrenamiento. Los valores son presentados como medias±SE. (*) Significativamente diferente (p<0.05) a partir de la semana 2.*

(N= 6)	Semana 2	Semana 8	Semana 10
Presión sistólica (mm Hg)	114±6	113±5	112±4
Presión diastólica (mm Hg)	65±2	64±2	65±3
Frecuencia cardíaca (lat/min)	54±2	51±3	53±4
(N= 12)	**Semana 2**	**Semana 8**	
Presión sistólica (mm Hg)	118±3	116±3	
Presión diastólica (mm Hg)	67±2	67±3	
Frecuencia cardíaca (lat/min)	55±2	53±3	

Tabla 3. *Efectos del entrenamiento sobre la presión sanguínea (valores nocturnos de reposo) y sobre la frecuencia cardiaca. Los valores son presentados como valores medios±SE.*

DISCUSION

Las manifestaciones de muchos de los síntomas característicos del síndrome de sobreentrenamiento permiten el diagnóstico del mismo (1, 2, 5, 17, 19). El fracaso para observar las manifestaciones de estos síntomas en este estudio, sugieren que estos atletas no desarrollaron completamente el síndrome del sobreentrenamiento. Esto tal vez no sorprenda en un grupo de atletas de élite a quienes les es requerido rutinariamente, sobreentrenarse en la preparación para competiciones, y el hecho de haber logrado su "status" de élite puede, en parte, reflejar sus capacidades para tolerar estas cantidades de entrenamiento, cuando se realizan por períodos de tiempo relativamente cortos.

De todos modos sugerimos, que estos atletas han sufrido efectos adversos en la *performance*, debido a los entrenamientos realizados en este estudio, sin manifestación de estos síntomas. Como se había sugerido previamente (10), esto puede ocurrir como parte de un fenómeno de desarrollo de sobreentrenamiento, para el cual no hay una terminología adecuada o ampliamente aceptada.

Primero, deseamos establecer que estos atletas fueron sobreentrenados. Admitimos, que cualquier descripción de entrenamiento como sobreentrenamiento refleja una evaluación subjetiva; pero una revisión del entrenamiento realizado en este estudio deja pocas dudas de que los atletas fueron entrenados a su capacidad máxima o cerca de ello. Estos atletas

entrenaron 4-7 horas/día (Fases I-III), 6 d/semana, a intensidades extremadamente altas. Los volúmenes de entrenamiento de resistencia se incrementaron en un 49%, entre las Fases I y II, y fueron comparables al promedio de los volúmenes del entrenamiento diario de levantadores de pesas de élite (9). Sin embargo, este fue sólo un componente del entrenamiento de estos atletas. Las intensidades del ejercicio intervalado fueron mantenidas a un 90% de los niveles de la Fase I, a pesar del incremento en el volumen de entrenamiento. Los niveles de lactato en sangre fueron mayores luego de las sesiones de randori, que después de los tests sobre la cinta y, junto con la frecuencia cardíaca, cercanos a los valores máximos observados durante las sesiones de yudo, indicando resultados sostenidos de ejercicios de alta intensidad. Estos atletas fueron realizando una gran cantidad de entrenamiento de alta intensidad en la Fase I, y una cantidad sustancialmente mayor durante las Fases II y III. Por ello, parece justificado concluir que estos atletas fueron sobreentrenados; ej., realizando una cantidad extremadamente grande de entrenamiento intenso, que puso en serio riesgo la *performance*, comprometiéndola.

Adicionalmente, los cambios en el entrenamiento fueron rápidamente iniciados, en vez de haberlos aumentado Fase a Fase, gradualmente, incrementando el riesgo de consecuencias adversas (2).

Segundo, deseamos examinar el impacto de este entrenamiento sobre la *performance*, ya que este aspecto del sobreentrenamiento es de primaria importancia para los atletas de élite. Una limitación de estudiar un deporte como el yudo es que el impacto del entrenamiento sobre una *performance* del deporte específico es difícil de cuantificar. Tenemos sólo la evaluación subjetiva del entrenador, de que la *performance* durante la sesión de entrenamiento en yudo, fue menor. Por ello, una cantidad de aspectos diferentes de la *performance* se examinaron, objetivamente, para indagar una respuesta al sobreentrenamiento, y algunos de estos aspectos de *performance* fueron adversamente afectados.

