

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el
Deporte



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESTUDIO DE LA VARIABLE ALTURA DE ENROLLADO COMO DETERMINANTE DE LA CARGA EXTERNA EN POLEA CÓNICA

ALUMNO: FRANCISCO ORTUÑO FUENTES

TUTOR ACADEMICO: RAFAEL SABIDO

UMH 2017-2018

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)	4
3. CONCLUSIONES DE LOS ARTÍCULOS	6
4. PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN	7
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	8
6. REFERENCIAS	8



1. INTRODUCCIÓN

En el músculo pueden manifestarse tres tipos de contracciones musculares. Contracción concéntrica, consideramos que se produce una cuando la fuerza interna vence a la externa o donde la resistencia es menor a la tensión generada por el músculo disminuyendo su longitud. Contracción excéntrica, consideramos que se produce una cuando la fuerza externa vence a la interna, pudiendo generar mayores niveles de tensión (30%). También donde una resistencia es mayor a la tensión generada por el músculo aumentando su longitud. Contracción isométrica donde la fuerza interna se iguala a la fuerza externa, es decir, no se vence la resistencia que queremos superar. Izquierdo, y col. (2008).

Cuando hablamos de sobrecarga excéntrica hacemos referencia a aquellos ejercicios donde el promedio de sobrecarga excéntrica se aumenta respecto a la sobrecarga concéntrica. Los métodos de entrenamiento que acentúan las porciones excéntricas de los ejercicios de fuerza han demostrado mejora neuronal, hipertrófica y adaptaciones de fuerza, comparado con entrenamiento de resistencia más convencional donde la carga movilizada en la fase excéntrica y las concéntricas son iguales. Núñez, Suarez, Cater, y Olavide, (2016). Se encontraron mejoras en la recuperación de tendinopatía aquíleas y rotulianas con el uso de sobrecargas excéntricas Ros, Barrera, Ibáñez, Guillén, López, y González (2011). Dicho sistema de entrenamiento también se ha demostrado muy eficaz durante la prevención de lesiones (Askling, Karlsson, y Thorstensson, 2002) y en rehabilitación de estas (Rodríguez, Gual, y Tesch, 2011). También se ha demostrado que el trabajo con sobrecarga excéntrica produce adaptaciones como un rápido reclutamiento de las fibras de Tipo II y su posterior hipertrofia (Melisa, McDougall, Tarnopolsky, Cipriano, y Green, 1997).

La polea cónica (VersaPulley o VP) es un aparato de entrenamiento funcional, ya que se basa en movimientos multi-articulares, el cual utiliza la tecnología inercial. También nos aporta la ventaja de que la resistencia que pone el aparato es adaptada al usuario que la está utilizando, dado que la fuerza que produce el sujeto es la inercia que le generará este, de tal modo que la resistencia es variable y adaptada al sujeto que hace uso del él. Numerosos estudios han demostrado que el entrenamiento isoinercial produce una mayor sobrecarga en la fase excéntrica, tanto en el estudio de Askling, Karlsson, y Thorstensson (2002), como en el estudio de Rodríguez, Gual, y Tesch (2011).

Resistencia del volante de la VP proporciona una fuente de resistencia lineal de una cuerda en-vuelta alrededor de un eje vertical en forma de cono. Esta se enrolla de manera similar a la flywheel, donde la acción concéntrica sucede en el tirón y la acción excéntrica ocurre durante la recogida de la cuerda. La VP trabaja en el mismo paradigma de resistencia que la flywheel, pero opera en forma de cono giratorio en lugar de cilindro. La cinética de la porción concéntrica del ejercicio se transfiere a la porción excéntrica, por lo tanto, el impulso concéntrico que, en función de la fuerza y el tiempo, puede inducir una mayor cantidad de fuerza promedio excéntrica. En contraste con otros dispositivos inercial, esta característica de carga permite realizar tanto sobrecarga concéntrica como sobrecarga excéntrica a altas velocidades, mientras se mueve en múltiples planos de movimiento (Núñez y col, 2016).

Este aparato también se caracteriza por la facilidad que aporta a la hora de entrenar gestos específicos del deporte que realice nuestro sujeto, por lo tanto, estaremos realizando un trabajo de fuerza con los beneficios que aporta la sobrecarga excéntrica anteriormente mencionados, de un gesto en concreto y específico del deporte.

