

Trabajo Fin de Máster. Máster de Rendimiento Deportivo y
Salud.

Análisis de la influencia de la longitud de la cuerda en tecnologías isoinerciales.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Curso académico 2018-2019

Alumno: Óscar Perez Hernández

Tutor académico: Rafael Sabido Solana.

Tutor Profesional: Omar Antón Copé

RESUMEN

El entrenamiento de la fuerza debe ser un elemento principal dentro de los programas de entrenamiento tanto para la mejora de la salud como del rendimiento. Dentro de la fuerza, encontramos diferentes tipos de contracciones musculares, tratando en este estudio la fuerza excéntrica la cual se manifiesta con la musculatura en estado de alargamiento y donde la resistencia a vencer es mayor a la tensión ejercida por el sujeto, teniendo beneficios importantes tanto en la prevención de lesiones como en el aumento del rendimiento. Este tipo de fuerza se puede entrenar a través de diferentes metodologías e instrumental, tratando en este estudio la polea cónica o máquina isoinercial en la cual el sujeto realiza una fuerza concéntrica produciendo una inercia que tendrá que frenar en la fase excéntrica. El objetivo de este estudio es analizar la influencia de la longitud de la cuerda de la polea cónica en la fuerza concéntrica y excéntrica durante el ejercicio de remo bilateral sentado ejecutado con diferentes longitudes de cuerda. Un total de 14 sujetos físicamente activos participaron en el estudio. Los sujetos realizaron dos sesiones previas de familiarización con el ejercicio y la medición del RM indirecto en un remo tabla con barra. La medición se realizó mediante un encoder rotatorio durante 3 series de 10 repeticiones a 3 distancias de cuerda diferentes (1'5, 2'5 y 3'5 metros).

Palabras clave: fuerza excéntrica, máquina isoinercial, polea cónica.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	3
MÉTODO.....	5
Participantes.....	5
Procedimiento experimental.....	5
Protocolo de medición.....	6
Análisis estadístico.....	7
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8



INTRODUCCIÓN.

El entrenamiento de fuerza es un elemento esencial para garantizar tanto el rendimiento deportivo como para la mejora de la salud, teniendo grandes beneficios sobre ambos (Pollock & Evans,1999). Además, esta fuerza puede derivar de diferentes formas de activación por parte del músculo, diferenciando la contracción concéntrica, isométrica y excéntrica (Hoeger,2005), siendo esta última la elegida para ser analizada en este estudio. Las contracciones excéntricas son aquellas en las que la musculatura está alargada, aumentando la distancia entre los discos Z del músculo (López Calbet, 1998).

La fuerza excéntrica se lleva a cabo durante acciones donde se utiliza una resistencia mayor a la tensión ejercida por la musculatura la cual se contrae y elonga a la vez (Behrens & Buskies, 2004). Las contracciones excéntricas son eficaces durante el desarrollo de muchos deportes (Enoka, 1996) aumentando el rendimiento deportivo, para el cual se debe buscar la mayor especificidad del entrenamiento y del tipo de contracciones musculares que aparecen en la práctica deportiva (Higbie, Cureton, Warren & Prior,1996), obteniendo beneficios como mayores ganancias de hipertrofia y fuerza muscular (Serger, Arvidsson & Thorstensson,1998) o adaptaciones neurales mayores respecto al entrenamiento concéntrico (Hortobagyi et al., 1996).

Por otro lado, desde una vertiente más orientada a la salud y prevención de lesiones, el entrenamiento excéntrico ha estado excluido durante años debido a que produce una mayor inflamación y daño muscular en relación al entrenamiento concéntrico (Willmore & Costill, 2004). Sin embargo, muchas investigaciones evidencian la utilización de la fuerza excéntrica para disminuir el número de lesiones (Romero & Tous, 2010; Proske & Morgan, 2002) y también dentro de los programas de rehabilitación y recuperación funcional de las lesiones, siendo recomendado en tendinopatías (Canell et. al, 2001) o roturas de LCA (Mjølsnes et. al, 2004).

Por todos estos beneficios, se debe entender la fuerza excéntrica como un factor determinante del rendimiento deportivo y necesario para la mejora de la salud y prevención de lesiones.

Para llevar a cabo el entrenamiento excéntrico, existen diferentes metodologías y herramientas para su desarrollo siendo el objeto de este estudio la utilización de la polea cónica. Esta herramienta es un dispositivo que basa su funcionamiento en la tecnología inercial, donde el sujeto genera energía cinética en la fase concéntrica de una determinada

acción y que, a través del giro del volante del dispositivo, será devuelta y frenada en la fase excéntrica, siendo dinámica y proporcional a la que genera el deportista (Tous, 2010). Además, esta tecnología provoca un aumento del reclutamiento de unidades motoras (Berg & Tesch, 1994). El funcionamiento de esta tecnología hace que la cantidad de fuerza y energía empleada por el sujeto sea dependiente de la potencia máxima capaz de generar él entrenando, ya que, en función de la fuerza que este realice en la fase concéntrica, le será devuelta para intentar frenarla en la fase excéntrica. A esto se puede sumar la posibilidad de controlar la inercia mediante las cargas de un peso determinado situadas en la base del dispositivo y una cuerda o soga de determinada longitud que se extrae mediante un agarre o cinturón a una determinada altura y la cual se enrolla y desenrolla del cono central del dispositivo.

El entrenamiento de fuerza mediante polea cónica es un ámbito poco estudiado respecto a otras metodologías, sin embargo, se han obtenido diferentes beneficios en investigaciones sobre el rendimiento deportivo y prevención de lesiones, con aumentos de la hipertrofia, la fuerza y la potencia en deportistas entrenados (Nuñez et al., 2018; Sabido et al., 2017) y en personas no entrenadas (Onambele et al., 2008), siendo también utilizado para evaluar la fuerza muscular y la potencia (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003).

Por otro lado, el diseño del dispositivo hace que existan diferentes elementos que pueden modificar el entrenamiento y acerca de los cuales existen pocos estudios. El primero de ellos hace referencia al número de cargas que se instalen en la base del dispositivo, lo cual determinará una mayor o menor cantidad de inercia traducida en un valor determinado de la aceleración y desaceleración. En segundo lugar, la altura a la que sale la cuerda hacia el sujeto y de enrolla, ya que este dispositivo dispone de diferentes alturas pudiendo ser modificadas en función del tipo de ejercicio a realizar. En tercer lugar, la longitud de la cuerda a la que se realice el ejercicio, lo cual puede determinar la cantidad de fuerza concéntrica o excéntrica realizada por el sujeto, siendo esta variable la elegida para analizar en este estudio.

El objetivo de este estudio es analizar la influencia de la longitud de la cuerda de la polea cónica en la fuerza concéntrica y excéntrica durante el ejercicio de remo bilateral sentado ejecutado con diferentes longitudes de cuerda.

MÉTODO

Participantes.

Un total de 14 sujetos físicamente activos participaron en el estudio. Los estadísticos descriptivos de los participantes se muestran en la tabla 1. Antes de la realización de los test, los participantes fueron informados del protocolo. No participó ninguna persona con una lesión diagnosticada o en proceso de recuperación. Los participantes fueron informados de las instrucciones para la realización del protocolo, así como de su objetivo.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los participantes.

	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	RM remo barra (kg)
Hombres n= 9	31,44 ± 12,21	75,78 ± 6,76	175,33 ± 2,00	66,11 ± 7,59
Mujeres n= 5	37,80 ± 12,68	63,60 ± 3,21	167,60 ± 2,70	49,4 ± 5,13

Procedimiento experimental.

El estudio se llevó a cabo en un centro de entrenamiento personal. Todos los participantes realizaron un protocolo de aprendizaje de dos semanas con la máquina de polea cónica y el ejercicio específico a medir con el objetivo de familiarizar con la técnica de ejecución. Se realizaron dos sesiones de familiarización divididas en dos semanas previas a la semana de medición, compuestas por 3 series de 10 repeticiones en el ejercicio de remo horizontal sentado con agarre en pronación. Se utilizaron las mismas condiciones que en el momento de medir desarrolladas más adelante, así como una serie a cada distancia de cuerda establecida. Posteriormente, en la tercera semana, se procede a la medición de una serie a cada distancia. El procedimiento experimental queda reflejado en la figura 1.

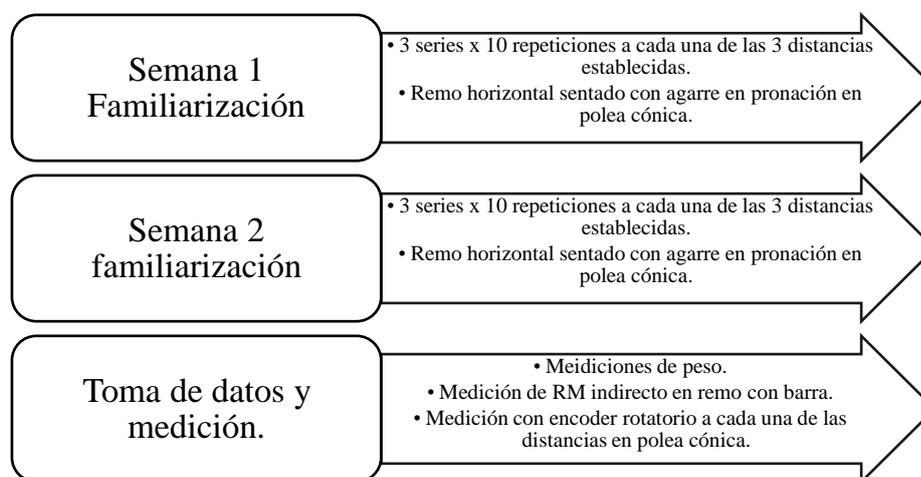


Figura 1. Protocolo de medición.

