

**Determinación de la carga óptima para el desarrollo de potencia en dispositivos de sobrecarga excéntrica.**

Alumno: Pereyra Gerber, Gabriel Tupac 31877668N

Profesor: Rafael Sabido Solana

Universidad Miguel Hernández de Elche



**Correspondencia:**

Universidad Miguel Hernández de Elche

Centro de Investigación del Deporte

Avenida de la universidad, s/n.

03202 Elche (Alicante)

## ***Introducción.***

El desarrollo de la fuerza muscular resulta de suma importancia por su incidencia tanto en el ámbito de la salud como en la optimización del rendimiento deportivo. (Faigenbaum et al., 2009) (Moore, 2004). Tradicionalmente, la gran mayoría de metodologías de entrenamiento de ésta cualidad han estado centradas en la utilización de cargas gravitacionales. Con éste tipo de cargas, los mayores picos de fuerza se realizan durante el acercamiento de los puntos de inserción muscular (fase concéntrica), donde la unión de los puentes de actina-miosina genera un vector de fuerza superior al ofrecido por la carga de resistencia. La fase excéntrica, también conocida como trabajo negativo, (Faulkner, 2003) se ve entonces facilitada por la acción de la gravedad y la limitación del rango de movimiento, no siendo necesaria por tanto una considerable producción de fuerza. (Fernandez-Gonzalo, Lundberg, Alvarez-Alvarez, & de Paz, 2014).

Sin embargo, en los últimos años, un gran número de estudios científicos han demostrado la importancia que el desarrollo de la fuerza excéntrica posee. Investigaciones realizadas sobre la musculatura posterior del muslo (isquiosurales principalmente), han aportado evidencias de que la fuerza excéntrica juega un rol fundamental en la capacidad de prevenir lesiones tanto musculares (Croisier, Frothomme & Namurois, 2002) como ligamentosas (ligamento cruzado anterior) (Hewett, Myer & Ford, 2001). Además, recientes investigaciones han demostrado que las metodologías que favorecen la producción de fuerza excéntrica conllevan una mayor síntesis de proteína muscular pudiendo conseguir adaptaciones estructurales (hipertrofia) tras periodos de entrenamiento más cortos que con metodologías gravitacionales (Norbrand, 2010). Esto puede ser debido a que el músculo “in vivo” es capaz de generar mayores niveles de fuerza en esfuerzos excéntricos que en concéntricos (Katz 1939; Komi and Buskirk 1972; Tesch et al. 1990; Enoka 1996).y que, además, la síntesis proteica resulta mayor tras

acciones excéntricas incluso con cargas mecánicas menores (Phillips et al. 1997; Gibala et al. 2000). Como ya se encuentra ampliamente demostrado, éste aumento producido en la sección transversal del músculo está relacionado con el aumento de la fuerza del mismo (Stone et al., 2003) .Así mismo, la utilización de metodologías de sobrecarga excéntrica ha demostrado prevenir los procesos de sarcopenia generados en adultos mayores, permitiendo a éstos, entre otras cosas, mantener su funcionalidad y autonomía. (Arboleda y col., 2015) Por otro lado, el entrenamiento excéntrico conlleva también al fortalecimiento de los componentes elásticos en serie del músculo. Esta particularidad permite un mayor aprovechamiento de la energía elástica que se almacena fundamentalmente en tendones, y como consecuencia, (siempre que la velocidad del ciclo de estiramiento – acortamiento sea adecuada) una mayor potencia en la acción concéntrica realizada tras el movimiento excéntrico. Por lo tanto, el entrenamiento bajo esfuerzos de carácter excéntrico resulta una herramienta de suma importancia para el desarrollo de la fuerza ya sea en el ámbito de la salud como en el de rendimiento deportivo (Hather, Tesch, Buchanan, & Dudley, 1991). Dentro de los recursos de entrenamiento de la fuerza excéntrica, se halla el desarrollo de la misma por medio de métodos isoinerciales. Ésta tecnología radica en la utilización de la inercia generada por la aceleración de un volante acoplado a un eje sobre el cual se enrolla una correa. A medida que ésta es traccionada por el ejecutante a través de un chaleco que permite acoplar la correa al sujeto, el volante va tomando velocidad mientras gira. Al desenrollarse totalmente la correa tiende a enrollarla nuevamente en sentido contrario, traccionado así al ejecutante en el sentido opuesto al movimiento realizado. La fuerza que devuelve el dispositivo se encuentra en función del radio y la masa del volante así como de la aceleración generada por la fase concéntrica de la acción realizada. Como consecuencia de ésta aceleración y de la conservación de la energía en el volante de inercia, éste tipo

de dispositivos tienen la particularidad de generar una fase de sobrecarga excéntrica. (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2002; Romero-Rodríguez, Gual, & Tesch, 2011). El entrenamiento isoinercial resulta por tanto una herramienta de gran valor para el desarrollo de la fuerza excéntrica.

En el ámbito de la salud, investigaciones como las realizadas por Romero-Rodríguez D et al., (2011) han demostrado el beneficio de los sistemas isoinerciales en la prevención de tendinopatías. Además, varias investigaciones han demostrado también su utilidad en la prevención de lesiones musculares (de Hoyo & col, 2015; Askling et. al., 2003) así como su justificación en la utilización como recurso de recuperación de lesiones ligamentosas (Sánchez I., 2008). En los últimos años, la utilización de éste tipo de dispositivos irrumpió también en el ámbito de la optimización del rendimiento deportivo. Las investigaciones realizadas en este contexto demostraron como, por medio de un programa de entrenamiento realizado en dispositivos isoinerciales, se podían mejorar aspectos relativos al deporte tales como la velocidad en los cambios de dirección, (Tous-Fajardo, 2015) test de 20metros de velocidad, altura en salto con contra movimiento y distancia en triple salto (Navarro, 2015).

No obstante, existen diversas limitaciones en la literatura que dificultan la prescripción y el control de programas de ejercicios de fuerza excéntrica realizados en dispositivos isoinerciales. Entre las limitaciones más importantes destaca la falta de conocimiento de las cualidades inherentes a la carga tales como, intensidad, volumen y densidad óptimas que permitan a los profesionales de la actividad física y el deporte el desarrollo de programas dirigidos tanto al ámbito de la salud como al del rendimiento deportivo. En éste sentido se registra un único trabajo en el ámbito del deporte, realizado por Tous-Fajardo (2006) quien analiza la respuesta aguda producida por 2 volantes de inercia distintos sobre la musculatura isquiosural en jugadores de Fútbol y Rugby

(Arboleda, 2016). Así mismo se registra un único trabajo, realizado por Arboleda, (2016) orientado a distinguir las diferencias en cuanto a potencia excéntrica y concéntrica en función de la utilización de distintas cargas de inercia en adultos mayores. Por otro lado, dado que se requiere un aprendizaje en la coordinación de las fuerzas de frenado en la última fase del movimiento para generar la sobrecarga excéntrica deseada (Tous Fajardo, 2006), es necesario poseer un marco de referencia que indique qué cantidad de sesiones se deben contemplar para conseguir este fin.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue describir las características a nivel de intensidad (potencia excéntrica, concéntrica, y su ratio) de 4 diferentes intensidades de inercia empleadas en un dispositivo isoinercial. Así mismo, se pretende determinar qué cantidad de sesiones se debe realizar para lograr una sesión de valoración fiable en este tipo de tecnología.

## **METODO**

### *Sujetos*

Para la realización del estudio participaron 9 jugadores de balonmano ( $81.1 \pm 9.0$  kg,  $179.5 \pm 4.6$  cm,  $23 \pm 5$  años) pertenecientes a la categoría Senior del Club de Balonmano Elche. Los sujetos poseen experiencia de al menos 1 año en trabajos de fuerza y conocen adecuadamente la técnica de Semi squat utilizada. Además, los participantes habían formado parte de un estudio anterior utilizando dispositivos isoinerciales. Sin embargo, todos ellos llevaban al menos 8 meses sin utilizar éste tipo de instrumento.

El protocolo fue elaborado de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por la comisión ética de la Universidad Miguel Hernández de Elche (España).

## ***Procedimiento***

Los sujetos fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos. Ambos desarrollaron 4 sesiones de valoración con un ejercicio de Semi Squat en un dispositivo isoinercial YoYo.Exxentric (kBox 3, Exxentric AB TM, Bromma, Suecia). Uno de los grupos realizó las sesiones utilizando 4 cargas distintas de manera ascendente (0,025 Kg.m<sup>2</sup>; 0,050 Kg.m<sup>2</sup>; 0,075 Kg.m<sup>2</sup>; 0,1 Kg.m<sup>2</sup>) y el otro grupo con iguales cargas pero de manera descendente (0,1 Kg.m<sup>2</sup>; 0,075 Kg.m<sup>2</sup>; 0,050 Kg.m<sup>2</sup>; 0,025 Kg.m<sup>2</sup>). El orden de carga asignado, ya sea ascendente o descendente, se mantuvo constante durante las 4 sesiones. Cada sesión incluyó 1 serie con cada intensidad de inercia y un total de 10 repeticiones por serie. Se descartaron las primeras 2 repeticiones de cada una de las series por considerarse que son necesarias para coger inercia. El protocolo contempló pausas de recuperación completas tanto entre series como entre sesiones. Se brindó para tal caso 4 minutos entre cada una de las series y se estipuló en 1 semana el tiempo entre sesiones.

