

Análisis electromiográfico y de percepción de esfuerzo del tirante musculador con respecto al ejercicio de medio squat

MARZO EDIR DA SILVA

Laboratorio de Ciencias Morfocionales del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Córdoba

JOSEP MARIA PADULLÉS

INEFC-Barcelona

VICTOR NÚÑEZ ÁLVAREZ

DIANA VAAMONDE

Laboratorio de Ciencias Morfocionales del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Córdoba

BERNARDO VIANA MONTANER

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

JOSÉ RAMON GÓMEZ PUERTO

JOSÉ LUIS LANCHO ALONSO

Laboratorio de Ciencias Morfocionales del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Córdoba

Resumen

El objetivo del presente estudio ha sido comparar el ejercicio de flexo-extensión de la rodilla realizado con el tirante musculador (TM) con el ejercicio de medio squat a distintas intensidades, además de la percepción de esfuerzo de los sujetos en cada uno de ellos. Con tal finalidad se eligieron 12 sujetos activos del sexo masculino a los que se les realizaron registros electromiográficos del vasto externo del cuádriceps. Los resultados obtenidos sugieren que no hay diferencias significativas en cuanto a respuesta electromiográfica y percepción del esfuerzo entre el ejercicio realizado sin carga extra mediante el TM y el ejercicio de medio squat al 50 % de 1 repetición máxima (1RM). De igual modo no se hallaron diferencias significativas entre el ejercicio con TM y carga extra de 10kg con respecto al ejercicio de medio squat con carga extra de 60 % de 1RM y para el ejercicio con TM y carga extra de 20 kg con el medio squat con carga extra de 70 % de 1 RM. De los resultados obtenidos se deriva que el ejercicio con el TM puede ser una alternativa bastante eficaz para el entrenamiento de fuerza; entre sus ventajas podemos destacar su facilidad de uso, bajo costo económico y, sobre todo, el hecho de poder ser un medio de entrenamiento que pueda evitar lesiones al no precisar de cargas externas excesivamente elevadas.

Palabras clave

Electromiografía, Fuerza, Potencia.

Abstract

The purpose of the present study has been to compare the knee flexo-extension exercise performed with the muscular belt (TM) with the half squat exercise using different intensities. Likewise, the effort perceived by the subjects at each point was compared. Twelve active male subjects were chosen for such purpose, they underwent vastus lateralis electromyographic recordings. The results obtained suggest that there is not a significant difference when comparing the exercise done with the TM and no extra load to the half squat exercise with an external load of 50 % of a maximal repetition (1RM). Likewise, there were no differences found between the TM with 10kg of extra load and the half squat with external load of 60 % of 1RM, and for the TM with 20 kg extra load and the half squat exercise with external load of 70 % of 1RM. It can be derived from the results obtained that exercising with the TM can be a rather efficient alternative for strength training; among its many advantages it can be remarked its "easy to use" handling, low economic cost, and, above all, the fact that it can be a training method that can avoid injuries since it does not need excessively high external loads.

Key words

Electromyography, Strength, Power.

Introducción

Los medios utilizados en el entrenamiento de fuerza son de suma importancia para conseguir que éste sea lo más específico posible (Siff y Verkoshansky, 1996); a pesar de la gran cantidad de medios disponibles en el

mercado (en general bastante atractivos y caros) no todos son apropiados para los objetivos que se quieran fijar (Kreighbaum y Barthels, 1996).

El *Tirante Musculador*TM, fue desarrollado en la antigua URSS y utilizado en el entrenamiento de los atle-

