

Efectos a corto plazo en variables cardiorrespiratorias de 2 programas de entrenamiento de fuerza prescribiendo intensidad de ejercicio con la RPE

Short-term effects of cardiorespiratory parameters on 2 resistance training programs prescribing exercise intensity through the RPE

José Luis Maté-Muñoz¹, Emanuele Isidori², Manuel Vicente Garnacho-Castaño³

¹ Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Alfonso X el Sabio. España.

² Facoltà di Scienze Motorie. Università di Roma "Foro Italico". Italia.

³ Departamento de Fisiología e Inmunología. Universidad de Barcelona. España.

CORRESPONDENCIA:

José Luis Maté-Muñoz

jmatmuo@uax.es

Recepción: octubre 2013 • Aceptación: octubre 2014

Resumen

El objetivo del estudio fue calcular las variables cardiorrespiratorias comparando un programa de entrenamiento de fuerza tradicional en condiciones estables con otro programa de fuerza en condiciones inestables, prescribiendo la carga de entrenamiento a partir de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo. Se llevó a cabo un diseño aleatorio con grupo control asignando 36 hombres sanos a dos grupos experimentales ($n = 24$) y a un grupo control ($n = 12$), realizando dos entrenamientos de fuerza en circuito (ejercicios de fuerza con pesos libres y máquinas de musculación y ejercicios en BOSU® y TRX®). Los programas de fuerza duraron 7 semanas (3 sesiones por semana), midiendo las variables cardiorrespiratorias en un test de esfuerzo incremental pre y post entrenamiento. Para los valores de umbral ventilatorio 1, los resultados indicaron una reducción significativa de la frecuencia cardíaca después del período de entrenamiento tanto en el factor Tiempo ($F = 12,777$; $p < 0,01$) como en la Interacción ($F = 4,718$; $p = 0,016$), sin encontrar significación estadística entre los tres grupos ($F = 1,279$; $p = 0,293$). También se redujo significativamente el consumo de oxígeno a primer umbral, siendo esta disminución más acentuada en el grupo tradicional ($F = 5,401$; $p = 0,027$). Por tanto, se concluye que los valores de las variables cardiorrespiratorias después de 7 semanas de entrenamiento de fuerza en diferentes condiciones (estabilidad e inestabilidad) y, prescribiendo las cargas de entrenamiento a través de la RPE, son similares.

Palabras clave: plataformas inestables, umbral ventilatorio, consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca.

Abstract

The aim of this study was to assess cardiorespiratory parameters by comparing a traditional strength training program under stable conditions with another unstable strength training program, prescribing training load from perceived exertion. A randomized control trial was performed by 36 healthy men assigned to two experimental groups ($n = 24$) and one control group ($n = 12$). One experimental group (or was it both? – it is not clear what the difference in programme was for both experimental groups) performed a strength circuit training program, (strength training with free weights and weight machine exercises along with exercises with BOSU® and TRX®), Strength programs lasted 7 weeks (3 sessions per week), measuring cardiorespiratory variables with an incremental exercise test before and after training. For the ventilatory threshold 1 values, the results indicated a significant reduction in heart rate after the training period in both the time factor ($F = 12.777$, $p < 0.01$) and the interaction ($F = 4.718$, $p = 0.016$), with no statistical significance between the three groups ($F = 1.279$, $p = 0.293$). A significantly reduced oxygen consumption to ventilatory threshold was also shown, this decrease being more pronounced in the traditional group ($F = 5.401$, $p = 0.027$). Therefore, it is concluded that the values of the cardiorespiratory variables after 7 weeks of strength training in different conditions (stable and unstable) and prescribing training loads through the RPE are similar.

Key words: unstable surfaces, ventilatory threshold, oxygen consumption, heart rate.

Introducción

Los programas de entrenamiento de fuerza en condiciones de estabilidad son una excelente metodología para mejorar la fuerza, potencia y la resistencia muscular (Hass, Feigenbaum, & Franklin, 2001; Kraemer et al., 2002; Kraemer & Ratamess, 2004), aunque existen pocos estudios científicos sobre programas de entrenamiento de fuerza en condiciones de inestabilidad. El objetivo de las primeras investigaciones relacionadas con entornos inestables fue dirigido a comprobar los niveles de fuerza y de activación muscular en un mismo ejercicio (condiciones de estabilidad e inestabilidad) (Anderson & Behm, 2004; Behm, Anderson, & Curnew, 2002; McBride, Cormie, & Deane, 2006). Las principales conclusiones mostraron niveles de actividad muscular similares. En el trabajo publicado por Behm et al. (2002), incluso los niveles de actividad muscular en los músculos antagonistas y sinergistas se incrementaron en un 29,1% y un 30,3% respectivamente, indicando que esa mayor actividad muscular en los ejercicios realizados en condiciones de inestabilidad probablemente contribuya a una mayor estabilización articular, no siendo tan efectiva en el desarrollo de fuerza muscular.

Existen sólo unos pocos trabajos que comparen los efectos de programas de entrenamiento de fuerza, realizados en condiciones de estabilidad e inestabilidad midiendo equilibrio, fuerza, potencia y rendimiento funcional (Cowley, Swensen, & Sforzo, 2007; Cressey, West, Tiberio, Kibele & Behm, 2009; Kraemer, & Maresh, 2007; Sparkes & Behm, 2010). Sin embargo, no hay estudios que comparen los efectos del entrenamiento de fuerza en estos dos tipos de condiciones en variables cardiorrespiratorias: consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}), umbral anaeróbico, frecuencia cardíaca (FC), ventilación (VE), etc., teniendo en cuenta que algunos estudios demuestran que programas de fuerza tradicionales en personas sedentarias tienen efectos cardiovasculares similares a actividades de resistencia como andar, correr o trotar (Kaikkonen, Yrjämä, Siljander, Byman, & Laukkanen, 2000; Hautala et al., 2006). Otros trabajos documentan que el entrenamiento de fuerza no es estímulo eficaz para la mejora del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) (Hurley et al., 1984; Dudley, 1988), a no ser que sean personas sedentarias o de baja capacidad funcional. En relación a este aspecto, una de las metodologías utilizadas en los programas de fuerza es el entrenamiento en circuito. El entrenamiento en circuito se define como la combinación de diversos ejercicios anaeróbicos realizados consecutivamente, con periodos de recuperación muy cortos o inexistentes, para lograr un efecto

de entrenamiento cardiovascular (Hall & Brody, 2005; McArdle, Katch, & Katch, 2001).

Teóricamente, los objetivos son aumentar la fuerza muscular, la resistencia y el fitness cardiorrespiratorio (O'Shea, 1987; Simonson, 2010). Utilizando cargas ligeras y mínimos tiempos de recuperación se producen incrementos del VO_{2max} , máxima ventilación pulmonar, capacidad funcional y fuerza, mientras se reduce la grasa corporal mejorando la composición corporal (Harber, Fry, Rubin, Smith, & Weiss, 2004; Camargo et al., 2008; Monteiro et al., 2008). Sin embargo, otros estudios llegan a la conclusión de que el entrenamiento en circuito tradicional incrementa los niveles de fuerza y desarrolla muy poco la máxima capacidad aeróbica (Gettman, Ayres, Pollock, Durstine, & Grantham, 1979; Gotshalk, Berger, & Kraemer, 2004; Paoli et al., 2010; Waller, Miller, & Hannon, 2011), siendo una metodología muy adecuada para el incremento de la fuerza y generando bastante controversia con respecto al desarrollo del rendimiento aeróbico.

Por otro lado, un factor esencial para conseguir los objetivos en un programa de entrenamiento, bien sea bajo condiciones de estabilidad o inestabilidad, depende de una correcta prescripción del ejercicio, mediante el control de los componentes de la carga (frecuencia de entrenamiento, intensidad, volumen, etc.) (Wernbom, Augustsson, & Thomeé, 2007). Varios estudios han informado que las sobrecargas son esenciales para alcanzar adaptaciones al entrenamiento (Behm, 1995; Fleck & Kraemer, 1997; Stone & O'Bryant, 1987; Tan, 1999). En programas de fuerza tradicionales con resistencias, es común utilizar una intensidad a partir del 40% del 1 repetición máxima (1RM) (Behm, 1995; Tan, 1999), estableciendo la intensidad del ejercicio como la masa o el peso a movilizar (Kraemer & Koziris 1992). Sin embargo, en muchos de los ejercicios donde se utilizan aparatos que producen inestabilidad, las cargas o estímulos aplicados serán con el peso corporal, generando situaciones en las que sea necesaria la intervención del equilibrio (Hernando-Castañeda, Cañadas, & Barrejón, 2009), aumentando los requerimientos de estabilización activa que potencia la actividad propioceptiva y las demandas del control neuromuscular (Isidro, Heredia, & Chulvi, 2007).