La fuerza isokinética se mejoró cuando el volumen de entrenamiento fue más bajo, sugiriendo un estímulo efectivo del entrenamiento durante la Fase I; sin embargo, el tiempo total en 300 m resultó apenas más lento durante este tiempo. En la Fase II, al haberse incrementado el volumen de entrenamiento, observamos un fracaso en obtener ganancias ulteriores en la fuerza y en la mejoría ulterior en los tiempos de 300 m. Ambas respuestas sugieren un efecto adverso del entrenamiento. La disminución en la fuerza isokinética en los cuatro grupos musculares, y a través de todas las velocidades testeadas en la Fase III, sugieren que el impacto más grande de sobreentrenamiento se sintió en esta Fase. Esto puede ser debido a: a) el efecto acumulativo de fatiga de sobreentrenamiento en la Fase II y III; b) el incremento ulterior en el volumen de entrenamiento, que es la cantidad total del entrenamiento realizado, fue mayor en la Fase III; o c) una combinación de estos efectos.

También podría sugerirse que la cantidad total de entrenamiento y duración del sobreentrenamiento, fueron factores más críticos que el tipo específico de entrenamiento realizado.

Aunque la *performance* de fuerza máxima repetida durante el entrenamiento de resistencia no disminuyó notablemente en la Fase III, tampoco hubo una tendencia a mostrar un mejoramiento, a pesar de la reducción en el volumen del entrenamiento de resistencia. Esto podría ser indicativo de una respuesta adversa de sobreentrenamiento. La diferencia entre esta falla para mejorar y el decrecimiento de la fuerza, isokinéticamente determinada, puede representar una diferencia entre el efecto de este sobreentrenamiento sobre la fuerza máxima ejercida y sobre esfuerzos musculares repetidos, o resistencia muscular.

No todos los aspectos de la *performance* fueron afectados simultáneamente o en el mismo grado. La capacidad para el salto vertical no se vio afectada a lo largo de todo el estudio. El total de la *performance* de intervalos de 50 m no cambió en las Fases I y II, y tuvo tendencias a mejorar en la Fase III, aún cuando el total del volumen de entrenamiento fue el más alto. El mejoramiento en la *performance* de 50 m puede haber reflejado el cambio para distancias de entrenamiento intervalado más cortas, pero interesantemente, esta mejoría no se limitó por el incremento en el volumen total de entrenamiento. Algunos aspectos de la *performance* tales como la fuerza, pueden ser más sensibles para los efectos agudos de la fatiga de sobreentrenamiento que otros.

Muchos de los síntomas que han sido tradicionalmente usados para diagnosticar el síndrome de sobreentrenamiento fueron monitoreados en este estudio. Un propósito fue el de determinar si el estado de decaimiento podría ser inducido en este relativamente corto período de tiempo. Como se ha manifestado anteriormente, se desarrollaron síntomas insuficientes para suscribir esta conclusión. Una segunda meta fue la de examinar la factibilidad de usar cualquiera de estos síntomas para la detección del sobreentrenamiento (2, 7, 16, 18, 20). En estudios previos donde los cambios fueron observados, las evaluaciones se basaron generalmente en una o dos mediciones diarias. En este estudio, usando monitores ambulatorios, los valores fueron determinados por 12 mediciones en períodos de 7h., durante reposo prolongado (durmiendo). No se observaron cambios en estas variables. Sin embargo, sentimos que esta es una medida más confiable de los valores de reposo; es posible que los valores diurnos fueran elevados, mientras que durante la noche no lo fueron. Ningún estudio previo de sobreentrenamiento ha examinado los valores de reposo de esta manera. El consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca para intensidades submáximas de ejercicio pueden incrementarse en respuesta al

sobreentrenamiento, mientras que el consumo máximo de oxígeno y los valores de lactato en la sangre pueden disminuir (4, 20). No se observaron cambios significativos en este estudio. Esto no significa que estas variables son indicadores ineficaces de fatiga, pero sugieren que ellas son síntomas que se manifiestan, tardíamente, en el desarrollo de un estado de sobreentrenamiento para lograr una efectiva prevención de algunos efectos sobre la *performance*.