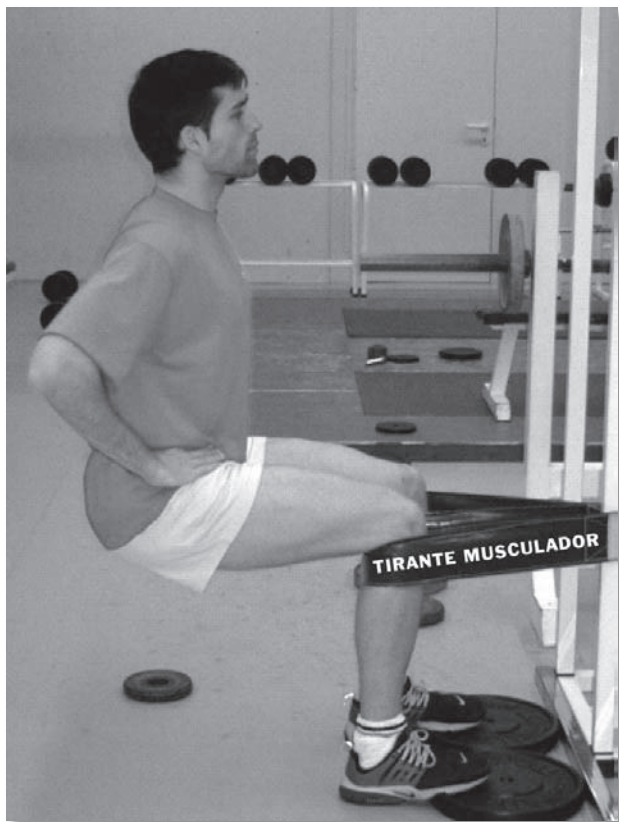


Figura 1
Tirante Figura Musculador®.

Tabla 1
Características
de la muestra.

Variable	Media (DS)
Edad	18,7 (2,1)
Altura	174 (4,3)
Masa corporal	68,8 (3,3)

tas de dicho país. Con unas ligeras modificaciones, fue introducido en España por Hans Ruf, entrenador de la selección española de atletismo. El TM se ha convertido en una herramienta fundamental en el entrenamiento de la fuerza en numerosas especialidades deportivas debido a su facilidad de uso y a su bajo coste de adquisición y mantenimiento (Da Silva *et al.*, 2004). En un comienzo se utilizó en entrenamiento isométrico, Tous y González de Suso (2001, sin publicar) hicieron los primeros estudios sobre los efectos del entrenamiento con TM comparados con otros medios de entrenamiento (Tous, 2003). Con posterioridad se ha asociado el entrenamiento isométrico con el Tirante Musculador® (TM) al entrena-

miento con vibraciones mecánicas (García-Manso *et al.*, 2002), más recientemente se han estudiado los efectos de la aplicación como entrenamiento dinámico (Da Silva *et al.*, 2004).

Uno de los beneficios más importantes es el bajo riesgo de lesión que presenta y la seguridad con la que permite desarrollar una mejora del sistema músculo-tendinoso. En estudio anterior hemos comparado, a través de EMG, la intensidad de trabajo del TM sin carga externa con la proporcionada por el ejercicio de medio squat (1/2 squat), comprobándose que durante la realización de la flexo-extensión con el TM se pueden conseguir estímulos semejantes a los de un medio squat con 50 % de 1RM.

En el presente estudio se pretende realizar una comparación, mediante electromiografía (EMG) de superficie y percepción de esfuerzo, del ejercicio de medio squat con el de flexo-extensión de la rodilla utilizando el TM (figura 1) con distintas intensidades.

Materiales y Métodos

Sujetos

Se evaluaron 12 sujetos del sexo masculino sanos y físicamente activos, que realizaban una práctica deportiva (fútbol, paddle, tenis, y atletismo) con una frecuencia mínima de tres veces por semana. (Tabla 1)

Periodo de aprendizaje

Para la adaptación de los sujetos a los ejercicios de medio squat y flexo-extensión de la rodilla con el TM se realizó, previamente al estudio electromiográfico, un periodo de aprendizaje de entrenamiento con pesas durante dos semanas (tabla 2). El tiempo de ejecución del movimiento en cada repetición se fijó en 2 s. (1s para la fase excéntrica y 1 s para la concéntrica); para controlar la velocidad de ejecución se utilizó un metrónomo digital.

Test de 1RM y Potencia Máxima

El valor de 1 RM se calculó tanto al comienzo de las 2 semanas de aprendizaje (pre-test) como al final (post-test).

La fuerza máxima de los miembros inferiores se evaluó utilizando la estimación de 1-RM del sistema *MuscleLab*™. En el ejercicio de medio squat se colo-

can los hombros en contacto con la barra; el ángulo de comienzo de ejecución del movimiento (rodilla) se estableció en 90°. Una vez dada la orden, los sujetos realizaban una extensión concéntrica de los músculos de la pierna (extensores de la cadera, rodilla, y tobillo) comenzando desde la posición de flexión de la rodilla hasta alcanzar la extensión máxima de 180° en contra de la resistencia que venía determinada por discos de peso añadidos a los extremos de la barra. Se dieron instrucciones a los sujetos para que realizasen una acción puramente concéntrica desde la posición de inicio, manteniendo los hombros en una posición abducida a 90° para asegurar consistencia de las articulaciones del hombro y del codo durante la realización del movimiento (Newton *et al.*, 1997)