En este tipo de ejercicios la intensidad dependerá del grado de inestabilidad causada por los aparatos y las posiciones corporales, lo que conlleva una dificultad añadida a la hora de prescribir objetivamente la intensidad y/o el volumen de los estímulos. Una posibilidad para controlar la magnitud del esfuerzo realizado en condiciones de inestabilidad podría ser mediante el ratio de esfuerzo percibido (RPE) (Borg, 1970), medido por una escala numérica (de 1 a 10) al final de

cada ejercicio y al concluir la sesión de entrenamiento (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004). Esta metodología ha demostrado ser efectiva para el control de la intensidad en los ejercicios con resistencias en condiciones de estabilidad (Lagally, McCaw, Young, Medema, & Thomas, 2004, O'Connor, Poudevigne, & Pasley, 2002), especialmente si es compatible con los principios que rigen el aumento de carga progresiva (Baechle & Earle, 2008).

Por tanto, el objetivo de nuestro estudio fue comparar un programa de entrenamiento de fuerza en circuito en condiciones de inestabilidad, con un programa de entrenamiento de fuerza en circuito con resistencias en condiciones de estabilidad, pautando las cargas de trabajo con la RPE para ver si las mejoras producidas en las variables cardiorrespiratorias son similares en ambos programas de entrenamiento. Se hipotetiza que ante diferentes tipos de ejercicios de fuerza, todas las variables cardiorrespiratorias analizadas en este estudio tenderán a igualarse después de 7 semanas de entrenamiento.

Método

Diseño experimental

Para evaluar los efectos en las variables cardiorrespiratorias [$VO_{2\text{máx}}$, frecuencia cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$), tasa de intercambio respiratorio máximo ($RER_{\text{máx}}$), consumo de oxígeno a umbral ventilatorio 1 y 2 (VO_2 a VT_1 , VO_2 a VT_2), frecuencia cardíaca a umbral ventilatorio 1 y 2 (FC a VT_1 , FC a VT_2), ventilación pulmonar a umbral ventilatorio 1 y 2 (VE a VT_1 , VE a VT_2), equivalente ventilatorio de oxígeno a umbral ventilatorio 1 y 2 ($VE \cdot VO_2^{-1}$ a VT_1 , $VE \cdot VO_2^{-1}$ a VT_2), tasa de intercambio respiratorio a umbral ventilatorio 1 y 2 (RER a VT_1 , RER a VT_2)] en dos programas de entrenamiento a corto plazo, utilizando la escala subjetiva del esfuerzo (Escala de Borg) para prescribir la intensidad del ejercicio, realizamos una prueba aleatoria con grupo control, en la que 36 hombres activos e inexpertos en entrenamientos de fuerza fueron asignados al azar a 2 grupos experimentales ($n = 24$), y a un grupo control (GC) ($n = 12$). Hasta el comienzo de los programas de entrenamiento, ninguno de los participantes sabía a qué grupo iba a ser asignado, evitando el sesgo de selección y contribuyendo a la homogeneización de la muestra. Ambos grupos experimentales realizaron un programa de entrenamiento de fuerza en circuito involucrando miembros superiores e inferiores, utilizando en uno de ellos ejercicios tradicionales y en el otro, ejercicios en condiciones de inestabilidad 3 días por semana durante 7 semanas.

Participantes

Treinta y seis estudiantes de la facultad de ciencias de la actividad física y el deporte participaron en el estudio. El primero de los dos grupos experimentales realizó un programa de entrenamiento de fuerza con bases inestables y de suspensión (GI), asignándole la mitad de los sujetos (12 hombres: $21,5 \pm 3,03$ años, $75,7 \pm 9,2$ kg, $177,7 \pm 5,1$ cm). Al segundo grupo se le asignó el resto de sujetos (12 hombres: $21,8 \pm 1,1$ años, $71,8 \pm 6,5$ kg, $178,4 \pm 5,4$ cm), desarrollando un programa de entrenamiento de fuerza tradicional con resistencias (pesos libres, y máquinas de musculación (GT). El grupo control (GC) lo formaron 12 hombres: $22,3 \pm 2,4$ años, $75,4 \pm 9,9$ kg, $176,4 \pm 7,1$ cm. No se hallaron diferencias significativas entre grupos en las variables descriptivas de edad, peso, talla en los tests iniciales. Además, hubo homogeneidad de varianzas aplicando la prueba de Levene. Todos ellos eran sanos y activos (realizaban actividad física un mínimo 2-3 veces por semana) y ninguno de ellos era deportista de élite. Alguno de los sujetos había tenido una mínima experiencia en el entrenamiento con pesos libres y máquinas de musculación y ninguno de ellos había entrenado nunca con bases inestables. Todos los estudiantes que participaron en el estudio eran activos, participando en modalidades deportivas como fútbol, baloncesto, tenis, balonmano, ciclismo, atletismo y voleibol de forma amateur. Antes del estudio se les informó de todas las pruebas a realizar y todos ellos firmaron el consentimiento informado. Durante la intervención del programa de entrenamiento, todos los sujetos se abstuvieron de participar en otras actividades de ejercicio o entrenamientos de fuerza, resistencia y/o flexibilidad. El estudio fue aprobado por el comité ético del Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad, siguiendo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki.

Tests cardiorrespiratorios máximos

Tanto los test iniciales (PRE) como los test finales (POST) tuvieron una duración de una semana, siendo ambas pruebas rigurosamente idénticas y realizadas por los mismos investigadores. Durante las 2 horas previas a los test solo bebieron agua, absteniéndose de comer e ingerir bebidas con cafeína.

Todos estos test se realizaron en el laboratorio de fisiología del ejercicio. A todos los participantes se les practicó un electrocardiograma en reposo y tras 10 minutos de calentamiento, realizaron un test incremental en rampa hasta la extenuación en un tapiz rodante (TechnoGym, Runrace, Forli, Italy) con una velocidad inicial de $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ y un aumento de la carga de $0,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

cada 30 segundos. Durante todos los tests, los datos del intercambio respiratorio fueron recolectados por un analizador *respiración a respiración* (Vmax spectra 29, Sensormedics Corp., Yorba Linda, California, USA) para determinar su $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, VE, equivalente ventilatorio de oxígeno ($\dot{V}E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$), equivalente ventilatorio de dióxido de carbono ($\dot{V}E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$), tasa de intercambio respiratorio (RER), presión parcial de oxígeno *end tidal* y de dióxido de carbono ($P_{\text{ET}}O_2$ y $P_{\text{ET}}CO_2$ respectivamente). VT_1 y VT_2 fueron también identificados. Los criterios usados para determinar los tests máximos fueron que hubiese una fase *plateau* en el $\dot{V}O_2$ con un incremento menor a $1,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ entre intervalos de 30 segundos, una RER por encima de 1,1 y una FC igual a la máxima teórica (Baron et al., 2003). El $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ fue recogido como el valor más alto de consumo de oxígeno en un intervalo de 30 segundos a lo largo del test incremental. El VT_1 fue determinado como la carga de trabajo correspondiente a un incremento tanto en $\dot{V}E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$ y en la $P_{\text{ET}}O_2$, sin un aumento concomitante del $\dot{V}E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$, mientras que la determinación del VT_2 se realizó cuando se produjo un incremento tanto en el $\dot{V}E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$ como en el $\dot{V}E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ (Davis, 1985; Lucía, Hoyos, Pérez, & Chicharro, 2000; Meyer, Lucía, Earnest & Kinderman, 2005; Pérez et al, 2006). Dos investigadores de forma independiente determinaron VT_1 y VT_2 . Si no había coincidencia entre ambos, se consideraba la opinión de un tercer investigador. Además, se obtuvo mediante registro telemétrico, con un transmisor colocado en el pecho que enviaba los datos a un receptor portátil (RS-800CX, Polar Electro OY; Kempele, Finland), la frecuencia cardiaca cada 5 segundos durante toda la prueba. La $FC_{\text{máx}}$ fue registrada como el mayor valor obtenido en el test incremental.