El peso corporal y la grasa corporal pueden disminuir en los atletas sobreentrenados (8, 18, 20). El peso del cuerpo fue constante mientras que la grasa corporal disminuyó durante el curso de este estudio. Es difícil concluir que la disminución de la grasa corporal, con un peso corporal estable, es un efecto adverso en sujetos que compiten en clases por peso, porque ninguno tuvo niveles patológicamente bajos de grasa corporal. La pérdida de la grasa corporal puede, de todos modos, ser un indicador temprano de una respuesta de sobreentrenamiento, como ha sido sugerido (2, 17, 19).

Es posible que los síntomas fisiológicos que un atleta desarrolla, sean específicos para el tipo de entrenamiento o evento. Por ello, los atletas que realizan predominantemente actividades anaeróbicas podrían exhibir síntomas diferentes de aquellos de eventos de resistencia. Se ha sugerido que atletas explosivos, del tipo de “no resistencia” tales como los yudocas, desarrollan síntomas del tipo simpático (ej., incremento en la frecuencia cardíaca de reposo, de la presión sanguínea y de la pérdida de peso), mientras que los atletas de resistencia desarrollan síntomas parasimpáticos (ej., bajas frecuencias cardíacas de reposo, pobres *performances*, y recuperación rápida de la frecuencia cardíaca luego del ejercicio) (17), pero estudios recientes de atletas de resistencia sobreentrenados han observado síntomas del tipo simpático (1, 2, 7, 22). Ninguno de estos perfiles sintomáticos fue evidente entre los sujetos de este estudio. Muy pocos estudios recientes han examinado deportes anaeróbicos; de todos modos, es todavía posible que los atletas que realizan actividades predominantemente anaeróbicas, desarrollen otros síntomas que aquellos descriptos hasta la actualidad.

La variabilidad individual en la incidencia en un síntoma específico también ha sido observada (1, 2, 17, 20, 22). En este estudio, de todos modos, ningún atleta individual exhibió ni siquiera un perfil parcial de síntomas coherentes con el síndrome de sobreentrenamiento, como se describió corrientemente. Además, el entrenador no fue capaz de determinar subjetivamente, un subgrupo de atletas con una alteración particular.

Costill et al. (4) y Kirwan et al. (16), recientemente, completaron un estudio de nadadores quienes duplicaron de repente el volumen de entrenamiento. Su modelo de sobreentrenamiento fue similar (a pesar de su corta duración de 10 d) al modelo usado en este estudio, pero no encontraron que la performance fuera afectada en forma adversa. Esto puede reflejar diferencias en la duración de las Fases de sobreentrenamiento, esto es 10 días comparados con 6 semanas.

Al considerarlos juntos, el sobreentrenamiento realizado en estos estudios, tuvo un pequeño efecto adverso sobre atletas en buen estado fisiológico. En contraste, sobreentrenamientos de muy corta duración pueden no afectar la *performance* (4, 16), mientras que un periodo más prolongado de sobreentrenamiento puede desmejorarla. La *performance* puede ser afectada antes de que los síntomas físicos aparezcan. Por eso, monitorear atletas para los síntomas examinados en este estudio, probablemente, es inefectivo para detectar efectos tempranos de sobreentrenamientos. La selección de variables de *performance* específicas para monitorear, también parece ser importante, ya que algunas pueden ser susceptibles al sobreentrenamiento que otras. En este estudio se vio mayormente afectada la fuerza, aunque tal vez se halla debido a la gran cantidad de entrenamiento anaeróbico. Otros aspectos de la *performance* pueden ser más susceptibles en otros programas de entrenamiento. También es importante que estas variables sean relacionadas estrechamente, a los eventos competitivos de los atletas. En este estudio, aunque la fuerza isokinéticamente determinada y la *performance* de 300 m intervalados declinaron, otras mediciones de *performance* no se vieron desmejoradas. Por lo tanto no podemos estar seguros que la *performance* de yudo fuera adversamente afectada.