Asimismo se pidió que el tronco permaneciese lo más recto posible durante todo el periodo de ejecución. Como a través de esta prueba también se estimó la potencia máxima, se pidió a los sujetos que realizasen el movimiento lo más rápido posible (Sahaly *et al.*, 2001). Todos los tests se realizaron sobre una máquina Multipower (GervaSport™) que permite realizar sentadilla. En esta máquina la barra se desplaza únicamente en la dirección vertical dentro de unos enganches que sirven de guía.

Tanto para la estimación de la potencia máxima como de la carga máxima (1RM) se utilizaron cuatro cargas: 25, 45, 65 y 85 kg. Se recogieron tres intentos con cada carga y la mejor lectura (velocidad media más alta) de los tres se usó para análisis posterior. Durante los tests se recogieron datos sobre la distancia recorrida en cada desplazamiento de la barra (m), velocidad máxima y media (m/s), potencia media (watts). Para ello se hizo uso del *encoder* (velocímetro) lineal incluido en el sistema *Muscle Lab*™, este sistema posee un microprocesador que trabaja internamente con una resolución de 10µs. Cuando se mueve la carga, el sistema registra de forma continua los tiempos empleados en efectuar cada recorrido de 0,07 mm a partir de

los cuales se determina la velocidad instantánea, con las variaciones de velocidad se calcula la aceleración y a partir de la aceleración se determina la fuerza. Conociendo la fuerza y la velocidad el sistema calcula la potencia. (Bosco *et al.*, 1995). Los cálculos de carga máxima (1RM) se determinaron indirectamente por el propio sistema a partir de los datos de fuerza y de velocidad (Bosco *et al.*, 1995). Se calculó la velocidad media y la potencia media en el rango de movimiento usado para realizar la repetición completa.

EMG

Para el análisis electromiográfico (EMG) se eligió una velocidad submáxima durante el ejercicio para obtener una mayor fiabilidad de la señal EMG generada, que está representada por una relación proporcional entre el EMG y la carga (Hakkinen *et al.*, 1997). La fiabilidad conseguida con esta velocidad submáxima en pruebas previas fue de 0,92.

Las señales electromiográficas del músculo vasto externo del cuadriceps femoral se recogieron con electrodos bipolares de superficie (Blue Sensor, Medicotest®). Los electrodos de superficie se colocaron perpendicularmente a la orientación de las fibras musculares, al ser ésta su orientación ideal (Weir *et al.*, 1999) y la distancia entre ellos se fijó en 2 cm, previa limpieza de la zona de adherencia (Cram y Kasman, 1998).

El *Muscle Lab*™ convierte la señal electromiográfica amplificada en una señal RMS media (root-mean-square, EMGrms) a través del propio *hardware* con una frecuencia de muestreo de 450 KHz, además nos permite hacer análisis relacionando la señal analizada con la obtenida en una contracción voluntaria máxima (MVC-maximal voluntary contraction, EMGmvc). Los cables se fijaron de manera apropiada para evitar su movimiento y la consecuente creación de artefactos (De Luca, 1997). La recogida y proceso de datos se realizó utilizando el *Muscle Lab*™ acoplado a un PC (Intel™ P IV).

	Media sentadilla (Multi-Power)	Flexo-Extensión (Tirante Musculador)
1ª Semana	10 rep (50%) de 1RM	10 rep sin carga extra
Días de entrenamiento:	8 rep (60%) de 1RM	8 rep 10 kg carga extra
Lunes, Martes, Jueves y Viernes	6 rep (70%) de 1RM	
2ª Semana	10 rep (50%) de 1RM	10 rep sin carga extra
Días de entrenamiento:	8 rep (60%) de 1RM	8 rep 10 kg carga extra
Lunes, Martes, Jueves y Viernes	6 rep (70%) de 1RM	6 rep 20 kg carga extra

◀
Tabla 2
Descripción del periodo de aprendizaje.

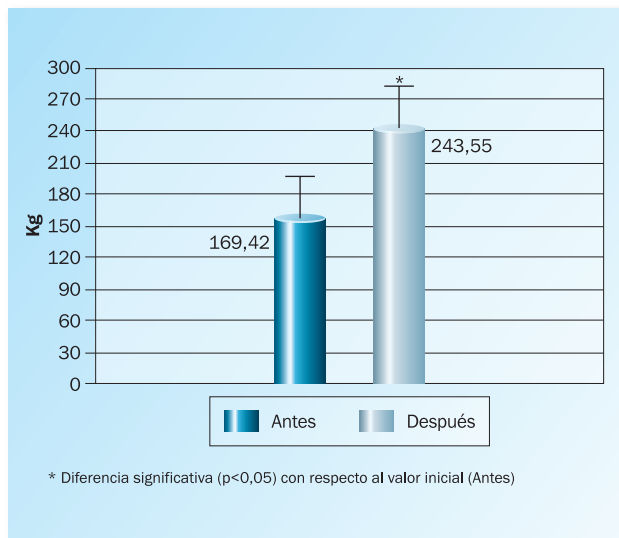


Figura 2
Valores de 1RM durante el periodo de aprendizaje.

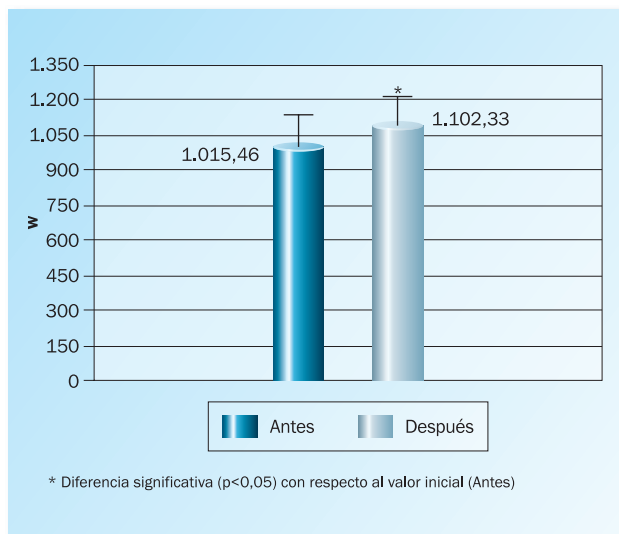


Figura 3
Valores de potencia máxima durante el periodo de aprendizaje.

Análisis estadístico

Se utilizaron métodos estadísticos tradicionales para calcular Medias y Desviación Estándar (SD). La normalidad de las muestras estudiadas se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Una vez fue comprobado, a través del test de Friedman, que las varias intensidades utilizadas para cada tipo de entrenamiento

eran significativamente distintas entre ellas, se decidió agrupar las medias por pares, analizando tales pares mediante el test T de Wilcoxon. El nivel de significancia adoptado fue de 5%. Todas las pruebas del análisis estadístico se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS (V.10).

Resultados

Los resultados se dividen en los siguientes bloques:

- Valores obtenidos durante las dos semanas del periodo de aprendizaje.
- Valores de MVC y RMS. Tanto el RMS como el MVC fueron analizados durante el desarrollo completo del movimiento, es decir, las fases excéntricas y concéntricas estudiadas de manera conjunta. Por su parte, el RMS se analizó también durante las dos fases (excéntrica y concéntrica) por separado.
- Valores de percepción de esfuerzo.

Exceptuando los resultados del periodo de aprendizaje, los demás valores obtenidos se analizaron por pares según la siguiente condición:

- Medio squat con carga externa de 50 % de 1RM y flexo-extensión de la rodilla con el TM sin carga extra.
- Medio squat con carga externa de 60 % de 1RM y flexo-extensión de la rodilla con el TM con carga extra de 10 kg.
- Medio squat con carga externa de 70 % de 1RM y flexo-extensión de la rodilla con el TM con carga extra de 20 kg.

Periodo de aprendizaje

Durante las dos semanas de entrenamiento los sujetos exhibieron un aumento del 43,75 % en el valor obtenido en 1RM estimado, siendo los valores medios obtenidos $169,42 \pm 29,22$ kg en el pre-test y $243,55 \pm 32,37$ kg en el post-test. La diferencia hallada fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$). (Figura 2)

Con respecto a los valores de la potencia durante la etapa de periodo de aprendizaje, éstos experimentaron un pequeño, aunque significativo ($p < 0,05$), au-