Programas de entrenamiento

Dos programas de entrenamiento de resistencia a la fuerza se realizaron tanto en miembros superiores como inferiores. El inicio de los programas de entrenamiento comenzó una semana después de haber realizado las pruebas PRE. Tras la finalización de los programas de entrenamiento, y descansar 5 días, comenzaron las pruebas POST. Los programas de entrenamiento tuvieron una duración de 7 semanas, realizando 3 sesiones semanales. En total, 21 sesiones de 45-65 minutos de duración. Se tomó asistencia diaria excluyendo a todo aquel participante que faltase a más de 2 sesiones, es decir, aproximadamente un 10% del total, disminuyendo el GT en dos personas, integrándolo finalmente 10 sujetos.

Para minimizar la influencia de un posible efecto de aprendizaje en la mejora de la técnica y de la coordina-

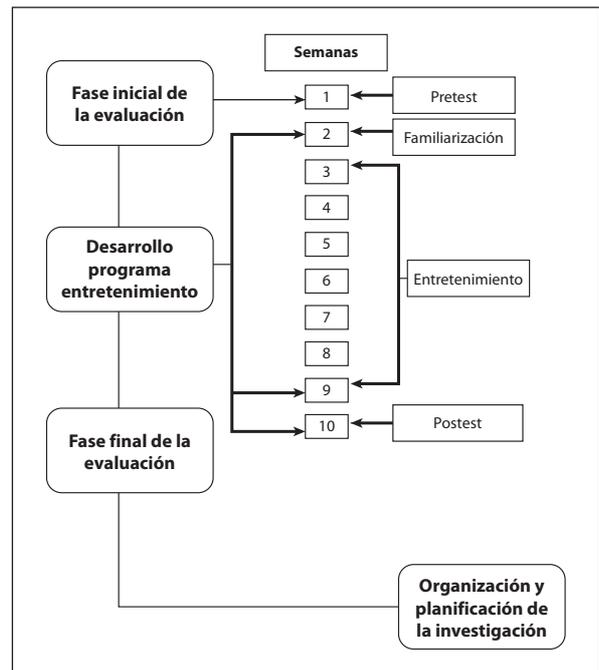


Figura 1. Organización y planificación del diseño de la investigación.

ción, debido a que sólo unos pocos sujetos tenían alguna experiencia con pesas y máquinas de musculación, y ninguno con aparatos de inestabilidad, se inició un período de familiarización de 1 semana, con 3 sesiones separadas entre sí por un día de descanso (Figura 1).

Dos rutinas diferentes fueron alternadas cada semana en ambos programas de entrenamiento (Figuras 2 y 3). Cada sesión de entrenamiento en circuito estaba compuesta de 8 ejercicios ejecutados alternativamente. Los ejercicios de ambos programas fueron elegidos para trabajar los mismos grupos musculares en movimientos similares (Tabla 1). De cada ejercicio, los sujetos realizaron 3 series de 15 repeticiones. Todos los participantes indicaron su percepción subjetiva del esfuerzo con la Escala de Borg (RPE) (CR-10) al terminar cada serie de ejercicio, así como al final de la sesión de entrenamiento (Borg, 1970).

El incremento de la carga fue gradualmente pautado durante todo el programa de entrenamiento por uno de los investigadores en función del esfuerzo percibido la semana anterior. El grado de intensidad se cuantificó a través de la Escala de Percepción subjetiva del Esfuerzo de Borg (RPE) (utilizando la escala de Borg de 0 a 10). Si los participantes percibían en un ejercicio 10 sobre 10 era porque el esfuerzo subjetivo era máximo. Por tanto, no se les aumentaba el grado de inestabilidad. A medida que se iba reduciendo el esfuerzo percibido a través de un valor numérico en la RPE, se incrementaba la intensidad a partir de cambios en las posiciones o generando más inestabilidad introduciendo el BOSU® y/o el TRX®. En las dos

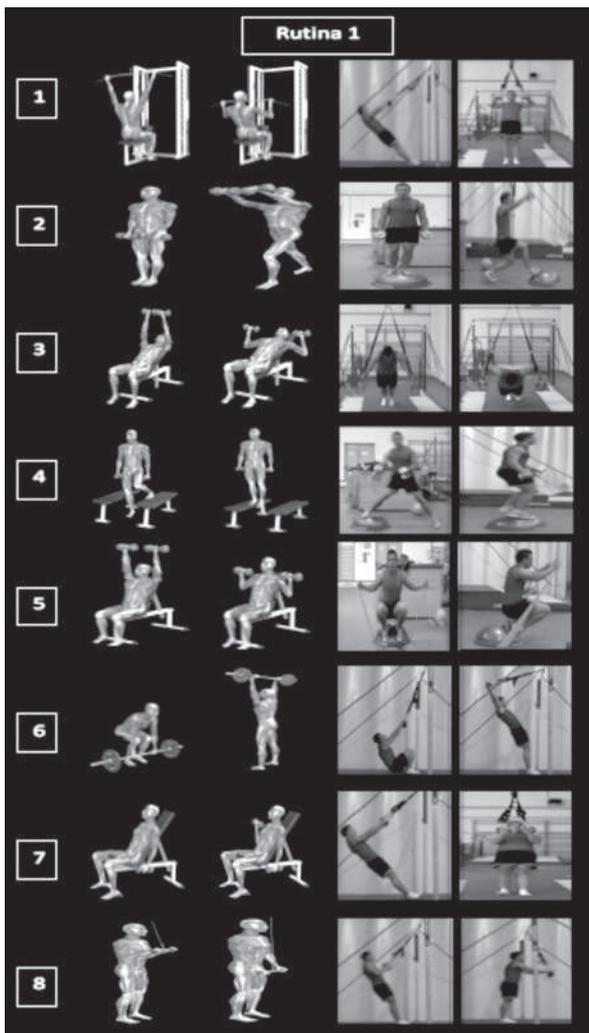


Figura 2. Rutina 1 donde se comparan ejercicios en los dos programas de entrenamiento; en condiciones de estabilidad e inestabilidad.

primeras semanas, la carga de trabajo fue elegida por cada sujeto. Los sujetos fueron instruidos a realizar los ejercicios a la máxima velocidad posible con una adecuada ejecución técnica. Un entrenador especialista en el entrenamiento con resistencias y aparatos inestables, controlaba la ejecución durante el proceso de entrenamiento. A partir de la tercera semana, para el GI, cuando la percepción subjetiva del esfuerzo del participante estaba entre un rango de 5 a 7, la posición del cuerpo era variada y/o se añadía un aparato inestable más (BOSU® o TRX®). Estos cambios en las posiciones eran menos bruscos cuando la puntuación obtenida en la RPE era de 8 a 9 (Borg, 1970), mientras que en valores de 10, no se realizaba ningún cambio de posición ni se añadían más aparatos. Por tanto, este aumento de la carga provenía de una mayor inestabilidad corporal producida por la posición del cuerpo y de los aparatos de inestabilidad, así como de un mayor número de segmentos corporales implicados.