A la hora de realizar un trabajo con VP, hemos de tener en cuenta numerosos factores que van a condicionar la carga externa que le va a suponer al sujeto. La carga externa en polea viene dada por varios factores. Uno de ellos sería las características de la cuerda, como puede ser la elongación dinámica de esta, el diámetro, semi-estática o dinámica (simple, doble, gemela). Altura de enrollado, siendo estas las diferentes alturas que tiene la máquina para determinar la zona de enrollado en el cono. La cuerda puede enrollar desde el pico hacia la base o de la base hacia el pico, pasando por las 4 alturas. Cargas de inercia que coloquemos, es decir, el número de pesas que colocamos en la base del aparato inercial, provocando una mayor o menor aceleración. La longitud de la cuerda que utilicemos, que, aunque no hay nada estudiado al respecto, consideramos que es un factor que hay que tener en cuenta. Como bien sabemos a mayor o menor brazo de palanca habrá diferente proyección de las fuerzas

El objetivo de la revisión realizada ha sido, comprobar que metodología de entrenamiento han usado en los diferentes estudios, teniendo en cuenta cualquier variable relacionada con la carga externa que hayan utilizado y ver qué resultados han obtenido.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

La información ha sido buscada en la base de datos Google Académico, utilizando como palabras claves de búsqueda: "VersaPulley and Eccentric Overload".



Artículo	Muestra	Metodos	Resultado	Carga
Entrenamiento muscular a través de tecnología isoinercial en un jugador de futbol profesional intervenido de rotura total de L.C.A. Estudio de caso. Victor Manuel, Carolina Lancho, Juan Manuel (2016)	Jugador de fútbol profesional	13 sesiones (3 por semana: lunes, miercoles y sabado. En cada sesión: 2 ejercicios isoinerciales (yoyo squat y yoyo legcru). Carga de trabajo (6 series, 10 rep, 2 carga inercia, descansos 3 minutos).	El entrenamiento isoinercial como un método adecuado para la recuperación de la potencia del cuádriceps e isquiotibiales, tanto en la fase concéntrica como excéntrica	2 cargas inerciales
Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. Julio Tous, Oliver Gonzalo, José Luis Arjol, Per Tesch. (2016)	24 jugadores de 2 equipos	12 EVT (entrenamiento de sobrecarga excéntrica en polea isoinercial). 12 CONV (entrenamiento en plataforma vibratoria). 11 semanas de estudio	Mayores niveles de Fuerza Concéntrica Máxima con el entrenamiento de plataforma vibratoria. Mayores niveles de Fuerza Excentrica Máxima como el entrenamiento de VersaPulley.	
Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de futbol de élite U-16. Javier Raya, Luis Suárez, Antonio Riquez, et al. (2018)	16 futbolistas	3 sesiones por semana de entrenamiento habitual de fútbol. La investigación duro 9 semanas.El programa de entrenamiento adicional de fuerza tuvo una duración de 6 semanas dos sesiones por semana. El entrenamiento del GF se realizó previamente a la sesión de entrenamiento de fútbol, y consistió en 4*8+2 para coger inercia,del ejercicio squat lateral en un dispositivo inercial utilizando un volante de inercia de .025 kg/m2. La recuperación entre series fue de 180 segundos.	Un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas excentrica ejecutado en un dispositivo inercial es efectivo en la mejora de la potencia muscular en jugadores de futbol juvenil de alto nivel. Mejoras en la capacidad de salto, perdida de peso, las variables que determinan el rendimiento en fútbol.	Carga inercial 0.25
Entrenamiento Isoinercial en un equipo amateur de rugby. Luis Pombero, Rafael Sabido (2016-2017)	9 jugadores Rugby	6 semanas de intervención. 2 sesiones semanales. 5 series y 8 repeticiones. 3 minutos de recuperación.		Inercia 0.025 kg.m2 y las dos ultimas con el de 0.075 kg.m2
Muscle enzyme and fibre tupe-specific sarcomere protin increases. Ni seremos after inertial concentric-eccentric exercise. G. Carmona, M. Guerrero, R. Cussó , et al (2014)	edad 28.6 ± 6.1 años; altura 175 ± 6.5 cm; peso 73.3 ± 6.9 kg	7 series de 10 repeticiones de máxima intensidad del ejercicio media sentadilla	La potencia promedio concentrica fue 40% mayor que la potencia promedio excentrica.. SJ no se modificó significativamente con incluso una disminución del 4,2% y el 4% a las 48 h y a las 144h. Dolor Muscular, fueron mayores 24 horas despues del ejercicio inercial y se mantuvieron altos a las 48 horas, disminuyendo a las 96h.	El. Brazo de polea se estableció en el nivel de resistencia más alto, que corresponde al radio mínimo del cono.
Eccentric-overload training un tema sport funtional performance: Constant bilateral vertical versus variable: unilateral mitidirectional movements. Oliver Gonzalo. Julio Tous, Carlos Valero, et al. (2017)	48 futbolistas	Ambos grupos (CBV y VUMD) realizaron 2 sesiones de capacitación adicionales, durante 8 semanas. El CBV realizó 6 ser de un ejercicio (sentadillas). El VUMD 1 serie de 6 ejercicios unilaterales usando una polea cónica. 3 minutos de recuperación pasiva entre series y ejercicios.	Mejoras en los dos grupos (CBV y VUMD), pero encontraron mejores adaptaciones en pruebas combinadas en el grupo VUMD y todo lo contrario en el grupo CBV en sprint lineal y en salto vertical	Inercia: 0.27kg/m2, relación velocidad: fuerza 1 de 4 , correspondiendo con el radio máximo del cono.
The high-intensity pull exercise: A comparison between a versapulley flywheel device and the freeweight. F. Javier Núñez, Luis J. Suarez, Paul Cater, et al. (2016)	15 jugadores de rugby	Dos sesiones de entrenamiento de 6 series de 6 repeticiones con 20 segundos de recuperación entre series del ejercicio tirón alto con el dispositivo VP y FW. Ambas sesiones de entrenamiento separadas por 72 horas.	La Fuerza Concéntrica máxima fue mayor en FW. La fuerza excentrica máxima superior en VP. También la demandas metabólicas son sustancialmente mayores. VP como alternativa para el entrenamiento de potencia y resistencia a la potencia.	

