

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento con dispositivos de sobrecarga ha cobrado mucha importancia actualmente, sin embargo, no están muy estudiados los parámetros de la carga óptimos que se deben utilizar. El objetivo de esta investigación es estudiar la influencia de los intervalos de recuperación necesarios en programas de entrenamiento de fuerza con dispositivos de sobrecarga excéntrica en dos intensidades con objetivo distinto.

Metodología: Veintitrés jugadores de balonmano masculino amateur realizaron seis semanas de intervención modificando el intervalo de recuperación en cada sesión. Se utilizaron uno, dos y tres minutos de recuperación en dos intensidades con un objetivo distinto e igual volumen de entrenamiento (4 series de 8 repeticiones). Se registraron picos concéntrico (PpCON), excéntrico (PpEXC), y el ratio excéntrico/concéntrico, así como la diferencia de concentración de lactato intra-sesión (post[La]-pre[La]), percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y de dolor muscular (DOMS) 24h después de la sesión de entrenamiento.

PALABRAS CLAVE: sobrecarga excéntrica, intervalo de descanso, entrenamiento de fuerza inercial, entrenamiento de fuerza con volante, intervalo de recuperación.

ABSTRACT

Introduction: Training with eccentric overload has become very important now, however, the optimum load parameters that should be used are not well studied. The objective of this research is to study the influence of the recovery intervals required in force training programs with eccentric overload devices in two intensities with different objectives.

Methodology: Twenty-three male amateur handball players performed six weeks of intervention modifying the interval of recovery in each session. One, two and three minutes of recovery were used in two intensities with a different objective and equal training volumen (4 sets of 8 repetitions). The concentric (PpCON) and eccentric peaks (PpECC) were recorded, as were the eccentric/concentric ratio, as well as the difference of intra-session lactate concentration (post[La]-pre[La]), subjective perception of effort (RPE) and muscular pain (DOMS) 24 after the training session.

KEY WORDS: eccentric overload, rest interval, inertial resistance training, flywheel resistance training, recovery Interval.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento con sobrecarga excéntrica (SbCEXC) es un método isoinercial para el entrenamiento de fuerza que se basa en el aumento de la intensidad durante la fase excéntrica de un movimiento realizado. Es un método importante para la mejora de la fuerza muscular en el entrenamiento orientado tanto al rendimiento (Gonzalo et al., 2016; de Hoyo et al., 2015; Sabido, Hernández, Botella, Navarro y Tous, 2017; Tesch, Fernández y Lundberg, 2017), como a la salud (Sanz, Sánchez, Hita, Cruz y Martínez, 2017; Gual, Fort, Romero y Tesch, 2016; Romero, Gual y Tesch, 2011), ya que mejora la fuerza máxima, la sección transversal del músculo y la eficacia de CEA (ciclo estiramiento-acortamiento) en mayor medida que los métodos de entrenamiento de fuerza tradicionales con cargas convencionales.

Los parámetros de la carga que afectan a la prescripción del entrenamiento como el volumen, la intensidad o los intervalos de recuperación (IR), están poco estudiados para este método. Podemos encontrar una serie de recomendaciones extraídas de las intervenciones realizadas con dispositivos isoinerciales. Tesch et al. (2017) establecieron un protocolo estándar en el que definían estos parámetros: Volumen = 4 series x 7 repeticiones; IR = 1,5-3min. Además, hacen referencia a cuantas sesiones se deberían realizar en función del objetivo del entrenamiento, en general se habla de más de dos días a la semana con un descanso mínimo de 48 horas entre las sesiones con SbCEXC. Aunque, otros autores (Sabido et al. (2017) determinan como suficiente para encontrar adaptaciones un día a la semana.