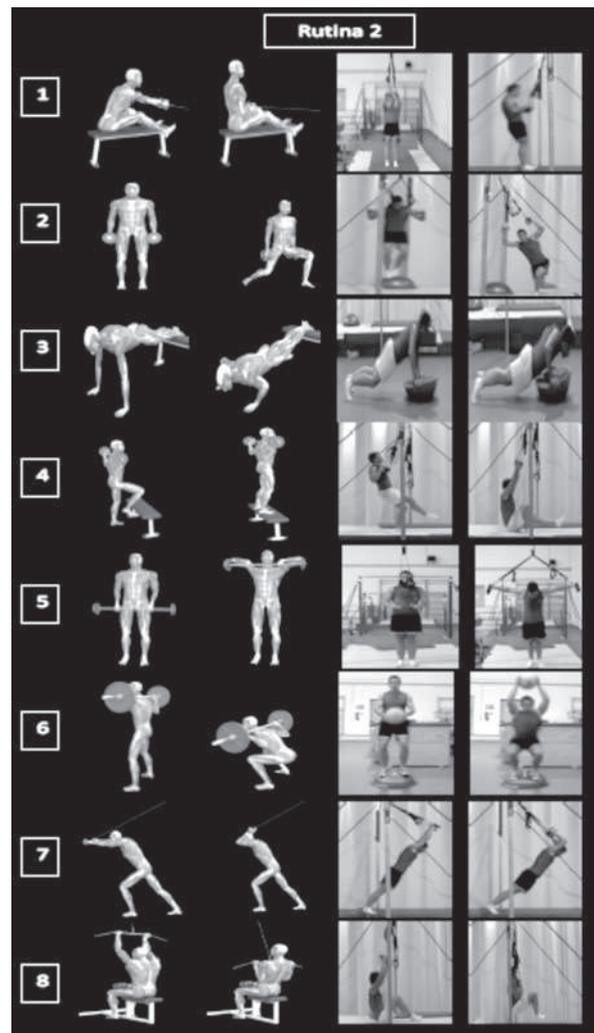


Figura 3. Rutina 2 donde se comparan ejercicios en los dos programas de entrenamiento; en condiciones de estabilidad e inestabilidad.

Para el GT cuando la RPE de los sujetos fue de 5 a 7, la carga se incrementó en un 10% del peso levantado en cada ejercicio, y cuando fue de 8 o 9, ésta se incrementó un 5%, mientras que no hubo modificaciones para valores de 10.

Para ambos programas de entrenamiento, y con el objetivo de aumentar la densidad del entrenamiento, el tiempo de recuperación pautado inicialmente entre cada ejercicio fue de 30 segundos, reduciéndose progresivamente cada semana en 5 segundos. En la última semana el intervalo de recuperación era el correspondiente al tiempo necesario para cambiar de una estación a otra (ACSM, 2009). El periodo de recuperación inicial entre series fue de 2 minutos, disminuyendo gradualmente cada semana 10 segundos, hasta establecer un intervalo de pausa de 1 minuto entre series.

El GI entrenó con dos aparatos que generan inestabilidad. El primero de ellos fue un balón semiesférico sobre una base rígida de plástico (BOSU® Balance Trai-

ner) que se colocaba en el suelo. El segundo aparato fue una base en suspensión colgada de una barra fija aproximadamente a 2,5 metros del suelo (TRX® Suspension Training). Consiste en un arnés ajustable no elástico construido con nylon blando de fuerza industrial, formando un equipo de una sola pieza bifurcándose en dos asas para el agarre o apoyo de segmentos corporales. El GT incluyó varios ejercicios clásicos de musculación (Tabla 1).

Análisis Estadístico

Se aplicaron pruebas de ANOVA de dos factores con medidas repetidas en el factor “tiempo”, ya que hubo homogeneidad de varianzas de las variables iniciales aplicando los estadísticos de Levene (Levene’s test) y también hubo una distribución normal en los valores de dichas variables aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov.

Por tanto, se estableció un factor inter-sujetos, con un grupo de sujetos en cada nivel (GI, GT, GC) y un factor intra-sujetos, con la variable “tiempo” en 2 niveles (PRE, POST) observándose también el efecto de la interacción. En el caso de hallarse diferencias significativas en la interacción ($p < 0,05$), se realizaron pruebas de ANOVA de un factor con Post-Hoc de Tukey, para comparar las diferencias entre los tratamientos aplicados (GI, GT, GC).

Para determinar la magnitud real de los resultados de ambos programas de entrenamiento se analizó el

tamaño del efecto (ES) (Cohen, 1988). Se utilizaron los descriptores cualitativos de Cohen para indicar los cambios producidos (pequeños $< 0,41$, moderados $0,41$ a $0,7$ y grandes $> 0,7$). También se calculó el grado de probabilidad de demostrar estadísticamente la efectividad de los programas, mediante la potencia estadística.

Todos los datos se expresaron en media y desviación estándar (DE). El nivel de significación estadística establecido fue de $p < 0,05$. Para todas las pruebas se usó el programa informático SSPS versión 17.0 (SPSS, Chicago, Ill).

Resultados

Los test cardiorrespiratorios realizados tanto en el PRE como en el POST fueron máximos. Lo demuestra el hecho de que la RER supera en todos los grupos PRE y POST 1,1. Además, la $FC_{máx}$ obtenida en las pruebas de esfuerzo estuvo en torno al 100% de la $FC_{máx}$ teórica (tomando la ecuación de Tanaka, Monahan & Seals, 2001) en todos los grupos PRE y POST, considerándose otro principio de maximidad.

Para las variables máximas cardiorrespiratorias (Tabla 2), el efecto del entrenamiento en los grupos experimentales no incrementó el $VO_{2máx}$ después de las 7 semanas de entrenamiento ($F = 0,142$; $p > 0,05$). Para la velocidad máxima ($V_{máx}$) y la $FC_{máx}$ se obtuvieron diferencias significativas en el factor Tiempo ($V_{máx}$ $F = 14,683$; $p < 0,01$; $FC_{máx}$ $F = 13,855$; $p < 0,01$), aunque

Tabla 1. Programas de Entrenamiento.

Entrenamiento			
Nº	Ejercicios con Resistencias (GT)	Ejercicios Aparatos de Inestabilidad (GI)	
Rutina 1			
1	Polea dorsal	Dorsal TRX	
2	Steps mancuernas	Steps BOSU/ mancuernas	
3	Press inclinado	Push up inclinado TRX	
4	Subidas al banco lateral	Subidas step laterales BOSU	
5	Press hombro mancuernas	Press hombro gomas BOSU	
6	Arrancada y cargada	Sentadilla y cargada TRX	
7	Bíceps Mancuernas	Bíceps TRX	
8	Tríceps polea baja	Tríceps TRX	
Rutina 2			
1	Remo polea baja	Remo TRX	
2	Steps con abducciones	TRX Pasos laterales	
3	Push up declinado	Push up con BOSU	
4	Subidas a banco unilateral	Flexiones rodilla unil. TRX	
5	Hombro/trapezio	Hombro/trapezio TRX	
6	Sentadilla barra	Sentadilla balón BOSU	
7	Tríceps polea alta	Tríceps TRX	
8	Bíceps barra polea	Bíceps TRX	

Tabla 2. Efectos de 7 semanas de entrenamiento en variables máximas cardiorrespiratorias en el test incremental en medias y DE. (* = diferencias entre grupos; $p < 0,05$)

VARIABLES	GRUPO	PRE	POST	p para efecto Grupo	p para efecto Tiempo	p para efecto Interacción Grupo x Tiempo
VO ₂ máx. (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Inestables	51,49 ± 7,02	52,43 ± 5,78	0,285	0,709	0,606
	Tradicional	54,07 ± 6,05	53,92 ± 6,00			
	Control	50,50 ± 3,43	50,30 ± 3,32			
FC máx. (lpm)	Inestables	192,3 ± 7,71	189,6 ± 8,64	0,840	0,001*	0,204
	Tradicional	192,3 ± 10,07	188,3 ± 12,50			
	Control	193,0 ± 9,51	192,1 ± 8,12			
V máx. (km·h ⁻¹)	Inestables	15,8 ± 1,92	16,7 ± 1,79	0,116	0,001*	0,003*
	Tradicional	16,8 ± 1,38	17,0 ± 1,25			
	Control	15,8 ± 1,30	15,8 ± 1,14			
RER máx.	Inestables	1,20 ± 0,04	1,20 ± 0,06	0,883	0,852	0,811
	Tradicional	1,20 ± 0,05	1,21 ± 0,05			
	Control	1,20 ± 0,06	1,20 ± 0,06			

VO₂ máx. = Consumo máximo de oxígeno, FC máx. = Frecuencia cardíaca máxima, V máx. = Velocidad máxima, RER máx. = Tasa de intercambio respiratorio máximo, lpm = latidos por minuto.