EMG	Tipo	Medio Squat		Tirante musculador®		p
		Carga	Media (SD)	Carga	Media (SD)	
MVC	E+C	50 %	47,72 (12,93)	0 kg	46,13 (10,55)	NS
	E+C	60 %	59,23 (18,98)	10 kg	57,44 (15,02)	NS
	E+C	70 %	67,07 (17,87)	20 kg	68,75 (17,20)	NS
RMS	E+C		164,82 (22,96)		161,09 (36,30)	NS
	E	50 %	156,45 (20,28)	0 kg	141,18 (36,24)	NS
	C		159,55 (31,34)		172,91 (37,47)	NS
	E+C		199,82 (28,94)		208,09 (56,60)	NS
	E	60 %	179,82 (24,99)	10 kg	182,91 (44,16)	NS
	C		221,82 (34,01)		232,91 (69,73)	NS
	E+C		228,64 (35,40)		240,62 (62,22)	NS
	E	70 %	204,73 (28,66)	20 kg	203,64 (64,78)	NS
	C		236,64 (45,68)		264,27 (73,54)	NS

Tabla 3
Resultados del EMG (mvc y rms) para los ejercicios de medio squat con cargas de 50, 60 y 70% de 1RM y ejercicio con Tirante Musculador con carga extra de 0, 10 y 20 kg. Los valores se definen como media y desviación estándar tanto para acciones excéntricas (E) como concéntricas (C). NS expresa una diferencia estadística no significativa para $p < 0,05$ entre los pares.

mento de un 8,55 % desde un valor inicial de $1015,46 \pm 123,00$ hasta un valor de $1102,33 \pm 112,50$ (Figura 3).

EMG % - (% maximal voluntary contraction)

La respuesta EMG expresada en % respecto a la MVC vienen detallados en la tabla 3 y figura 4. Se observaron las siguientes equivalencias

- TM con 0 kg de carga extra equivale al ejercicio de medio squat de 50 %.
- TM con 10 kg de carga extra al ejercicio de medio squat de 60 %.
- TM con 20 kg de carga extra al ejercicio de medio squat de 70 %.

No se encontró diferencia significativa en ninguno de los pares analizados.

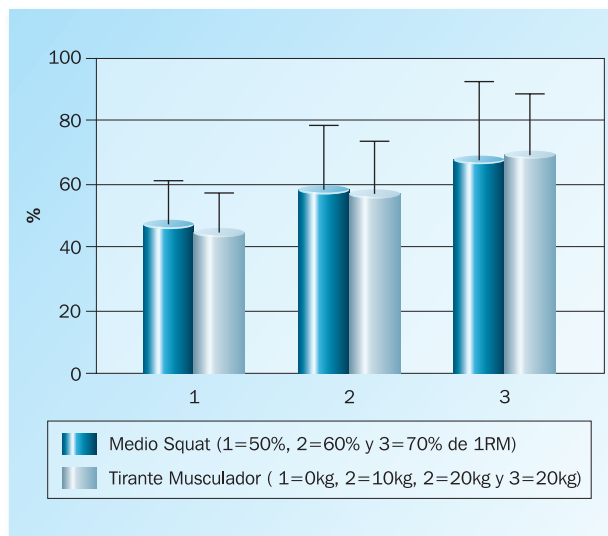


Figura 4
EMG%- Electromiografía (%maximal voluntary contraction) del vasto externo del cuadriceps de los pares analizados.

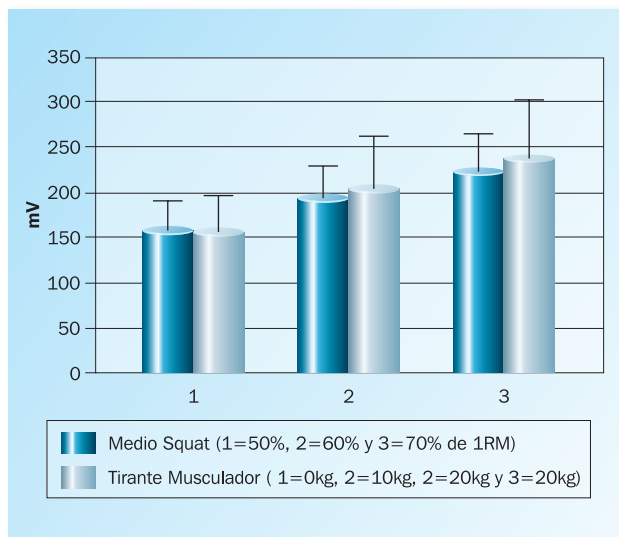


Figura 5
EMGrms - Electromiografía (root mean square), del vasto externo del cuádriceps de los pares analizados.