Sabido, Hernández y Pereyra (2017), estudiaron la intensidad, definiendo las intensidades bajas (0,0125 kg m²) para trabajos de potencia máxima de la fase concéntrica y las intensidades medias (0,075 kg m²) para el ratio excéntrico/concéntrico (potencia pico excéntrico/potencia pico concéntrico). En esta última investigación, especifican dos sesiones de familiarización con este tipo de dispositivos para conseguir una medida estable y fiable en el cuarto de sentadilla. Por otro lado, otros afirman como necesarias 3 o más sesiones de familiarización (Tesch et al., 2017). Sobre el volumen de entrenamiento, Sabido et al. (2017), encuentran disminución de la potencia concéntrica y excéntrica sin diferencias significativas con la máxima de la serie, tanto en intensidad inercial de 0,025 kg m² como en la de 0,075 kg m². En ningún caso encontramos comparaciones para los IR en función del objetivo de entrenamiento o de ninguna otra variable.

Los tiempos de recuperación para el entrenamiento de fuerza están muy contrastados, determinando IR diferentes para cada tipo de orientación del entrenamiento (potencia, fuerza explosiva, hipertrofia o fuerza máxima), e incluso para el nivel de condición física de los sujetos. Los IR los podemos dividir en dos grupos (Gonzalez, 2016): los cortos o incompletos, de 1'5 a 3 minutos, que se utilizan para hipertrofia, y los largos o completos, de 3 a 5 minutos, para potencia, fuerza máxima o fuerza explosiva. En el mismo artículo, determinan un IR corto como insuficiente para sesiones con volúmenes altos, y un IR de 3 minutos como mínimo para conseguir mejoras con sujetos no entrenados. Hernández, Botella y Sabido (2017), establecen como suficientes 2 minutos de recuperación para trabajar potencia del tren superior en sujetos entrenados. Encontraron una disminución de la potencia en las repeticiones de pres banca realizadas tras un RI de 1min en comparación con 2 y 3 minutos, independientemente del género o el nivel de entrenamiento.

Para la metodología de entrenamiento basada en la sobrecarga de la fase excéntrica, como ya hemos dicho anteriormente, encontramos pocos artículos que sirvan de referencia para tiempo de recuperación necesario y ninguno que compare IR en función del objetivo de entrenamiento. Con un IR de 2 minutos, Sanz et al. (2016), obtuvieron aumentos de la sección transversal del tendón de Aquiles y disminución del ángulo de peneación del gastronemio medial en programas más cortos que sin SbCEXC. Otros autores (Gual et al., 2016; Romero et al., 2011), hallaron disminución el dolor y de la pérdida funcional en tendinopatías rotulianas, así como disminución de incidencias de lesión en los isquiosurales (de Hoyo et al., 2015), ambas con los mismos IR que el anterior.

Por otro lado, también se encontraron mejoras del rendimiento en acciones explosivas como el saltos y COD con un IR de 3 minutos (Gonzalo et al., 2016), existiendo controversia entre los resultados para esas mismas variables con un IR de 2 minutos. También se ha de tener en cuenta que las adaptaciones funcionales específicas dependen del ejercicio utilizado en la intervención, ya que el estudio que no obtuvo mejoras del salto y COD con IR de 2min (Sabido et al., 2017), si encontró aumentos en una variable que tenía un patrón biomecánico similar al ejercicio realizado en el dispositivo de SbCEXC. Por tanto, el objetivo de esta investigación es identificar los IR apropiados para el trabajo de fuerza con dispositivos isoinerciales, diferenciando entre potencia y entrenamiento con SbCEXC.

El objetivo de esta investigación es estudiar la influencia del IR en programas de entrenamiento de fuerza con dispositivos de SbCEXC. Trataremos de diferenciar entre IR para el entrenamiento de la potencia (carga baja del dispositivo) e intervalos de recuperación para entrenamiento puramente de sobrecarga excéntrica (carga media-alta).

METODOLOGÍA

Veintitrés jugadores de balonmano masculino amateur (edad = $24,4 \pm 4,27$ años; altura = $1,83 \pm 0,07$ m; masa = $80,7 \pm 6,33$ kg; RM sentadilla = $131,69 \pm 12,90$ kg; RM/masa = $1,64 \pm 0,17$) pertenecientes al Club BM Elche de la categoría senior (equipo A y B), participaron voluntariamente en el estudio. Se consideró criterio de exclusión la presencia de algún tipo de lesión desde el inicio del estudio o con una antelación de 3 meses, y como criterio de inclusión la experiencia previa en el trabajo de fuerza mínimo de 2 años, para la técnica de sentadilla. Todos los participantes fueron informados del riesgo de las sesiones del programa de entrenamiento y firmaron el consentimiento informado creado por el Comité de Ética de la Universidad de acuerdo con la Declaración de Helsinki antes de la participación.