Tabla 3. Efectos de 7 semanas de entrenamiento en variables cardiorrespiratorias en primer umbral en el test incremental en medias y DE. (* = diferencias entre grupos; $p < 0,05$)

VARIABLES	GRUPO	PRE	POST	p para efecto Grupo	p para efecto Tiempo	p para efecto Interacción Grupo x Tiempo
VO ₂ a VT ₁ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Inestables	30,4 ± 6,66	29,3 ± 5,26	0,193	0,027*	0,093
	Tradicional	34,5 ± 7,18	29,8 ± 4,67			
	Control	28,7 ± 2,77	28,6 ± 2,78			
VT ₁ % VO ₂ máx.	Inestables	58,7 ± 7,02	55,9 ± 7,48	0,504	0,016*	0,085
	Tradicional	63,9 ± 8,00	55,6 ± 8,25			
	Control	57,1 ± 6,45	57,0 ± 6,44			
FC a VT ₁ (lpm)	Inestables	145,0 ± 11,93	139,6 ± 10,25	0,293	0,001*	0,016*
	Tradicional	153,1 ± 15,84	140,2 ± 14,38			
	Control	146,7 ± 12,21	146,8 ± 11,98			
VE·VO ₂ ⁻¹ a VT ₁	Inestables	22,1 ± 2,61	22,2 ± 2,25	0,762	0,702	0,947
	Tradicional	21,6 ± 1,78	21,8 ± 1,32			
	Control	22,3 ± 2,23	22,3 ± 2,22			
V a VT ₁ (km·h ⁻¹)	Inestables	8,8 ± 1,34	8,8 ± 1,45	0,384	0,222	0,130
	Tradicional	9,4 ± 1,26	8,8 ± 1,03			
	Control	8,4 ± 0,87	8,5 ± 0,78			
VE a VT ₁ (l·m ⁻¹)	Inestables	49,9 ± 10,76	49,8 ± 13,00	0,895	0,141	0,149
	Tradicional	53,5 ± 10,29	46,9 ± 7,53			
	Control	48,6 ± 8,28	48,5 ± 8,29			
RER a VT ₁	Inestables	0,87 ± 0,06	0,89 ± 0,08	0,649	0,471	0,743
	Tradicional	0,88 ± 0,03	0,89 ± 0,05			
	Control	0,86 ± 0,06	0,86 ± 0,06			

VO₂ = Consumo de oxígeno, VT₁ = umbral ventilatorio 1, FC = Frecuencia cardíaca, VE = Ventilación, V = Velocidad, RER = Tasa de Intercambio Respiratorio, lpm = latidos por minuto.

no se obtuvieron diferencias entre grupos ($V_{máx}$, $F = 2,134$; $p = 0,116$; $FC_{máx}$, $F = 0,176$; $p = 0,840$).

Para los valores submáximos en el primer umbral (Tabla 3), los resultados indicaron una reducción significativa de la FC a VT₁ después del período de entrenamiento tanto en el factor Tiempo ($F = 12,777$; $p < 0,01$) como en la Interacción ($F = 4,718$; $p = 0,016$), sin encontrarse diferencias significativas en ninguno de los tres grupos ($F = 1,279$; $p = 0,293$). También se reduce significativamente el VO₂ a VT₁, siendo esta

disminución más acentuada en el GT ($F = 5,401$; $p = 0,027$).

Además, se hallan diferencias significativas en el %VO₂ máx a VT₁ para el factor Tiempo ($F = 6,469$; $p = 0,016$), siendo menor este porcentaje después del período de entrenamiento.

Para los valores de FC a VT₂ en cuanto al factor Tiempo se obtienen diferencias significativas ($F = 6,501$; $p = 0,016$). En el resto de las variables a segundo umbral no se muestran diferencias significativas (Tabla 4).

Tabla 4. Efectos de 7 semanas de entrenamiento en variables cardiorrespiratorias en segundo umbral en el test incremental en medias y DE. (* = diferencias entre grupos; $p < 0,05$)

VARIABLES	GRUPO	PRE	POST	p para efecto Grupo	p para efecto Tiempo	p para efecto Interacción Grupo x Tiempo
VO ₂ a VT ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Inestables	43,5 ± 6,68	44,4 ± 7,50	0,228	0,950	0,652
	Tradicional	47,5 ± 8,11	46,7 ± 6,27			
	Control	42,9 ± 3,42	43,0 ± 3,48			
VT ₂ % VO _{2máx}	Inestables	84,4 ± 6,68	84,3 ± 7,11	0,5314	0,655	0,857
	Tradicional	88,1 ± 6,01	86,7 ± 6,71			
	Control	83,9 ± 5,97	83,9 ± 5,98			
FC a VT ₂ (lpm)	Inestables	178,3 ± 8,19	172,3 ± 13,00	0,793	0,016*	0,176
	Tradicional	180,2 ± 12,09	176,1 ± 11,54			
	Control	175,9 ± 10,38	175,8 ± 9,96			
VE·VO ₂ ⁻¹ a VT ₂	Inestables	25,4 ± 2,31	25,8 ± 2,00	0,416	0,298	0,691
	Tradicional	26,0 ± 2,40	26,7 ± 2,00			
	Control	26,8 ± 2,63	26,7 ± 2,62			
V a VT ₂ (km·h ⁻¹)	Inestables	12,5 ± 2,07	13,0 ± 1,98	0,079	0,181	0,473
	Tradicional	13,2 ± 2,01	13,5 ± 1,73			
	Control	11,8 ± 0,89	11,7 ± 1,03			
VE a VT ₂ (l·m ⁻¹)	Inestables	83,5 ± 16,84	86,1 ± 18,74	0,738	0,456	0,852
	Tradicional	88,4 ± 19,18	90,3 ± 16,11			
	Control	85,3 ± 11,69	85,2 ± 11,71			
RER a VT ₂	Inestables	1,04 ± 0,07	1,03 ± 0,07	0,505	0,658	0,494
	Tradicional	1,03 ± 0,05	1,06 ± 0,04			
	Control	1,02 ± 0,05	1,02 ± 0,06			

VO₂ = Consumo de oxígeno, VT₂ = umbral ventilatorio 2, FC = Frecuencia cardíaca, VE = Ventilación, V = Velocidad, RER = Tasa de Intercambio Respiratorio, lpm = latidos por minuto.

Discusión

El principal hallazgo de este estudio consistió en demostrar que los valores de las variables cardiorrespiratorias después de 7 semanas de entrenamiento de fuerza con ejercicios en diferentes condiciones (estabilidad e inestabilidad) fueron similares, incrementando las cargas de entrenamiento a través de la RPE.

En nuestro trabajo, la metodología de entrenamiento de fuerza utilizada fue un circuito; en condiciones de inestabilidad y de estabilidad. Cuando diseñamos ambos programas, uno de los objetivos se fundamentó en intentar mejorar las variables cardiorrespiratorias incrementando la densidad del entrenamiento. La disminución de los tiempos de recuperación hizo que hubiese una mayor continuidad del ejercicio, fomentando la participación activa del sistema cardiovascular. A tal efecto, fue necesario controlar diversos aspectos relacionados con la fatiga local muscular en los grupos musculares implicados. Por ello, se alternaban ejercicios de las extremidades superiores e inferiores y se controlaban e incrementaban las cargas con la RPE de los participantes. Si la fatiga ocasionada en determinados grupos musculares era excesiva, podría ser un aspecto clave en la interrupción del ejercicio y condicionar las posteriores adaptaciones cardiorrespiratorias.