Ni la incidencia del sobreentrenamiento ni el síndrome, son conocidos precisamente. Hay una percepción ampliamente divulgada que el sobreentrenamiento es cada vez más común y, quizás, aún necesario para el éxito (2, 19). Se ha sugerido que el síndrome es raro (5). Estas visiones de alguna manera diferentes no son necesariamente incompatibles. Hasta hoy, ha habido una tendencia a tolerar y aún a alentar el sobreentrenamiento (19), siempre y cuando el estado de síndrome sea evitado. Los resultados de este estudio sugieren que el sobreentrenamiento “per se” (por sí mismo), puede tener efectos perjudiciales sobre la *performance*, sin el desarrollo de otros síntomas de debilitamiento.

Para finalizar, la conciencia de esta posibilidad necesita ser reconocida cuando se consideran, deliberadamente, estrategias de sobreentrenamiento.

Desafortunadamente, las respuestas al sobreentrenamiento tales como las observadas en este estudio, pueden ser dispersas, precisamente, porque no hay síntomas obvios para alertar al atleta. Esto puede ser particularmente verdad en deportes donde la *performance* es difícil de cuantificar, y es posible que por otro lado, pérdidas competitivas inexplicables o aún temporadas sin éxito puedan deberse al sobreentrenamiento. Este estudio tuvo particular relevancia para los atletas que participaron en el. Ellos se prepararon rutinariamente para la competición, incrementando los entrenamientos de yudo a dos sesiones por día, durante las dos semanas inmediatamente anteriores a la competición (como lo simulado en la Fase III de este estudio); los sujetos no adelgazaron como podría haberse esperado. En este estudio, aparece justificado

describir el entrenamiento realizado como sobreentrenamiento, y algunos aspectos de la *performance* que fueron adversamente afectados como una consecuencia. Por eso, hay una razón para estar preocupados, porque los atletas puedan estar limitando sus ganancias de *performance* al entrenarse de esta manera. Aunque las manifestaciones de los síntomas del síndrome de sobreentrenamiento puedan alentar a los atletas de las consecuencias del sobreentrenamiento, la falta de manifestación de los síntomas no debe considerarse como una seguridad de que el sobreentrenamiento no es perjudicial para la *performance*. Finalmente, los atletas de élite pueden ser sorprendentemente capaces de realizar y aún tolerar múltiples formas de volumen de entrenamiento sobrecargado de modesta duración, ya que la mayoría de los estudios de sobreentrenamiento han sido sorprendentemente cortos. Por eso, la duración del sobreentrenamiento puede ser un factor importante a considerar en futuros estudios, dirigidos a investigar las respuestas al sobreentrenamiento.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los atletas de yudo de Centro Olímpico de los Estados Unidos y del Instituto Nacional de Yudo de Colorado Springs, por su colaboración y participación. También agradecemos a Brenda Conkel y a Beth Harper por su asistencia.

Este trabajo fue desarrollado con una subvención del Consejo de Investigaciones del Comité Olímpico de Estados Unidos.

REFERENCIAS

1. Barron, J.L., T.D. Noakes, W. Levy, C. Smith, nd R.P. Millar (1985). Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *J. Clin. Endocrinol. Metab. 60: 803-806*
2. Brown, R.L., E.C. Frederick, H.L. Falsetti, E.R. Burke, and A.J. Ryan. Overtraining of athletes (1983). A round table. Physician Sportsmed. *11: 93-110*
3. Caiozzo, V.J., J.J. Perrine, and V.R. Edgerton (1981). Training-induced alterations of the in vivo force-velocity relationship of human muscle. *J. Appl. Physiol. 51: 750-754*
4. Costill, D.L., M.G. Flynn, J.P. Kirwan, Et Al (1988). Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 20: 249-254*
5. Dragan, I (1978). Overtraining. *In: Basic Book of Sports Medicine. Lausanne: International Olympic Committee, pp. 305-310*
6. Dressendorfer, R.H. and C.E. Wade (1983). The muscular overuse syndrome in long-distance runners. *Physician Sportsmed. 11: 116-130*
7. Dressendorfer, R.H., C.E. Wade, and J.H. Scaff (1985). Increased morning heart rate in runners: a valid sign of overtraining?. *Physician Sportsmed. 13: 77-86*
8. Foster, C., M. Pollock, P. Farrell, M. Maksud, J. Anholm, and J. Hare (1982). Training responses of speed skaters during a competitive season. *Res. Q. 55: 243-246*
9. Hakkinen, K., A. Pakarimen, M. Alen, H. Kauhanen, and P.V. Komi (1987). Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *Int. J. Sports Med. 8: 61-65*
10. Hanne-Papero, M (1983). Overtraining in athletes. *Olympic Rev. 194: 829-832*
11. Jackson, A.S. and M.L. Pollock (1978). Generalized equations for predicting body composition of men. *Br. J. Nutr. 40: 497-504*
12. Jackson, A.S., M.L. Pollock, and A.Ward (1980). Generalized equations for predicting body composition of women. *Med. Sci. Sports Exerc. 12: 175-182*
13. James, G.D., T.G. Pickering, L.S. Yee, G.A. Harshfield, S. Riva, and J.H. Laragh (1988). The reproducibility of average ambulatory home and clinic pressures. *Hypertension 11: 545-549*
14. Karpovich, P.V (1965). Fatigue and staleness. *In: Physiology of Muscular Activity. Philadelphia: W.B. Saunders Company, pp. 199-207*
15. Kereszty, A (1971). overtraining. *In: Encyclopedia of Sport Sciences and Medicine, L.A. Larson and D.E. Hermann (Eds.). New York: Macmillan Publishing Co., pp. 218-222*
16. Kirwan, J.P., D.L. Costill, M.G. Flynn, Et Al (1988). Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc. 20: 255-259*
17. Kuipers, H. and H.A. Keizer (1988). Overtraining in elite athletes. *Sports Med. 6: 79-92*
18. Mellerowicz, H. and D.K. Barron (1971). Overtraining. *Larson and D.E. Hermann (Eds.). New York: Macmillan Publishing Co., pp. 1310-1312*
19. Nilsson, S (1986). Overtraining. *In: Scandinavian Conference in Sport Medicine, 2, Oslo*
20. (1987). An Update on Sports Medicine. *S. Haehlum, S. Nilsson, and P. Renstrom (Eds.). Strommen: Syntex, pp. 97-104*
21. Parmenter, D.C (1923). Some medical aspects of the training of college athletes. *Boston Med. Surg. J. 189: 45-50*
22. Wishnitzer, R., A. Berrebi, N. Hurwitz, E. Vorst, and A. Eliraz (1986). Decreased cellularity and hemosiderin of the bone marrow in healthy and overtrained competitive distance runners. *Physician Sportsmed. 14: 86-100*
23. Wolf, J., G (1971). Staleness. *In: Encyclopedia of Sport Sciences and Medicine, L.A. Larson and D.E. Hermann (Eds.). New York: Macmillan Publishing Co., pp. 1048-1050*

24. Wolf, W (1961). A contribution to the question of overtraining. *In: Health and Fitness in the Modern World. (Conference in Rome) Chicago: The Athletic Institute, pp. 291-301*

Cita Original

Robin Callister, Robert J. Callister, Steven J. Fleck, y Gary A. Dudley. Respuestas Fisiológicas y del Rendimiento Generadas por Sobreentrenamiento en Yudocas de Nivel Elite. Reproducido del artículo original publicado en Medicine and Science in Sports and Exercise, Vol. 22, No. 6, pp. 816-824, 1990.