El cronograma de la investigación puede observarse en la *Figura 1*. En el primer encuentro se valoró la repetición máxima (RM) del ejercicio de Semi Squat y se realizó la primer sesión con el dispositivo isoinercial. Durante el segundo encuentro se realizó la evaluación de saltos Countermovement Jump (CMJ), Deep Jump (DJ), Squat Jump (SJ). y la sesión con el dispositivo Yo-Yo Exxentric. (kBox 3, Exxentric AB TM, Bromma, Suecia). Las sesiones 3 y 4 fueron destinadas únicamente a la realización del protocolo correspondiente en el dispositivo isoinercial. Durante las 4 sesiones se valoró la potencia tanto excéntrica como concéntrica por medio del encoder óptico SmartCoach (Europe AB, Estocolmo, Suecia) acoplado al dispositivo. La información fue procesada utilizando el software informático (SmartCoach Power Encoder, SmartCoach Europe AB, Estocolmo, Suecia),

Sesión			
1	2	3	4
Valoración Altura y Peso			
RM Semi Squat	CMJ,SJ,DJ		
Isoinercial G1† G2‡	Isoinercial G1† G2‡	Isoinercial G1† G2‡	Isoinercial G1† G2‡

G1† Grupo 1 (Carga Ascendente)  
G2‡ Grupo 2 (Carga Descendente)

*Figura 1.* Cronograma de la investigación.

### ***Protocolo en dispositivo isoinercial.***

Cada sesión se inició con una entrada en calor general de duración de 5min seguido de una fase de estiramiento de 2 min apuntada a los grupos musculares implicados. Seguidamente se realizó una serie de calentamiento específico en el dispositivo isoinercial. La misma consistió en 10 repeticiones aumentando de forma progresiva la velocidad y utilizando una intensidad de inercia de 0,05 Kg.m<sup>2</sup>. Luego de 4 minutos de recuperación se ejecutó la primer serie con la carga de inercia inicial correspondiente al grupo asignado. Se realizó una serie por cada carga de inercia. Con el fin de estandarizar el ángulo de descenso del movimiento se colocó una cinta de manera que, sin intervenir en el movimiento, el ejecutante supiese que estaba en el límite correspondiente a los 120° de flexión de rodillas.

### ***Repetición máxima en Semi Squat. (1RM)***

El test de RM en el ejercicio de Semi Squat fue realizado con peso libre y medido con el enconder lineal T-Force System Ergotech (Murcia, España). Los sujetos realizaron series con cargas incrementales hasta encontrar el 4RM. Por medio de la

utilización del software perteneciente al enconder T-Force System Ergotech (Murcia, España). se predijo el 1RM.

### ***Countermovement Jump (CMJ):***

La altura de salto fue medida con la plataforma de contacto Tapeswitch Signal Mat (Tapeswitch Corporation America, Nueva York, USA) y Globus ErgoTester (Codognè, Italia). Los sujetos comenzaron en posición erguida, con los brazos apoyados en sus caderas. Ésta posición de brazos se mantuvo durante toda la ejecución del salto. No se indicó un ángulo estandarizado de descenso sino que cada sujeto realizó el contra movimiento en el ángulo de mayor comodidad. Se realizaron tres intentos con descansos de 1 minuto entre ellos y se contabilizó el mejor.

### ***Squat Jump (SJ)***

La altura de salto fue medida con la plataforma de contacto Tapeswitch Signal Mat (Tapeswitch Corporation America, Nueva York, USA) y Globus ErgoTester (Codognè, Italia). Los sujetos comenzaron en posición de Semi Squat con un ángulo de 90° de flexión de rodillas debiendo mantener los brazos apoyados en sus caderas durante toda la ejecución del salto. Se hizo hincapié en evitar cualquier movimiento de descenso previo a la realización del salto. Se realizaron tres intentos con descansos de 1 minuto entre ellos y se contabilizó el mejor de los intentos.

### ***Deep Jump (DJ)***



Tanto la altura del salto como el tiempo de contacto fueron medidos con la plataforma de contacto Tapeswitch Signal Mat (Tapeswitch Corporation America, Nueva York, USA) y Globus ErgoTester (Codognè, Italia). Los sujetos comenzaron de pie sobre un cajón de 45cm de altura, manteniendo los brazos apoyados en sus caderas. La ejecución comenzó con un paso hacia adelante y la caída sobre la plataforma de contacto. Al caer con ambas piernas sobre la plataforma se realizó rápidamente un salto a máxima altura posible. Se realizaron tres intentos con descansos de 1 minuto entre ellos y se contabilizó el mejor.

### ***Análisis estadístico***

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software SPSS, Version 22.0 (IBM Corp. Released 2013, IBM SPSS Statistics for Windows). La base de datos fue examinada para su normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados de las distintas pruebas del protocolo de valoración fueron analizados utilizando una ANOVA de medidas repetidas con un ajuste de Bonferroni para observar las diferencias entre cargas. Se comprobó el ICC entre sesiones y se realizaron correlaciones bivariadas entre las diferentes variables para describir su relación utilizando los coeficientes de correlación de Pearson. El nivel de significación fue fijado en  $P < 0.05$ .