Valores Máximos

Para los valores máximos de consumo de oxígeno, después de 7 semanas de entrenamiento no se observan diferencias significativas en ninguno de los tres grupos. El VO_{2máx} es el parámetro más importante para determinar la capacidad funcional del sujeto según la Organización Mundial de la Salud (OMS), integrando tres sistemas fundamentales para el ejercicio (cardiovascular, pulmonar y muscular) y definiéndose como la máxima cantidad de oxígeno que el organismo puede captar, transportar y utilizar por unidad de tiempo. Según la clasificación de la capacidad aeróbica de acuerdo con el sexo y la edad de nuestros participantes en el estudio, tomados de Cooper (1982), se observa que sus valores de VO_{2máx} se consideran *Superiores* (en PRE y POST en GC), *Excelentes* (en PRE y POST en GT) y *Superiores* (en PRE y POST en GI) (según esta clasificación, para hombres de entre 20-29 años los valores *Superiores* se consideran entre 46,5-52,4 ml·kg⁻¹·min⁻¹ y *Excelentes* por encima de 52,5 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Por tanto, en esta muestra de sujetos jóvenes y activos, esta variable no cambia tras haber realizado cualquiera de los modelos experimentales de entrenamiento, sugiriendo que quizás estos dos programas de fuerza no sean lo suficientemente específicos como para mejorar

esta variable, que ya en estos sujetos están muy por encima de la media para su edad y sexo. En un estudio con jóvenes activos entrenados en fuerza ($20,1 \pm 1,9$ años y $\sim 51 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), donde realizaron un entrenamiento de fuerza en circuito con un alto volumen al 40% del 1RM, la FC estuvo entre el 70-80% de la $FC_{\text{máx}}$, mientras que el VO_2 estuvo en torno al 50% del $VO_{2\text{máx}}$ durante toda el entrenamiento (Gotshalk, Berger, & Kraemer, 2004). Comparando ese ejercicio con un protocolo en tapiz rodante al 50% del $VO_{2\text{máx}}$, la FC del entrenamiento en circuito fue de 165 lpm mientras que la FC en tapiz fue de 150 lpm, sugiriendo que este último tipo de ejercicio produce una demanda cardiovascular más alta a un mismo VO_2 . Además, correr sobre tapiz rodante involucra grandes grupos musculares, incrementando el VO_2 más rápidamente que un entrenamiento de fuerza en circuito, siendo más difícil mejorar el $VO_{2\text{máx}}$ a través de un entrenamiento en circuito. Conclusiones similares se podrían observar en corredores de élite de resistencia entrenados. El principio de especificidad del entrenamiento sugiere que las mejoras en el entrenamiento de resistencia podrían alcanzarse de manera más efectiva a través de entrenamientos aeróbicos. Realizar únicamente entrenamientos de fuerza con resistencias no es un estímulo aeróbico suficiente como para mejorar el $VO_{2\text{máx}}$ en corredores de resistencia de élite (Jung, 2003), teniendo estos deportistas muy elevados los valores de $VO_{2\text{máx}}$.

Algunos estudios han documentado como sólo con el entrenamiento de fuerza con resistencias no es suficiente estímulo para mejorar el $VO_{2\text{máx}}$ (Dudley, 1988; Hurley et al., 1984). Un trabajo de Hurley et al. (1984), demostró cómo un programa de entrenamiento de fuerza de alta intensidad de 16 semanas con máquinas de resistencia variable en 30 varones no entrenados no mejoró su función cardiovascular. Aunque hubo una elevación de la frecuencia cardíaca durante el entrenamiento de fuerza, el $VO_{2\text{máx}}$ no se incrementó, posiblemente porque el VO_2 para este tipo de ejercicio no era suficientemente alto ($45\% VO_{2\text{máx}}$) para incrementar el *fitness* cardiovascular. Conclusiones similares se obtuvieron en un reciente estudio de jóvenes jugadores de baloncesto (~ 16 años), en el que, después de realizar un entrenamiento de fuerza con pesos libres y máquinas de musculación añadido a su entrenamiento de baloncesto regular durante 12 semanas, mantuvieron el $VO_{2\text{máx}}$ (Ignjatovic, Radovanovic, Stankovic, Marković, & Kocic, 2011).

Otros estudios documentan que realizar entrenamientos de fuerza en circuitos de 8 a 12 ejercicios, tiene un consumo medio de oxígeno similar a andar en un tapiz rodante aproximadamente a $6,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Burlison, O'Bryant, Stone, Collins, & Triplett-McBride,

1998), siendo difícil que pueda mejorarse la potencia aeróbica máxima con este tipo de trabajos, a no ser que sean personas sedentarias o con una baja capacidad funcional. En la mayoría de los estudios en los que se demuestra incrementos en el $VO_{2\text{máx}}$, los sujetos fueron sedentarios o personas no entrenadas con $VO_{2\text{máx}} < 40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (McCarthy, Agre, Graf, Pozniak, & Vailas, 1995; Stone, Wilson, Blessing, & Rozenek, 1983), siendo estos incrementos moderados. En relación a esto, un estudio mostró mejoras significativas y similares a un entrenamiento aeróbico (35 minutos al 70% $FC_{\text{máx}}$ 3 veces por semana) después de realizar un programa de entrenamiento de fuerza en circuito (3 series de 15 repeticiones al 60% 1RM) durante 12 semanas en 20 sujetos sanos de 29 años con un $VO_{2\text{máx}} \sim 38 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Camargo et al., 2008). Por otro lado, un trabajo similar al nuestro en cuanto a las semanas de entrenamiento, en el que 13 personas no entrenadas (entre 20 y 35 años) realizaron un entrenamiento de fuerza durante 8 semanas de duración, desarrollando 3 series de 15 repeticiones al 60% del 1RM estimado, fue suficiente para mejorar su $VO_{2\text{máx}}$ (Shaw & Shaw, 2005).

En la bibliografía consultada, un solo estudio demostró un incremento significativo en el $VO_{2\text{máx}}$ ($7 \pm 1\%$) en una prueba de esfuerzo en un rodillo de esquiar en 19 esquiadores de fondo de competición, con $VO_{2\text{máx}} > 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ con un programa suplementario de fuerza con altas cargas 2 días por semana un total de 12 semanas, además del entrenamiento de resistencia (Losnegard et al., 2011). Un trabajo de Kaikkonen et al. (2000), concluyó que los efectos cardiovasculares producidos por un entrenamiento de fuerza en circuito con cargas bajas (20% 1RM) en máquinas de musculación en adultos sanos sedentarios, fueron comparables a un entrenamiento de resistencia, realizando actividades como andar, trotar o pedalear. Los programas de entrenamiento duraron 12 semanas, y tanto la FC como el tiempo de duración del ejercicio fue el mismo para ambos tipos de entrenamiento (40 minutos y entre el 70-80% de la $FC_{\text{máx}}$).

En otro trabajo de Hautala et al. (2006), se hizo un estudio cruzado aleatorio con grupo control a 91 sujetos sanos sedentarios con un $VO_{2\text{pico}}$ de $34 \pm 7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, demostrando que la capacidad cardiorrespiratoria puede mejorarse más con un entrenamiento de fuerza que con un entrenamiento de resistencia. El diseño cruzado consistió en un periodo de 2 semanas de entrenamiento tanto de fuerza como de resistencia y después 2 meses de desentrenamiento entre las intervenciones de ejercicio. El entrenamiento de fuerza estuvo basado en las recomendaciones del *American College of Sports Medicine* (Kraemer et al., 2002),

realizando 1 serie de entre 8-12 repeticiones hasta la fatiga de 15 ejercicios que implican los grupos musculares más importantes. En este trabajo, no se evidencia una relación lineal entre las respuestas del $VO_{2\text{pico}}$ después de un entrenamiento de fuerza o de resistencia, sugiriendo que hay diferencias individuales en las respuestas al entrenamiento, lo cual depende en gran medida del tipo de entrenamiento empleado. El estudio demostró que algunas personas que no son capaces de mejorar su $VO_{2\text{pico}}$ con el entrenamiento de resistencia, obtienen beneficios importantes en su *fitness* cardiorrespiratorio con el entrenamiento de fuerza. Relacionándolo con nuestros resultados, los programas de entrenamiento de fuerza aquí descritos, aunque no mejorasen el $VO_{2\text{máx}}$ de sujetos activos (teniendo niveles superiores a la media poblacional), sí que podrían ser útiles para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria en personas sedentarias, sin necesidad de realizar entrenamientos de resistencia.

En cuanto a la $V_{\text{máx}}$ alcanzada al final del test incremental de resistencia, se observa cómo existe un mayor incremento en el GI (5,7%), mientras que el aumento de la $V_{\text{máx}}$ alcanzada en el GT con respecto a los valores iniciales apenas supera el 1%, observándose que la $V_{\text{máx}}$ en el PRE fue de 1 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ más bajo en el GI que en el GT. Esto nos indica que los efectos de estos dos tipos de entrenamiento de fuerza, pautando cargas de trabajo a partir de la RPE, son tan parecidos que una vez finalizado las 7 semanas de ejercicio, los valores POST tienden a igualar la variable de $V_{\text{máx}}$. Esto mismo ocurre con la $FC_{\text{máx}}$, obteniéndose una reducción significativa muy similar en los grupos experimentales al final de la prueba de ergometría.