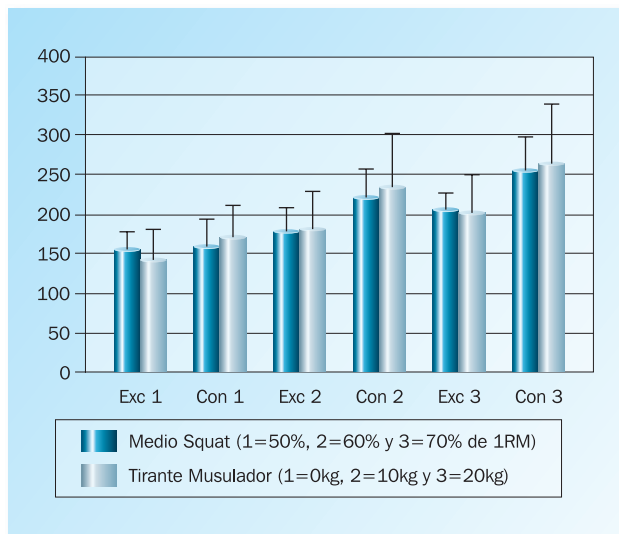


Figura 6
EMGrms - Electromiografía (root mean square), del vasto externo del cuádriceps de los pares analizados, durante las acciones excéntricas y concéntricas por separado.

EMG rms - (root mean square)

Los valores hallados para la señal RMS se dividieron como se ha explicado previamente en fases excéntrica y concéntrica por separado (figuras 5 y 6) y tomadas en conjunto como realización completa del movimiento (realizadas así tanto para ejercicio de me-

dio squat como para ejercicio con TM). Los valores vienen detallados en la tabla 3. Al igual que en el análisis de los resultados del MVC se pudo observar la misma equivalencia por pares aunque tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de tales pares.

Escala de Percepción del Esfuerzo

Los resultados obtenidos en la percepción de esfuerzo se pueden apreciar en la figura 7. Al igual que para los otros parámetros analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los pares analizados.

Discusión

En relación al periodo de aprendizaje se puede observar que los aumentos en la *performance* neuromuscular son muy notables; sin embargo, es importante recordar que los sujetos de la muestra eran individuos que no estaban acostumbrados con el entrenamiento con pesas y, por lo tanto, aunque intentamos estandarizar los tests antes del desarrollo de las pruebas debe haber ocurrido un efecto de aprendizaje en los tests al realizar el movimiento de medio squat durante este periodo. Además, se acepta que en las primeras semanas de entrenamiento se produce una adaptación nerviosa que es responsable por los grandes aumentos de fuerza experimentados (Sale, 1988). Los valores de 1RM estimado han experimentado un aumento mucho mayor que los de la potencia. Para tal hecho se puede postular que se debe al tipo de entrenamiento aplicado, realizado a una cadencia de 2 s por movimiento completo y, por consecuencia, al no ser explosivo, influye más sobre la carga máxima que sobre la potencia. Hay que indicar que la estimación del 1RM se realiza a partir de la función de la curva que relaciona la velocidad y la fuerza en el test de cargas progresivas. La variación en la pendiente de la curva puede provocar una sobreestimación del valor de 1RM.

Los resultados de la EMGrms y de EMG % mvc y escala de percepción de esfuerzo obtenidos indican que, dadas las características de la población analizada y las condiciones en las que se desarrolló el estudio, un ejercicio con TM sin carga extra equivale a un ejercicio de medio squat con una carga de 50 % de 1RM, un ejercicio con TM y carga extra de 10 kg equivale al ejercicio de medio squat con un 60 % de 1RM; por último, el ejercicio con el TM y carga extra de 20 kg equivale a un

ejercicio de medio squat con una carga extra del 70 % de 1RM.

Es interesante destacar que aunque nuestra experiencia previa parecía indicar que la intensidad del TM era equiparable al medio squat con carga elevada, en el presente estudio ha quedado patente que el uso del TM con una carga extra de 20kg es comparable a la realización de un medio squat con una carga extra del 70 % de 1RM.

Desde el punto de vista de la mecánica se puede encontrar una explicación al fenómeno de la igualdad del TM con respecto al medio squat, se realizó un análisis cinemático del movimiento de un sujeto utilizando el programa APAS View (figura 8) con el fin de encontrar la posición del centro de gravedad. Se puede apreciar que la distancia entre la línea de aplicación de la fuerza, peso corporal en TM (figura 10) y peso corporal mas sobrecarga en medio squat (figura 9), y el eje de la rodilla son distintas. En el caso del TM la distancia es mucho mayor por lo tanto el momento, para una misma fuerza es mayor cuanto mayor es la distancia. Para que en medio squat se de el mismo momento de fuerza que en TM, al ser la distancia menor en el primero debe aumentarse la fuerza, en este caso el peso.

El hecho de producir respuestas neuromusculares equivalentes al medio squat sin sobrecargar la columna vertebral presupone que dicho medio de entrenamiento puede ser utilizado de manera beneficiosa como sustituto del entrenamiento con sobrecarga en casos en los que exista peligro de lesión en la columna vertebral. Además, la adaptación que tiene lugar al entrenarse de forma isométrica con el TM causa un engrosamiento del tendón rotuliano, habiendo sido éste comprobado después de 6 semanas de entrenamiento a través de la evaluación ecográfica (García-Manso *et al.* 2004). Aunque en el presente estudio no se ha realizado control ecográfico, no sería extraño que tal engrosamiento del tendón se produjese también al entrenar con el TM de forma dinámica.

Nuestros resultados hallados con respecto a la percepción de esfuerzo parecen estar de acuerdo con los expresados por Moura *et al.* (2003) y Jackson y Dishman (2000), quienes afirman que la escala de percepción de esfuerzo es un método efectivo para el control de la intensidad al realizar un ejercicio.

A la luz de todo lo expuesto anteriormente, el TM se revela como un método barato, manejable y eficaz para el desarrollo de la fuerza del músculo vasto externo del cuádriceps femoral. Sería conveniente realizar en

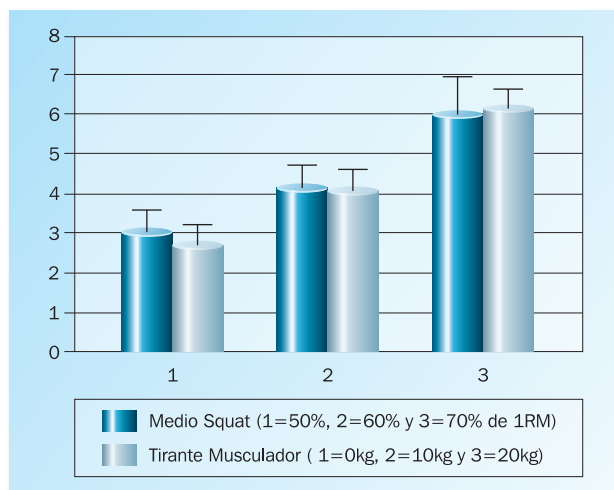


Figura 7
Percepción de esfuerzo de los sujetos durante la ejecución del medio squat y del tirante musculador a distintas intensidades.

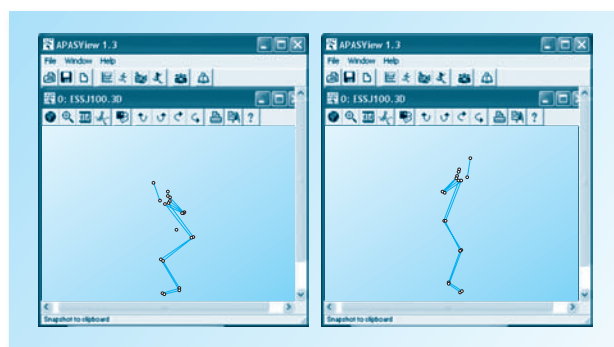


Figura 8
Análisis del centro de gravedad utilizando el programa APASView 1.3.

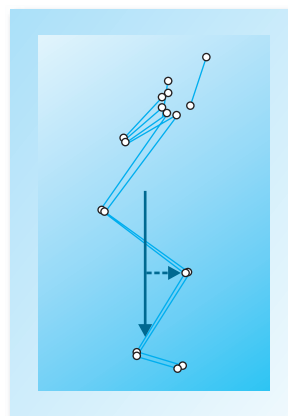


Figura 9
Análisis del centro de gravedad del Medio Squat.

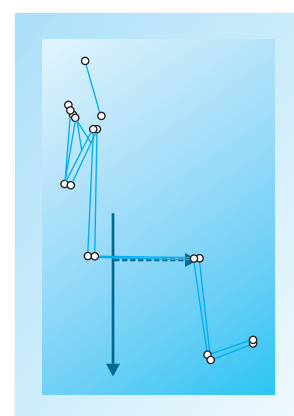


Figura 10
Análisis del centro de gravedad del tirante musculador®.

investigaciones futuras una evaluación más profunda de los beneficios que produce el TM a nivel fisiológico en comparación con el medio squat como es el hecho de la prevención de daño a la columna vertebral y el engrosamiento observado en el tendón.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su más profundo agradecimiento a los sujetos que han constituido la muestra por su dedicación y responsabilidad manifestada y el excelente clima de trabajo que nos han brindado. Igualmente, se quiere pronunciar la más sincera gratitud a la Dra. Elisa Muñoz Gomariz por su inestimable ayuda en la ejecución del presente trabajo.

No queremos olvidar al Dr. Julio Tous cuyas informaciones y sugerencias nos han facilitado enormemente la preparación y realización del estudio.

Bibliografía

- Bosco, C.; Belli, A.; Astrua, M.; Tihanyi, J.; Pozzo, R.; Kellis, S.; Tsarpela, O.; Foti, C.; Manno, R.; Tranquilli, C. (1995), "A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work", *Eur J Appl Physiol* 70 (5), pp. 379-386
- Cram, J. R. y Pasmán, G. S.: *Introduction to surface electromyography*, Gaithersburg, MD: Aspen, 1998.
- De Luca, C. (1997), "The use of surface electromyography", *J Appl Biomech*, 13, pp. 135-163
- García-Manso, J. M.; Vázquez Pérez, I.; Hernández Rodríguez, R.; Tous Fajardo, J.; (2002), "Efectos de dos métodos de entrenamiento de fuerza sobre la musculatura extensora de la articulación de la rodilla", *Apunts Medicina Deportiva*, 139, pp. 15-22
- García-Manso, J. M.; Sarniento Ramos, L.; Ruiz Caballero, J. L.; Ortega Santana, F.; Lejido Arce, J.; Petit, M.; Vázquez Pérez, I. (2004), "Reponse adaptative macroscopique du tendon rotulien a l'entraînement de force", *Sport & Science* (in press)
- Häkkinen, K.; Komi, P. V.; Kauhanen, H.; (1997), "Scientific evaluation of specific loading of the knee extensors with variable resistance, isokinetic and barbell exercises", *Med. Sport. Sci*, 26, pp. 224-237.
- Jackson, A. W.; Dishman R. K. (2000) "Perceived submaximal force production in young adult males and females" *Med Sci Sports Exerc*, 32(3), pp. 448-451
- Kreighbaum, E y Barthels, K. M. "Application of biomechanics to fitness activities", en E. Kreighbaum y K. M. Barthels, *Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement*, Boston: Allyn and Bacon, 1996.
- Moura, J. A.; Peripolli J.; Zinn, J. L. (2003), "Comportamento da percepção subjetiva de esforço da força dinâmica submáxima em exercícios resistidos com pesos", *Rev Bras Fisiol Exerc*, 2, pp. 110-122.
- Newton, R. U.; Murphy, A. J.; Humphries, B. J.; Wilson, G. J.; Kraemer, W. J.; Häkkinen, K. (1997), "Influence of load and stretching shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements", *Eur J Appl Physiol*, 75, pp. 333-342
- Sahaly, R.; Vandewalle, H.; Driss, T.; Monod, H. (2001), "Maximal voluntary force and rate of force development in humans- importance of instruction", *Eur J Appl Physiol*, 85, pp. 345-350
- Sale, D. G. (1988), "Neural adaptation to resistance training", *Med. Sci. Sport. Exerc*, 20(5), pp. S135-S145
- Siff, M. y Verkhoshansky, Y. V.: *Supertraining. Special strength training for sporting excellence*, Escondido, CA: Sports Training, 1996.
- Tous, J. (2003), "Apuntes Master FCB de Alto Rendimiento en Deportes de Equipo"
- Weir, J. P.; Mahoney, K. P.; Haan, K. G.; Davis, A. (1999), "Influence of electrode orientation on electromyographic fatigue indices on the vastus lateralis", *JEP online*, 2(3), pp. 15-22.