Se realizó un protocolo de medición, con seis sesiones que se programaban con una separación mínima de siete días. De este modo, el protocolo se llevó a cabo una vez por semana durante seis semanas seguidas, a excepción de algún jugador que cuando faltaba una semana, se recuperaba a la siguiente continuando con el protocolo original. Antes del inicio del estudio se realizaron dos semanas de familiarización con una progresión del volumen de la carga. Todas las sesiones se realizaban al inicio de semana y con una separación mínima, al partido jugado anteriormente, de 24h horas.

Tabla 1.- Esquema del procedimiento durante las sesiones

SEMANA 0 – Familiarización		Sesión 0 → 2x10 (0,025 kg · m2) / 2x7 (0,050 kg · m2) IR=3' Sesión 00 → 2x10 (0,025 kg · m2) / 2x7 (0,075 kg · m2) IR=3'
0,025 kg · m2	SEMANA 1	Sesión 1 → 4x11 (8) IR grupo A = 1' - IR grupo B = 2' - IR grupo C = 3'
	SEMANA 2	Sesión 2 → 4x11 (8) IR grupo A = 2' - IR grupo B = 3' - IR grupo C = 1'
	SEMANA 3	Sesión 3 → 4x11 (8) IR grupo A = 3' - IR grupo B = 1' - IR grupo C = 2'
0,075 kg · m2	SEMANA 4	Sesión 4 → 4x11 (8) IR grupo A = 1' - IR grupo B = 2' - IR grupo C = 3'
	SEMANA 5	Sesión 5 → 4x11 (8) IR grupo A = 2' - IR grupo B = 3' - IR grupo C = 1'
	SEMANA 6	Sesión 6 → 4x11 (8) IR grupo A = 3' - IR grupo B = 1' - IR grupo C = 2'

Se formaron tres grupos para contrabalancear los tiempos de recuperación que queremos contrastar, los cuales son 1, 2 y 3 minutos (tabla 1). El primer grupo tendrá el orden ascendente de los tiempos, el segundo empezaría por dos minutos, seguido de tres y acabando con el de un minuto de IR, y el último grupo empezaría por tres minutos, seguido de uno y dos minutos. Mantenían ese orden de los IR para las dos cargas utilizadas.

El ejercicio utilizado durante las sesiones de entrenamiento fue el ½ squat (Crewther et al., 2011). Los momentos de inercia utilizados fueron 0.025 kg m2 durante las tres primeras semanas, la cual se según Martínez y Fernández (2016), es la intensidad óptima para producir potencia, y para las otras tres 0.075 kg m2, la intensidad media-alta, la cual debería producir mayor sobrecarga excéntrica. Durante el entrenamiento se realizaron cuatro series de once repeticiones, las tres primeras para iniciar y dar velocidad al movimiento, y las ocho repeticiones restantes para registrar los datos.

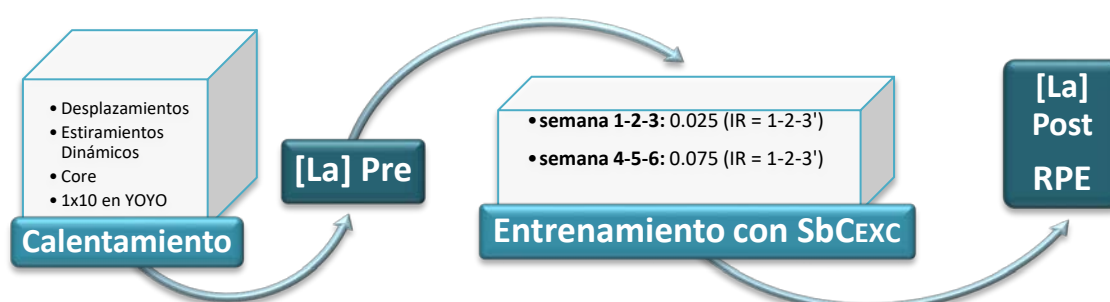


Figura 1.- Esquema del procedimiento durante las sesiones

Todas las sesiones estuvieron estructuradas de la misma manera, como se ve en la Figura 1. Empezaban con un calentamiento de 8 minutos en el que se ejecutaban desplazamientos, estiramientos dinámicos, ejercicios de estabilidad del core y una serie en el dispositivo isoinercial *flywheel* con la intensidad que iban a realizar la sesión. Seguidamente