Primer Umbral. Umbral Ventilatorio 1.

Por otro lado, los valores de la frecuencia cardíaca a una intensidad de umbral ventilatorio 1 (FC a VT_1) se redujeron significativamente tanto en el GT como en el GI. Además, las velocidades a las que se obtiene ese primer umbral en el test de resistencia fueron similares después del programa de fuerza. Esto podría significar que ambos grupos experimentales después del entrenamiento obtienen su VT_1 a la misma velocidad con respecto a los valores PRE, pero lo hacen con una menor FC (GI 3,72%, 5,4 lpm; GT 8,4%, 12,9 lpm), indicando una mayor eficiencia cardiovascular, posiblemente porque el estímulo de ejercicio con este tipo de entrenamiento de fuerza esté en torno a esta zona de trabajo aeróbico (~45-50% $VO_{2\text{máx}}$) (Hurley et al., 1984; Jung, 2003).

Además, el consumo de oxígeno a primer umbral (VO_2 a VT_1) en el POST se reduce significativamente

(GI 3,6%, $29,3 \pm 5,26 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; GT 15,8%, $29,8 \pm 4,67 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), sin cambios significativos en la V a VT_1 . Es decir, que manteniendo la misma velocidad a una intensidad de VT_1 los sujetos después de completar ambos programas de entrenamiento de fuerza fueron más económicos, requiriendo un menor VO_2 a una velocidad dada de carrera (Jung, 2003). La economía de carrera ha tenido mucha influencia en el rendimiento de atletas de resistencia (Conley & Krahenbuhl, 1980; Daniels, 1985; Daniels & Daniels, 1992). Una mejora en la economía de carrera permitiría a un atleta correr más rápido en una distancia de carrera determinada o correr más kilómetros a una velocidad constante por una reducción del consumo de oxígeno. Según esto, ambos grupos de entrenamiento pueden mejorar su economía de carrera ante velocidades cercanas a VT_1 . En el GI se redujo el VO_2 en un 3,4% manteniendo la misma velocidad. Para el GT se disminuyó de manera considerable su VO_2 (15,8%), alcanzando niveles similares a los del otro grupo experimental (GI $29,3 \pm 5,26 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; GT $29,8 \pm 4,67 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Por otro lado, la aparición del VT_1 con respecto al $VO_{2\text{máx}}$ en términos de intensidad relativa (% $VO_{2\text{máx}}$) se reduce significativamente en los grupos experimentales (4,8% en el GI, 13% en el GT). Cabe destacar que, después del período de entrenamiento, los grupos experimentales tienden a igualar la intensidad relativa del $VO_{2\text{máx}}$ a la que se produce VT_1 (55,9% $VO_{2\text{máx}}$ en el GI VS. 55,6% $VO_{2\text{máx}}$ GT), indicando que en personas activas con $VO_{2\text{máx}} > 50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ después de realizar entrenamientos de fuerza con dos diferentes metodologías de trabajo de fuerza, disminuye la intensidad relativa de VT_1 con respecto a los niveles del PRE, pero aun así, sus valores están dentro de los considerados referencia para población sana (50-58% $VO_{2\text{máx}}$) (Habedank, et al., 1998; Lucía et al., 2002). Estos datos son similares a los encontrados en la bibliografía, que documenta que el entrenamiento de fuerza no mejora el Umbral Láctico (UL) de sujetos entrenados, siendo la intensidad de ejercicio del UL similar al VT_1 , pero obtenido a través de diferente metodología (Chicharro et al., 2004). Paavolainen, Häkkinen, Hämmäläinen, Nummela, y Rusko (1999), investigaron los efectos de un entrenamiento de fuerza explosiva en 10 atletas entrenados, no encontrando cambios ni en su $VO_{2\text{máx}}$ ni en su UL. En la misma línea, Bishop, Jenkins, Mackinnon, McEniery, y Carey (1999), realizaron un estudio con grupo control a 21 mujeres entrenadas en ciclismo ($VO_{2\text{pico}} = 48,2 \pm 5,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) obteniendo mejoras significativas en la fuerza muscular de piernas ante un test de 1RM en sentadilla después de realizar un entrenamiento de fuerza durante 12 semanas (35,9%), sin mejorar su rendimiento en la resistencia.

Es decir, no hubo cambios ni en su UL ni en su $VO_{2\text{pico}}$ después del período de entrenamiento. En cambio, hay estudios que documentan en sujetos no entrenados un incremento del 12% en su UL, después de un entrenamiento de fuerza de 12 semanas, independientemente de los cambios producidos en el $VO_{2\text{máx}}$ (Marcinik et al., 1991). Por tanto, en personas no entrenadas con baja capacidad funcional o sedentarias, en los que sus valores de VT_1 son inferiores a los considerados referencia para población sana ($VT_1 < 50\% VO_{2\text{máx}}$), ambos tipos de entrenamiento de fuerza podrían ser un estímulo efectivo para retrasar la aparición del primer umbral y reducir la fatiga, sabiendo que el VT_1 es una intensidad de trabajo que puede mantenerse durante largos períodos de tiempo y muy efectiva para mejorar la capacidad funcional.

Segundo Umbral. Umbral Ventilatorio 2

En cuanto a los resultados obtenidos de las variables submáximas en el segundo umbral (VT_2), podemos decir que tan sólo se documentan diferencias significativas en el factor Tiempo para la frecuencia cardíaca (FC a VT_2). La FC disminuye un 3,4% en el GI equivalente a 6 latidos por minuto (lpm). Para el GT la FC se redujo en 4,1 lpm entre el PRE y el POST (2,3%). Al no observarse cambios significativos en la velocidad a su segundo umbral (V a VT_2), podríamos decir que mejora su eficiencia cardiovascular a esta intensidad de ejercicio, posiblemente por una mayor capacidad de trabajo muscular. Para el resto de variables cardiorrespiratorias a VT_2 no se observan diferencias significativas, quizás porque el estímulo de entrenamiento de fuerza utilizado en ambos programas de entrenamiento (GI y GT) es insuficiente para mejorar el VT_2 en estos sujetos que aproximadamente se encuentra en torno al 79% de su $VO_{2\text{máx}}$ (Taylor & Bronks, 1994).

Por otra parte, con respecto a la prescripción de las cargas de entrenamiento se puede documentar la igualdad de los resultados obtenidos en las pruebas cardiorrespiratorias después de 7 semanas de entrenamiento, llevándonos a interpretar la similitud de los estímulos percibidos por los participantes, en ambos programas de entrenamiento. Probablemente el

RPE ha sido uno de los factores clave para el adecuado control de la intensidad en el GI, incrementando la carga bien por las posiciones corporales, generando más inestabilidad, como por utilizar varios aparatos simultáneamente.

Una posible limitación de este estudio podrían ser la condición física de los participantes. A pesar de que eran hombres jóvenes sanos y activos que participaban en ligas amateur, ninguno de ellos era atleta profesional. Esto podría dar lugar a dos preguntas: las mejoras físicas observadas podrían ser más altas que las de los grupos con un mayor nivel de condición física, y, por otra parte, los atletas de élite pueden mostrar mejoras significativas entre los grupos experimentales debido a los posibles estímulos insuficientes de los dispositivos de inestabilidad. Futuras investigaciones deberían llevarse a cabo con atletas de alto nivel que participen en los programas de formación en condiciones de inestabilidad.

Conclusiones

Después de comparar las variables cardiorrespiratorias en un programa de entrenamiento de fuerza en circuito en condiciones de inestabilidad, con un programa de entrenamiento de fuerza en circuito con resistencias en condiciones de estabilidad, pautando las cargas de trabajo con la RPE, se concluye con que se obtuvieron adaptaciones muy similares. Por los resultados documentados se podría interpretar que hay un mantenimiento la capacidad aeróbica máxima ($VO_{2\text{máx}}$), mientras que para variables submáximas como el VO_2 a VT_1 , la FC a VT_1 y FC a VT_2 , mejoran significativamente ante una misma carga de trabajo. Es decir, que con dos estímulos de fuerza en circuito aplicando los incrementos de carga a partir del RPE y aumentando la densidad del entrenamiento, se ha mejorado la eficiencia cardiorrespiratoria, siendo más difícil poder mejorar variables máximas.