3. CONCLUSIONES DE LOS ARTÍCULOS

Según Núñez, Lancho, y Ramírez (2016) el entrenamiento isoinercial con una metodología que incluye, 6 series de 10 repeticiones con una densidad de 3 minutos entre serie y con dos cargas inerciales, es muy efectivo como método de recuperación de los niveles de potencia, tanto en la fase excéntrica como en la concéntrica.

En el estudio de Tous, Gonzalo, Arjol, y Tesch (2016), comprobaron que un entrenamiento en cono inercial con una inercia de 0.27 kg/m^2 , con una duración de 11 semanas, producía mejoras en los niveles de fuerza excéntrica máxima.

Otro estudio analizado fue el de Raya, Suárez, Rísquez, y Saez (2018) en cuyo resultado obtuvieron, que un programa de entrenamiento con una duración de 9 semanas y 2 sesiones por semana, utilizando una metodología 4×10 con una inercia de 0.025 kg/m^2 , produce mejoras en los niveles de potencia

En el estudio de Carmona, y col. (2014) vieron que un entrenamiento con polea cónica isoinercial de 7 series de 10 repeticiones a máxima intensidad y una altura de recogida 4 de 4, es decir la cuerda se enrolla en el radio mínimo del cono. Obtuvieron una reducción del 40% en la potencia promedio excéntrica con respecto a la concéntrica.

También se analizó el de Gonzalo, y col. (2017) en el cual se compara entre un grupo que realiza 2 series de capacitación adicional y un grupo que realiza 1 series de 6 ejercicios utilizando la polea cónica, en ambos grupos había una densidad de 3 minutos de recuperación pasiva entre series y ejercicios, con una carga inercial de 0.27 kg/m^2 y una altura de recogida 1 de 4 que corresponde al radio más grande de enrollado. Obtuvieron que el grupo que realizaba 1 serie de 6 ejercicios con polea cónica obtenía mejores adaptaciones en pruebas combinadas.

Según Nuñez, Suarez, Cater, y Mendez (2016) que compararon un grupo que realiza el ejercicio tirón alto con peso libre y un grupo que lo realiza con polea cónica inercial, realizando 6 series de 6 repeticiones con 20 segundos de recuperación entre series, vieron que con el peso libre se mejoraba la fuerza máxima, mientras que con polea cónica inercial se mejoraba la fuerza máxima excéntrica, había unas demandas metabólicas mayores y es una alternativa al entrenamiento de la potencia y resistencia a la potencia.

Realizando una comparación entre el estudio de Carmona, y col. (2014) y el estudio de Gonzalo, y col. (2017), hemos podido ver como con la altura de enrollado 4 de 4 se obtenía un promedio mayor de sobrecarga concéntrica que de excéntrica, mientras que con una altura de enrollado 1 de 4 se obtiene mejores resultados en pruebas combinadas

Por lo tanto, concluimos que el trabajo con polea isoinercial, es una metodología de trabajo que podríamos utilizar para la obtención de numerosos objetivos que nos planteemos en la planificación de un deportista, en recuperación de una lesión, como método preventivo de cara a las lesiones, pero hay muy poca investigación de cara a como medir la carga externa que esta produce en el sujeto que la utiliza.

Viendo la poca cantidad de información que hay al respecto sobre el cono inercial o polea inercial, hemos decidido realizar una intervención cuyo objetivo es conocer cómo afecta en la carga externa la altura de enrollado de la cuerda, pasando por las 4 alturas y ver las modificaciones que se producen en las variables de; Pico potencia (concéntrica y excéntrica); La ratio de sobrecarga excéntrica producida por la variación de la altura de enrollado/recogida durante el gesto Remo-Pie en VP.

La Hipótesis que se plantea en este estudio es que cuando colocamos una altura de enrollado 1 de 4, la cual consideramos la altura de enrollado más baja que posee la VP, la sobrecarga

excéntrica es mayor que cuando colocamos una altura de enrollado 4 de 4, siendo esta en la cual va a predominar la sobrecarga concéntrica sobre la sobrecarga excéntrica.

4. PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN

La muestra para la intervención fue de 15 hombre (edad = 22 ± 1.26 años; altura= 177.33 ± 3.98 m; masa= 73.5 ± 7.64 kg), todos ellos físicamente activos.

La intervención se realizó una vez por semana, específicamente los martes por la mañana. Consistió en la realización de 4 series 10 repeticiones (descartando las 2 primeras, la cuales eran para tomar inercia y modular el gesto) con una densidad de 3 minutos entre serie, del gesto técnico remo-pie con un agarre prono.

El procedimiento utilizado fue comenzar por la altura número 1 de 4, considerando 1 la altura de enrollado más baja que posee el aparato inercial VersaPulley, e iremos en ascenso, de tal modo que la segunda semana empezamos por la altura 2 de 4 y acabaremos en la 1 de 4, la tercera semana empezamos por la altura 3 de 4 y acabaremos en la 2 de 4, la cuarta semana empezamos por la altura 4 de 4 y acabamos en la 3 de 4.

Antes de iniciar el protocolo de entrenamiento, se realizó un calentamiento estandarizado de 10 min, donde se ha incluido carrera continua, movilidad articular y estiramientos dinámicos en desplazamiento, seguido de ejercicios de activación del core como son la plancha frontal, lateral y lumbar, 8 repeticiones del ejercicio squat, 8 repeticiones con cada pierna del ejercicio lounge y para finalizar 8 repeticiones del remo-pie en el cono inercial.

Para estandarizar el recorrido se fijó que el final del recorrido debía de ser, cuando la barra llegara a tocar el pecho en la última fase del tirón. Para evitar desequilibrios durante la ejecución y facilitar la impulsión a los participantes, se colocó justo delante de su pie discos equivalentes a 40 kg, de tal modo que le facilitamos al sujeto la capacidad de mantener el equilibrio durante la ejecución (Figura 1). La colocación de las piernas era elegida por los sujetos, por temas de preferencia a la hora de tener su pierna hábil adelantada o atrasada.

A los participantes se les hizo realizar la fase concéntrica lo más rápido posible y para realizar la fase de frenado durante toda la fase de recogida del cono inercia. Los participantes recibieron un fuerte estímulo verbal durante toda la sesión. Durante cada repetición, tanto la potencia concéntrica como la excéntrica se registraron mediante un receptor óptico (SmartCoach, Europe AB, Stockholm; Suecia) acoplado al dispositivo inercial.

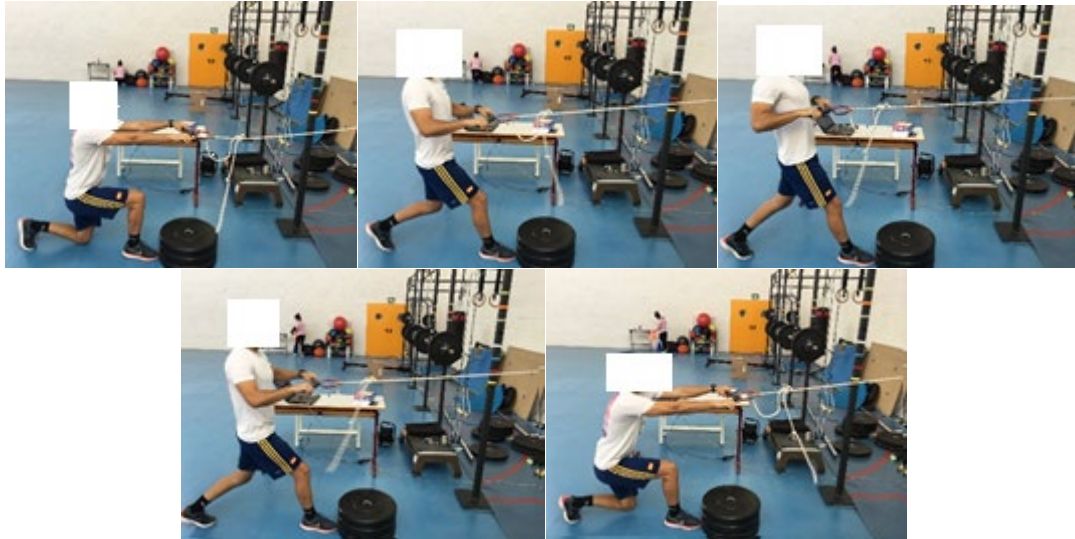


Figura 1. Sujeto realizando ejercicio Remo-Pie con polea isoinercial

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados usando SPSS Estadísticas para Windows, versión 22.0 (IBM Corp, Nueva York). Después de verificar la normalidad de los datos usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se utilizó una prueba ANOVA de medidas repetidas de 4 vías seguido de una prueba post-hoc de Bonferroni para determinar las diferencias en los efectos de las diferentes alturas que ofrece el aparato VP, en potencia concéntrica, potencia excéntrica y la relación en los diferentes días de prueba también como en el rendimiento intra-set. La significación estadística se estableció en $p < 0.05$.

6. REFERENCIAS

- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload.
- Carmona, G., Guerrero, M., Cussó, R., Padullés, J. M., Moras, G., Lloret, M., ... & Cadefau, J. A. (2015). Muscle enzyme and fiber type-specific sarcomere protein increases in serum after inertial concentric-eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(6).
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., ... & Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International journal of sports physiology and performance*, 12(7), 951-958.
- Izquierdo M. (2008) Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. Madrid, España: Panamericana
- Melissa, L. O. R. I., MacDOUGALL, J. D., Tarnopolsky, M. A., Cipriano, N., & Green, H. J. (1997). Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxic versus normoxic conditions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 238-243.

- Navarro Navarro, A. (2015). Aplicación de un entrenamiento isoinercial sobre el rendimiento en balonmano.
- Núñez Alvarez, V. M., Lancho Poblador, C., & Ramírez Pistón, J. M. (2016). Entrenamiento muscular a través de tecnología isoinercial en un jugador de fútbol profesional intervenido de rotura total de LCA. Estudio de caso. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (29).
- Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Olavide, S. (2016). Note. This article will be published in a forthcoming issue of the International Journal of Sports Physiology and Performance. The article appears here in its accepted, peer-reviewed form, as it was provided by the submitting author. It has not been copyedited, proofread, or formatted by the publisher.
- Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2017). The High-Pull Exercise: A Comparison Between a VersaPulley Flywheel Device and the Free Weight. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 527-532.
- Pombero Bautista, L. (2017). Entrenamiento isoinercial en un equipo amateur de rugby.
- Ros, F. E., Barrera, F., Ibáñez, A. P., Guillén, J. F. A., López, M. T. F., & González, L. M. (2011). Prevención de la tendinopatía rotuliana con ejercicios excéntricos en deportistas. *Trauma*, 22(4), 241-247.
- 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. doi: 10.1016/j.ptsp.2010.10.003
- Ros, F. E., Barrera, F., Ibáñez, A. P., Guillén, J. F. A., López, M. T. F., & González, L. M. (2011). Prevención de la tendinopatía rotuliana con ejercicios excéntricos en deportistas. *Trauma*, 22(4), 241-247.
- Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., Bretones, A. R., & de Villarreal, E. S. (2018). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *Retos*, 33, 106-111.
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International journal of sports physiology and performance*, 11(1), 66-73.