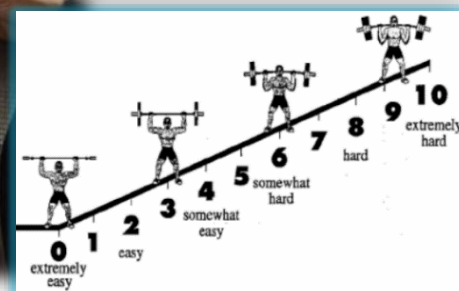
realizaba el registro de la concentración de lactato en sangre pre-sesión y realizaban en entrenamiento prescrito. Al finalizar, se dejaba 1 minuto de descanso y se registraba la segunda medida de concentración de lactato en sangre post-sesión y el valor de la escala perceptiva del esfuerzo (RPE) de la sesión. También se realizaba un cuestionario a través del Google drive, para registrar las agujetas (DOMS) a las 24 y 48 horas.

Para las sesiones de entrenamiento se utilizó un dispositivo isoinercial *flywheel* (kBox 3, Exxentric AB TM, Bromma, Suecia), que proporciona la intensidad a través del momento de inercia de una masa giratoria (discos). Este disco inicia el giro durante la fase concéntrica del movimiento, pero al finalizar esta fase la inercia del disco hace que este siga girando, y empujará al sujeto hacia abajo, que tendrá que desacelerar la inercia del disco, la cual produce la sobrecarga, durante la fase excéntrica. Los participantes fueron instruidos para realizar la fase

concéntrica lo más rápido posible y retrasar la acción de frenado hasta el último tercio de la fase excéntrica. Los datos registrados fueron la potencia pico concéntrico (PpCON), la potencia pico excéntrico (PpEXC) y el ratio excéntrico/concéntrico, se utilizó un codificador compatible con el dispositivo isoinercial *flywheel* (SmartCoach Power Encoder, SmartCoach Europe AB, Estocolmo, Suecia) con el software asociado (v 3.1.3.0).



Figura 2.- Dispositivo flywheel y encoder



Los materiales utilizados para registrar el resto de variables fueron, el lactacidómetro portátil (Lactate Scout, Senselab, Leipzig, Alemania), con el que se determinaba la concentración de lactato en sangre, y se calculaba la diferencia entre el pre y el post-sesión, conociendo así el

aumento de esta. Por otro lado, para la valoración subjetiva del esfuerzo de las sesiones, la escala OMNI-RES (Robertson, 2004), con puntuaciones de 0 a 10 (Figura 3).

Figura 3.- Registro de la concentración de lactato en sangre y escala percepción subjetiva del esfuerzo

Puntuación de recuperación (TQR)	
6	
7	Muy, muy poco recuperado
8	
9	Muy poco recuperado
10	
11	Poco recuperado
12	
13	Moderadamente recuperado
14	
15	Bien recuperado
16	
17	Muy bien recuperado
18	
19	Muy, muy bien recuperado
20	Excepcionalmente recuperado

Figura 4.- Escala del cuestionario TQR.

Para el registro de la última variable, las DOMS, se utilizó el cuestionario TQR (Total quality recovery) de Kentta y Hassmén (1998). En este cuestionario se realizaba a través de un formulario de *Google Drive*, donde se les preguntaba a los jugadores sobre las sensaciones musculares tras haber pasado 24 y 48 horas desde el entrenamiento, el cual las puntuaciones van de 6 a 20, siendo 20 totalmente recuperado y (Figura 4). Registramos ambas, pero, solo utilizamos el registro de las 24h debido a que el otro se vio afectado por otras sesiones de entrenamiento.