Además, habrá que tener en cuenta que a medida que la capacidad aeróbica del sujeto sea menor, los beneficios cardiorrespiratorios con este tipo de programas de entrenamiento de fuerza serán mayores.

BIBLIOGRAFÍA

- American College of Sports Medicine (ACSM). (2009). Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687-708.
- Anderson, K., & Behm, D. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18, 637-640.
- Baechele, T.R., & Earle R.W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (3rd Edition). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baron, B., Dekerle, J., Robin, S., Nevriere, R., Dupont, L., Matran, R., ... Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 582-587.
- Behm, D. G. (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(4), 264-274.
- Behm, D. G., Anderson, K., & Curnew, R.S. (2002). Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(3), 416-422.
- Bishop, D., Jenkins, D. G., Mackinnon, L. T., McEnery, M., & Carey, M. F. (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 886-891.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2, 92-98.
- Burleson, M. A., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., Collins, M. A., & Triplett-McBride, T. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(4), 518-522.
- Camargo, M. D., Stein, R., Ribeiro, J. P., Schwartzman, P. R., Rizzatti, M. O., & Schaan, B. D. (2008). Circuit weight training and cardiac morphology: A trial with magnetic resonance imaging. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 141-145.
- Chicharro, J. L., Aznar, S., Fernández-Vaquero, A., López-Mojares, L. M., Lucía, A., & Pérez, M. (2004). *Transición aeróbica-anaeróbica, concepto, metodología de determinación y aplicaciones*. Madrid: Master Line & Prodigio.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 12(5), 357-360.
- Cooper, K. H. (1982). *The aerobic way*. New York: Bantam Books Inc.
- Cowley, P. M., Swensen, T., & Sforzo, G. A. (2007). Efficacy of instability resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 829-835.
- Cressey, E. M., West, C. A., Tiberio, D. P., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2007). The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 561-567.
- Daniels, J., & Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(4), 483-489.
- Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17(3), 332-338.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: A review of the concept and directions for future research. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17, 6-18.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 353-358.
- Dudley, G. A. (1988). Metabolic consequences of resistive-type exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(5), 158-161.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1997). *Designing resistance training programs* (2nd ed.). Champaign, IL, Human Kinetics.
- Gettman, L. R., Ayres, J. J., Pollock, M. L., Durstine, L., & Grantham, W. (1979). Physiologic effects on adult men of circuit strength training and jogging. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 60, 115-120.
- Gotshalk, L. A., Berger, R. A., & Kraemer, W. J. (2004). Cardiovascular responses to a high volume continuous circuit resistance training protocol. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18, 760-764.
- Habedank, D., Reindl, I., Vietzke, G., Bauer, U., Sperfeld, A., Gläser, S., ...Kleber, F. X. (1998). Ventilatory efficiency and exercise tolerance in 101 healthy volunteers. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(5), 421-426.
- Hall, C. M., & Brody, L.T. (2005). *Therapeutic exercise: Moving towards function*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Harber, M. P., Fry, A. C., Rubin, M. R., Smith, J. C., & Weiss, L. W. (2004). Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14, 176-185.
- Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., & Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31(14), 953-964.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., Mäkilallio, T. H., Kinnunen, H., Nissilä, S., Huikuri, H. V., ...Tulppo, M. P. (2006). Individual differences in the responses to endurance and resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 96(5), 535-542.
- Hernando-Castañeda, G., Cañadas, M., & Barrejón, A. (2009). *Nuevas tendencias en entrenamiento personal*. Badalona: Paidotribo.
- Hurley, B. F., Seals, D. R., Ehsani, A. A., Cartier, L. J., Dalsky, G. P., Hagberg, J. M., ...Hollozy, J. O. (1984). Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 16(5), 483-488.
- Ignjatovic, A., Radovanovic, D., Stankovic, R., Marković, Z., & Kocic, J. (2011). Influence of resistance training on cardiorespiratory endurance and muscle power and strength in young athletes. *Acta Physiologica Hungarica*, 98(3), 305-312.
- Isidro, F., Heredia, J. R., & Chulvi, I. (2007). Entrenamiento funcional: Revisión y replanteamientos. En F. Isidro (Coord), J.R. Heredia, P. Pinsach, M. Ramón. *Manual del entrenador personal del fitness al wellness*: pp: 353-376: Barcelona: Paidotribo.
- Jung, A. P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*, 33(7), 539-552.
- Kaikkonen, H., Yrjänä, M., Siljander, E., Byman, P., & Laukkanen, R. (2000). The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(4), 211-215.
- Kibele, A., & Behm, D. G. (2009). Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2443-2450.
- Kraemer, W. J., & Koziris, L. P. (1992). Muscle strength training techniques and considerations. *Physical therapy practice*, 2, 54-68.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 674-688.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., ...Triplett-McBride, T. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 364-380.
- Lagally, K. M., McCaw, S. T., Young, G. T., Medema, H. C., & Thomas, D. Q. (2004). Rating of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18, 359-364.
- Laukkanen, J. A., Lakka, T. A., Rauramaa, R., Kuhanen, R., Venäläinen, J. M., Salonen, R., ...Salonen, J. T. (2001). Cardiovascular fitness as a predictor of mortality in men. *Archives of Internal Medicine*, 161, 825-831.
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Rønnestad, B. R., Hallén, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 389-401.
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M., & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 1777-1782.

- Lucía, A., Rivero, J. L. L., Pérez, M., Serrano, A. L., Calbet, J. A. L., Santalla, A., ...Chicharro, J. L. (2002). Determinants of VO_2 kinetics at high power outputs during a ramp exercise protocol. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(2), 326-331.
- Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., & Hurley, B. F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(6), 739-743.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- McBride, J. M., Cormie, P., & Deane, R. (2006). Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 915-918.
- McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., & Vailas, A. C. (1995). Compatibility of adaptive response with combining strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(3), 429-436.
- Meyer, T., Lucía, A., Earnest, C. P., & Kinderman, W. (2005). A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters: Theory and application. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 38-48.
- Monteiro, W. D., Simao, R., Polito, M. D., Santana, C. A., Chaves, R. B., Bezerra, E., ...Fleck, S. J. (2008). Influence of strength training on adult women's flexibility. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22, 672-677.
- O'Connor, P. J., Poudevigne, M. S., & Pasley, J. D. (2002). Perceived exertion responses to novel elbow flexor eccentric action in women and men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 862-868.
- O'Shea, P. (1987). Interval weight training: A scientific approach to cross-training for athletic strength fitness. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 9, 53-57.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Paoli, A., Paccelli, F., Bargossi, A. M., Marcolin, G., Guzzinati, S., Neri, M., Palma, A. (2010). Effects of three distinct protocols of fitness training on body composition, strength and blood lactate. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50, 43-51.
- Pérez, M., Martín, M. A., Cañete, S., Rubio, J. C., Fernández-Moreira, D., San Juan, A. F., ...Lucía, A. (2006). Does the C34T mutation in AMPD1 alter exercise capacity in the elderly? *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 429-435.
- Simonson, S. (2010). Teaching the resistance training class: A circuit training course designed for the strength and conditioning coach/Personal trainer. *Strength Conditioning Journal*, 32(3), 90-96.
- Shaw, B. S., & Shaw, I. (2005). Effect of resistance training on cardiorespiratory endurance and coronary artery disease risk. *Cardiovascular Journal of South Africa*, 16, 256-259.
- Sparke, R., & Behm, D. G. (2010). Training adaptations associated with an 8-week instability resistance training program with recreationally active individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1931-1941.
- Stone, M. H., & O'Bryant, H. S. (1987). *Weight training: A scientific approach*. Minneapolis, MN: Burgess.
- Stone, M. H., Wilson, G. D., Blessing, D., & Rozenek, R. (1983). Cardiovascular responses to short-term olympic style weight-training in young men. *Canadian Journal Applied Sport Sciences*, 8(3), 134-139.
- Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: A Review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 13, 289-304.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37, 153-156.
- Taylor, A. D., & Bronks, R. (1994). Electromyographic correlates of the transition from aerobic to anaerobic metabolism in treadmill running. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69(6), 508-515.
- Waller, M., Miller, J., & Hannon, J. (2011). Resistance circuit training: Its application for the adult population. *Strength Conditioning Journal*, 33(1), 16-22.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, 37(3), 225-264.