Protocolo de medición.

Para la ejecución del ejercicio a evaluar, se utilizó una polea cónica inercial con 6 cargas de 900 gramos cada una, con la polea en un nivel 1 de altura y realizado a 3 longitudes de cuerda diferentes (1,5 metros; 2,5 metros y 3,5 metros).

El ejercicio realizado fue un remo horizontal con agarre en pronación y sentado, cuya ejecución técnica se basaba en un agarre ajustado a la anchura biacromial del sujeto realizando una extensión de codos completa en la fase excéntrica y una tracción completa en la fase concéntrica, apoyando el pecho en el respaldo del banco para facilitar la estabilización del tronco (Figura 2)

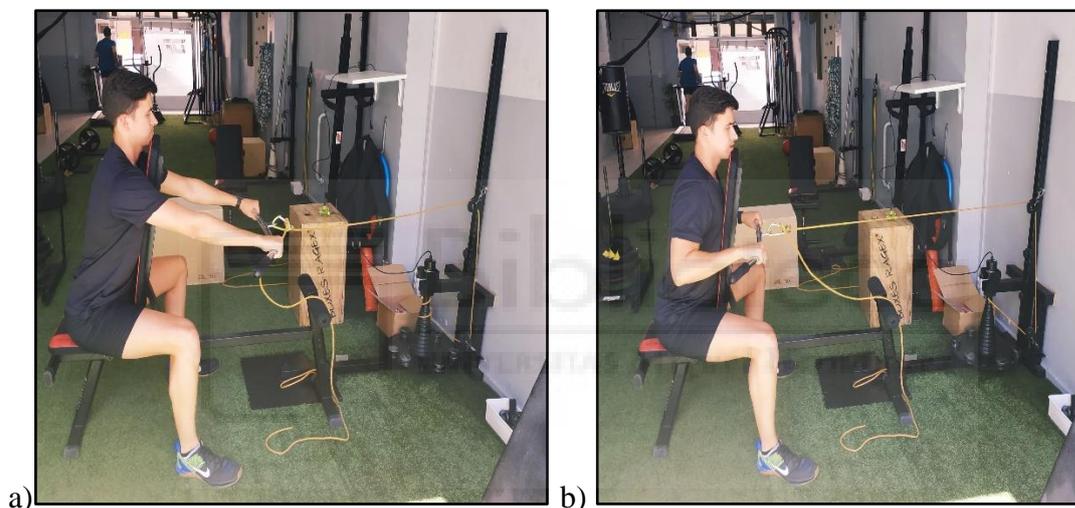


Figura 2. Ejercicio de remo horizontal con agarre en pronación sentado. (a) Posición inicial fase concéntrica y final fase excéntrica. ,(b)Posición final fase concéntrica.

El instrumento utilizado para medir las tres series de remo a las diferentes longitudes fue un encoder rotatorio de eje (*Chronojump BoscoSystem®*) conectado a un ordenador portátil con el software aportado por *ChronoJump BoscoSystem®* (Figura 3). Este software registró las variables de potencia máxima concéntrica y excéntrica; la ratio de potencia excéntrica/concéntrica y la potencia media concéntrica y excéntrica a cada una de las tres distancias de cuerda establecidas. Por otro lado, se calculó el RM indirecto de los participantes en la fase de familiarización a través de un remo tabla con barra, realizando una serie al fallo y calculado mediante la fórmula de Brzycki.

Para el protocolo de medición, los sujetos no participaron previamente en ninguna actividad física que pudiera alterar la prueba. Todos ellos realizaron un calentamiento

general compuesto por movilidad articular guiada y activación de CORE mediante el ejercicio de plancha frontal. Seguidamente, un calentamiento específico con series de aproximación para realizar una serie al fallo del remo tabla con barra y 1 serie de aproximación en polea cónica previa a las 3 series de medición. A continuación, se realizó la medición de cada una de las series en las 3 longitudes, compuestas por 10 repeticiones y descartando las dos primeras, siendo motivados continuamente para que aplicaran el máximo esfuerzo en todas las series y repeticiones. El tiempo de recuperación entre series fue de 2 minutos.

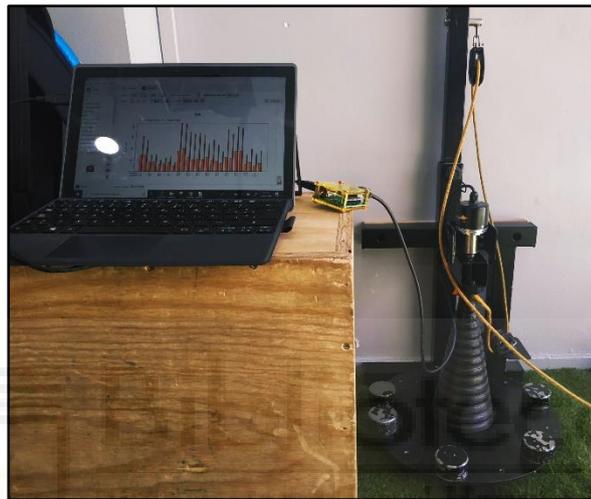


Figura 3. Instrumentos de medición.

Análisis estadístico.

Una vez hechas las mediciones, todos los datos fueron extraídos del software a formato Excel para ser analizados y tratados posteriormente con el programa SSPS IBM Statistics 22.

En primer lugar, se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para medir si la distribución de la muestra era normal, presentando una distribución normal en todas las variables.

Seguidamente, se llevó a cabo la prueba Anova para medidas repetidas en las tres situaciones de longitud de cuerda para cada una de las variables de rendimiento (Potencia máxima concéntrica y excéntrica, potencia media concéntrica y excéntrica y ratios concéntrico-excéntrico) con el objetivo de analizar si existían diferencias significativas ($p < .05$).

En tercer lugar, se realizó la medición del tamaño del efecto cuya interpretación se hizo atendiendo a la clasificación de Rhea (2004) para deportistas de entrenamiento de ocio.

Por último, se realizó una prueba de correlación bivariada de Pearson para analizar la variable RM respecto a las variables de rendimiento de polea cónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Askling, C. , Karlsson, J. & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 13. 244-50.
- Berg, H. & Tesch, P. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, space, and environmental medicine*. 65. 752-6.
- Boeckh-Behrens, W. U., & Buskies, W. (2004). Entrenamiento de la fuerza. Paidotribo.
- Cannell, L., Taunton, J., Clement, D., Smith, C., & Khan, K. (2001). A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes: Pilot study. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 60-64.
- Enoka, R. (1997). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985). 81. 2339-46.
- Higbie, E.J.; Cureton, K.J.; Warren, G.L.; Prior, B.M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J. Appl. Physiol.*, 81 (5), 2173-2181.
- Hoeger B. (2005). *Guía 4. Fuerza Muscular*. Programa de Educación Física, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Hortobágyi, T, P Hill, J, Houmard, J. , D Fraser, D , J Lambert, N & G Israel, R. (1996). Adaptive response to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985). 80. 765-72.

- López Calbet, J. A. (1998): Entrenamiento pliométrico y mejora de la capacidad de salto. *Archivos de Medicina del Deporte*. (15): 81-82.
- Mjølsnes, R , Arnason, A. , Østhagen, T. & Raastad, T. & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 14. 311-7.
- Nuñez, F. , Santalla, A. , Carrasquilla, I. , Clemente, J. A. , Reina, J. I. & Suarez-Arrones, L. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLOS ONE*. 13.
- Onambélé-Pearson, G , Maganaris, C. N. , Mian, O. , Tam, E. , Rejc, E. , Mcewan, I. & Narici, M. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of biomechanics*. 41. 3133-8.
- Pollock, M.L., W.J. Evans (1999). *Resistance training for health and disease: introduction*. *Med. Sci. Sports Exerc*. 31(1):10-11.
- Proske, U. & Morgan, D. (2002). Muscle damage from eccentric exercise: Mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*. 537. 333-45.
- Romero, D. y Tous, J. (2010). *Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento óptimo*. Editorial Médica Panamericana.
- Sabido, R. , Hernández-Davó, J. & Pereyra-Gerber, G. (2017). Influence of Different Inertial Loads on Basic Training Variables During the Flywheel Squat Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 13. 1-30.
- Serger, J.Y., Arvidsson, B., Thorstensson, A.: Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur. J. Appl Physiol* 79 (1998), 49-57.
- Tous J. (2010). Entrenamiento de la fuerza mediante sobrecargas excéntricas. En Romero D y Tous J (ed.). *Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento deportivo óptimo*. Madrid: editorial Médica Panamericana. Pp 217-239.

Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del Deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.