El análisis estadístico de los datos recogidos durante el estudio se llevó a cabo con el programa SPSS Statistics versión 23.0 para Windows. Los datos se presentan como media \pm desviación típica (media \pm SD). Las medias y SD se emplearán para el cálculo del tamaño del efecto (*effect size*, ES), como determina Rhea (2004), siendo el resultado definitivo valorado como Trivial <0.25 , pequeño $0.25-0.50$, moderado $0.50-1.0$ y grande > 1.0 , teniendo en cuenta que los sujetos del estudio son de la columna de *Entrenado profesionalmente*, entre 1 y 5 años de entrenamiento.

Para el contraste de medias realizaremos análisis de medidas repetidas. Primero comparamos diferencias entre las medias de las cuatro series de un mismo IR, para cada una de las variables dependientes: PpCON, PpEXC y ratio. Después comparamos las medias de la diferencia de concentración lactato, el RPE y las DOMS a las 24 horas, comparando entre los diferentes IR. Por último, comparamos las medias de todas las primeras series juntas, después de las segundas y así sucesivamente. Todos estos análisis se realizaron dos veces, para ambas intensidades utilizadas ($0,025$ y $0,075$ kg·m²). La significación estadística fue establecida en $p<.05$.

REFERENCIAS

- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J., & Yang, G. Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3319-3325.
- Cormie, P., McGUIGAN, M. R., & Newton, R. U. (2010). Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(9), 1731-1744.
- De Hoyo, M., De La Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., ... & Gonzalo-Skok, O. (2015). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International journal of sports medicine*, 36(04), 308-314.
- De Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(1), 46-52.
- Gonzalez, A. M. (2016). Effect of Interset Rest Interval Length on Resistance Exercise Performance and Muscular Adaptation. *Strength & Conditioning Journal*, 38(6), 65-68.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., ... & Mendez-Villanueva, A. (2016). Eccentric Overload Training in Team-Sports Functional Performance: Constant Bilateral Vertical vs. Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International journal of sports physiology and performance*, 1-23.
- Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., & Tesch, P. A. (2016). Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 1834-1842.
- Hernández, J. L., Botella, J., & Sabido, R. (2017). Influence of strength level on the rest interval required during an upper-body power training session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 339-347.
- Ide, B. N., Lourenço, T. F., Brenzikofer, R., & Macedo, D. V. (2017). Muscular and Metabolic Responses to Resistance-Training with Eccentric Overload. *J Athl Enhanc* 6: 1. of, 6, 23-8.
- Nibali, M. L., Chapman, D. W., Robergs, R. A., & Drinkwater, E. J. (2013). Influence of rest interval duration on muscular power production in the lower-body power profile. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2723-2729.
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2016). Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric-overload in professional handball players. *Journal of human kinetics*, 60(1), 133-143.
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 20(10), 943-951.
- Martinez-Aranda, L. M., & Fernandez-Gonzalo, R. (2017). Effects of inertial setting on power, force, work, and eccentric overload during flywheel resistance exercise in women and men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1653-1661.

- Martorelli, A., Bottaro, M., Vieira, A., Rocha-Júnior, V., Cadore, E., Prestes, J., ... & Martorelli, S. (2015). Neuromuscular and blood lactate responses to squat power training with different rest intervals between sets. *Journal of sports science & medicine*, 14(2), 269.
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Robertson, R. J. (2004). *Perceived exertion for practitioners: rating effort with the OMNI picture system*. Human Kinetics.
- Romero-Rodriguez, D., Gual, G., & Tesch, P. A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 12(1), 43-48.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 530-538.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., & Pereyra-Gerber, G. T. (2017). Influence of different inertial loads on basic training variables during the flywheel squat exercise. *International journal of sports physiology and performance*, 1-30.
- Sanz-López, F., Sánchez, C. B., Hita-Contreras, F., Cruz-Díaz, D., & Martínez-Amat, A. (2016). Ultrasound changes in achilles tendon and gastrocnemius medialis muscle on squat eccentric overload and running performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 2010-2018.
- Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R., & Lundberg, T. R. (2017). Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) Resistance Exercise. *Frontiers in physiology*, 8.

1. ANEXO

A. Fotos de la ejecución de sentadilla en el dispositivo de sobrecarga excéntrica:

