

Valoración isocinética de la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor de la rodilla en taekwondoines

Luis Enrique Martínez Hernández¹, Andrea Pegueros Pérez², Alfonso Ortiz Alvarado³, Ariadna del Villar Morales², Víctor H. Flores⁴ y Carlos Pineda Villaseñor^{5*}

¹Ecografía Musculo-esquelética y Articular, Instituto Nacional de Rehabilitación, México, D.F.; ²Centro Nacional de Investigación y Atención en Medicina del Deporte, Instituto Nacional de Rehabilitación, México, D.F.; ³Servicio de Medicina del Deporte, Comité Olímpico Mexicano, México, D.F.; ⁴Physical Medicine Associates, Arlington, Texas; ⁵Dirección de Investigación, Instituto Nacional de Rehabilitación, México, D.F.

Resumen

Introducción: La fuerza y el balance muscular de las extremidades inferiores constituyen atributos importantes en el Taekwondo. **Objetivo:** Evaluar mediante dinamometría isocinética la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor de las rodillas de taekwondoines (TKD) de alto rendimiento y contrastarlos con deportistas recreativos (DR). **Métodos:** Se determinaron mediante dinamometría isocinética: el torque máximo, el ángulo del torque máximo, el trabajo del torque máximo, el trabajo total de la serie, la potencia promedio y el balance muscular del aparato flexor y extensor de rodillas. **Resultados:** Se estudiaron 32 rodillas; se observaron valores significativamente superiores en el grupo TKD en trabajo de torque máximo y trabajo total de la serie, en los músculos extensores; mientras que el ángulo del torque máximo para extensores y flexores fue mayor en controles. Se encontró un desbalance muscular por déficit de flexores en ambos grupos. **Conclusiones:** Altos niveles de fuerza y un desequilibrio entre los grupos musculares flexores y extensores caracterizó el gesto motor predominante en TKD. Estos resultados son de utilidad en el diseño y aplicación de programas de evaluación, corrección y optimización de los valores de fuerza muscular en atletas TKD que favorezcan su óptimo desempeño deportivo y prevengan lesiones.

PALABRAS CLAVE: Dinamometría isocinética. Fuerza muscular. Rodilla. Taekwondo. Balance muscular.

Abstract

Abstract: Lower limb strength and muscular balance are important attributes in the practice of Taekwondo. **Objective:** To assess through isokinetic dynamometry the muscular strength and balance of knee extensor and flexor apparatus of elite Taekwondo athletes and to compare with recreational-type athletes. **Methods:** The maximum torque, the angle of maximum torque, maximum torque work, total work of the series, average power, and flexor and extensor muscle apparatus balance of the knees were obtained. **Results:** A total of 32 knees were studied. Significantly higher values in peak torque and total work of the series were present in the group of TKD athletes in the extensor muscles, while the maximum torque angle of extensor and flexor muscles was higher in controls. We found a muscular imbalance due to flexor muscle strength deficit in both groups. **Conclusions:** Higher levels of muscular strength and an imbalance between the knee flexor and extensor muscle groups characterized the predominant motor gesture of TKD athletes. These results are useful in the design and implementation of training programs, to optimize the value of muscular strength and muscle balance in TKD athletes directed to promote optimal athletic performance and prevent sport-related injuries. (Gac Med Mex. 2014;150 Suppl 3:272-8)

Corresponding author: Carlos Pineda Villaseñor, carpineda@yahoo.com

KEY WORDS: Isokinetic dynamometry. Muscular strength. Knee. Taekwondo. Muscular balance.

Correspondencia:

*Carlos Pineda Villaseñor
Dirección de Investigación. Instituto Nacional de Rehabilitación
Calz. México-Xochimilco, 289
Col. Arenal de Guadalupe, Tlalpan
México, D.F.
E-mail: carpineda@yahoo.com

Fecha de recepción: 27-08-2013
Fecha de aceptación: 07-04-2014

Introducción

Los altos niveles de la fuerza en la musculatura extensora y flexora de las rodillas representa un atributo de los TKD para una segura^{1,2}, certera y eficaz ejecución de las combinaciones requeridas en su técnica de pateo, incluyendo saltos, giros y deslizamientos^{3,4}. Hasta la fecha existen pocos estudios enfocados a evaluar la influencia del entrenamiento de los atletas de este deporte de combate sobre la fuerza y balance muscular de sus extremidades inferiores.

Dado que no se cuenta, todavía, con un parámetro de la fuerza ideal de la musculatura extensora y flexora de las rodillas necesaria para el óptimo desempeño del taekwondo de alto rendimiento en las diferentes categorías existentes, la evaluación isocinética de la fuerza muscular de las extremidades inferiores de los TKD resulta de importancia. La determinación del perfil de fuerza y balance muscular entre el aparato extensor y flexor de la rodilla de los TKD puede resultar de utilidad en el mejoramiento de su desempeño y en la prevención de lesiones, mediante el diseño de mejores programas de entrenamiento, evaluación, corrección, optimización y seguimiento deportivo.

El objetivo de este estudio consistió en evaluar, mediante pruebas isocinéticas, las condiciones de la fuerza y balance muscular de las rodillas de atletas TKD de alto rendimiento, para contrastarlas con las obtenidas en el grupo DR de voluntarios sanos.

Material y métodos

Parámetros

La evaluación isocinética mide la fuerza muscular ejercida dinámicamente en un rango de movimiento determinado, a una velocidad constante y programable^{5,6}. Esta técnica utiliza un dinamómetro asociado a un módulo electrónico y un sistema de cómputo (Fig. 1) que registran las magnitudes físicas resultantes de la fuerza muscular aplicada. Los parámetros más estudiados son: a) el torque máximo: resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia, expresado en newton-metro (Nm); b) el trabajo muscular: fuerza ejercida por distancia de desplazamiento, se expresa en joule (J) (energía desarrollada), gráficamente es el área bajo la curva del torque realizado y, c) la potencia: trabajo producido por tiempo empleado, expresado en watt (W). Una vez determinados estos parámetros, se puede obtener el estado actual del nivel de fuerza y el porcentaje de déficit al comparar los resultados con el lado contralateral^{5,7}.



Figura 1. Medición de fuerza de musculatura extensora y flexora de rodillas mediante dinamometría electrónica isocinética. El eje anatómico de rotación de la articulación de la rodilla fue alineado con el eje de rotación de la máquina y se colocaron topes de seguridad en los extremos de la extensión y la flexión.

El denominado pico de torque es el parámetro más útil para evaluar la fuerza muscular, por lo que su medición se recomienda para propósitos epidemiológicos, clínicos, de investigación y de predicción del rendimiento físico⁵⁻¹³.

El balance muscular representa la relación de fuerza existente entre el grupo de músculos agonistas y antagonistas; en el caso del aparato extensor y flexor de las rodillas, los valores fluctúan entre 50 y 70%, utilizándose 60% como punto de corte para determinar un balance muscular adecuado, con predominio extensor cuando el valor es $> 60\%$ y con predominio flexor cuando este valor es $< 60\%$.

La deficiencia de un grupo muscular o su excesivo desarrollo dará lugar a la aparición de un desequilibrio musculoesquelético, que predispone al desarrollo de lesiones deportivas¹⁴. El balance funcional entre la musculatura agonista y antagonista de la rodilla constituye un parámetro importante en el desempeño deportivo de un atleta^{7,9,10}.

Participantes

Se invitó a participar en el estudio a todos los deportistas de alto rendimiento registrados y en activo dentro de la Selección Nacional Juvenil de Taekwondo de México, perteneciente a la Federación Mexicana de Taekwondo, A.C. Como grupo control se incluyeron DR voluntarios sanos, de la misma edad y género, practicantes de actividades deportivas por lo menos una vez a la semana, por diversión y sin intención de competir o superar a un adversario. Como criterio estricto de inclusión se consideró que tanto los atletas como los controles estuvieran asintomáticos de ambas rodillas,

por lo menos en los seis meses previos a la evaluación clínica e isocinética. Se excluyeron aquellos casos con historia de cirugía de rodilla, artrocentesis o infiltración de la articulación, lesión previa de la rodilla que hubiese provocado que el atleta dejara de participar en alguna competencia, o bien no haber participado en el 20% de las sesiones de preparación o concentración.

El protocolo de estudio fue aprobado por el Comité de Investigación del Instituto Nacional de Rehabilitación y está apegado a la declaración de Helsinki. Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes mediante firma autógrafa.

Evaluación clínica

A todos los participantes se les realizó una historia clínica medico-deportiva completa que incluyó antigüedad en la práctica deportiva, características del entrenamiento, logros deportivos, evaluación antropométrica y examen musculoesquelético y físico general. Se puso especial énfasis en la ausencia de dolor en las rodillas.

Acondicionamiento atlético

En el momento de su evaluación, el programa de entrenamiento del grupo de atletas TKD correspondía a una etapa precompetitiva dentro de su macrociclo deportivo, conformado por una fase de preparación física desarrollada de lunes a sábado en sesión matutina (enfocado a capacidades de resistencia-rapidez y fuerza en días alternos); trabajo en pista, encaminado a resistencia mixta (carrera a diferentes intensidades de manera continua con un tiempo total entre 40 y 45 min); trabajo de pateo, que corresponde a la rapidez especial (pateo a una intensidad máxima con duración de 8 s de trabajo con descansos de 30 s, 9 repeticiones), y trabajo en circuito de pesas para entrenamiento de fuerza explosiva (intensidad entre el 30 y 40% de su repetición máxima a una velocidad de ejecución máxima). La fase de preparación específica se desarrolló en sesión vespertina (cinco días a la semana) con trabajo técnico y táctico; tuvo una duración de 1:30 a 2:00 h, además de trabajo de rapidez especial.

Evaluación isocinética de la fuerza muscular y del balance muscular

Dinamometría isocinética

La valoración isocinética de la fuerza se realizó con equipo de dinamometría electrónica marca Cybex

Tabla 1. Características de los grupos de estudio

	TKD (n = 8)	DR (n = 8)
Sexo (masculino/ femenino)	3/5	3/5
Edad (años)	19.1 ± 1.5	19.0 ± 1.5
Peso (kg)	62.0 ± 2.4	61.3 ± 9.1
Talla (m)	1.7 ± 0.0	1.7 ± 0.0
IMC (kg/m ²)	22.3 ± 0.3	21.8 ± 2.0
Antigüedad en el deporte (años)	12.4	NA
Horas de entrenamiento/ semana (h)	36.0	2.8

Datos mostrados como medias ± desviaciones estándar.
IMC: índice de masa corporal; NA: no aplica.

NORM (Lumex Division & Blue Sky Software Corporation, EE.UU., 1996), calibrado antes de cada evaluación de acuerdo al manual del fabricante; las calibraciones y las evaluaciones isocinéticas fueron realizadas en todos los casos por el mismo médico especialista en medicina del deporte. A los participantes se les solicitó no ingerir bebidas con cafeína el día de la prueba ni alimentos abundantes 2 h antes de la prueba. El protocolo utilizado fue el DAP 101 concéntrico/concéntrico¹⁵ para la evaluación de la fuerza muscular extensora y flexora de ambas rodillas. Dentro del protocolo se realizó una serie de cinco repeticiones a 60 °/s para la obtención de los siguientes parámetros: torque máximo (Nm), ángulo máximo de torque (°), trabajo del torque máximo y trabajo total de la serie (J), potencia promedio (W) y balance muscular (%).

Posición

Para su evaluación, cada participante fue colocado en la mesa de pruebas del dinamómetro isocinético, con correas de estabilización en el pecho y la cadera. Se empleó un cojín lumbar para mantener el tronco apoyado contra el respaldo de la mesa de pruebas, de manera que la cadera formara un ángulo de flexión de 85° con relación al tronco; el eje de articulación de la rodilla estuvo alineado con el eje mecánico del dinamómetro (Fig. 1). La espinillera se colocó justo por encima del maléolo medial, comprobando que el rango de movimiento fuese de 0 a 90° de flexión y de 90 a 0° de extensión.

Secuencia de la prueba

Los dos grupos de participantes se evaluaron por separado, en días diferentes, a la misma hora del día. Antes de iniciar la prueba se realizó una detallada explicación de ésta y se les dio la oportunidad de experimentar las acciones musculares que iban a ser probadas. Previo a la evaluación, cada participante realizó 5 min de calentamiento general en bicicleta ergométrica fija, incluyendo ejercicios de estiramiento de los músculos extensores y flexores de la rodilla. Inmediatamente después del calentamiento, cada individuo fue colocado en la mesa de pruebas y se inició la evaluación de la extremidad dominante con una serie de prueba de cinco repeticiones submaximales continuas a 30°/s; después de 1 min de descanso, se realizó la fase de prueba real de cinco repeticiones máximas continuas a 60°/s. Los sujetos fueron alentados a producir su máximo esfuerzo durante la evaluación. La rodilla no dominante se puso a prueba a continuación, exactamente de la misma manera que la dominante, después de un descanso de 5 min.

La determinación de la fuerza ideal teórica para músculos extensores y flexores de rodilla fue calculada por medio de las siguientes fórmulas¹⁵:

- Fuerza ideal extensora en hombres (FIEH) = peso corporal × 3.
- Fuerza ideal extensora en mujeres (FIEM) = (peso corporal × 3) / 0.8.
- Fuerza ideal flexora en hombres = FIEH × 0.6.
- Fuerza ideal flexora en mujeres = FIEM × 0.5.

Los valores de fuerza ideal presentados en % se obtuvieron al aplicar la siguiente fórmula: (fuerza ideal teórica/fuerza real medida) × 100.

Análisis estadístico

Todos los datos se procesaron como valores promedio y desviación estándar. La comparación entre los grupos de estudio para detectar diferencia significativa se llevó a cabo mediante t de Student para muestras independientes (prueba de 2 colas) empleando el programa SPSS v. 16.0 para Windows (Chicago, IL, EE.UU.). En todos los casos se consideró un valor $p \leq 0.05$ como significativo.

Resultados

Se evaluó la fuerza extensora y flexora de 32 rodillas en 16 deportistas (6 hombres y 10 mujeres); ocho deportistas fueron TKD de alto rendimiento y ocho DR.

Todos los atletas del grupo TKD eran mayores de 18 años en la categoría adultos de la división olímpica masculina hasta 68 kg y de la división olímpica femenina hasta 67 kg. Todos los atletas TKD contaban en el momento de la evaluación isocinética con diversas participaciones en competencias nacionales y por lo menos una participación a nivel internacional. Por su parte, los sujetos del grupo DR solían realizar diversas actividades fisicodeportivas en promedio 2.8 h a la semana. Las características demográficas, antropométricas y el historial deportivo de los grupos de estudio se muestran en la tabla 1. Cabe destacar que todos los individuos presentaron lateralidad homogénea diestra y ninguno de los participantes se había sometido previamente a una evaluación isocinética.

Al comparar las magnitudes físicas resultantes de la valoración de la fuerza en la musculatura extensora y flexora de las rodillas, se observaron valores superiores en el grupo TKD en las variables pico máximo de torque, potencia, trabajo de torque máximo y trabajo total de la serie, resultando estas dos últimas significativamente mayores en los músculos extensores. Por otra parte, el ángulo de torque máximo fue significativamente inferior tanto en los músculos extensores como en los flexores del grupo TKD con respecto al grupo DR (Tabla 2).

El balance muscular presentó en ambos grupos de estudio valores inferiores al 60% para la musculatura derecha e izquierda, obteniéndose una diferencia significativa en la relación extensora/flexora en el lado izquierdo (Tabla 3).

La medición de fuerza en el grupo TKD manifestó valores por encima del ideal teórico, siendo un 10% mayor en los músculos extensores y un 18% en los flexores. En el grupo control se obtuvo un déficit del 5 a 10% de la fuerza ideal teórica en la musculatura extensora y del 5 al 12% para la flexora. Al comparar la fuerza entre ambos grupos, se encontró que fue significativamente mayor en los atletas TKD para ambos grupos musculares (Tabla 4).

Discusión

Los atletas TKD utilizan predominantemente patadas rápidas de alta amplitud centradas en la cabeza y torso de su oponente. La dinamometría isocinética se ha convertido en un método idóneo para la evaluación dinámica de la función muscular¹². A través de la evaluación isocinética, este estudio demostró diferencias en las magnitudes físicas resultantes de la valoración de la fuerza de la musculatura de los aparatos

Tabla 2. Variables isocinéticas de los músculos extensores y flexores de rodillas

	Musculatura extensora			Musculatura flexora		
	TKD	DR	p	TKD	DR	p
Pico máximo de torque (Nm)	185.8 ± 34.6	148.1 ± 45.8	0.084	105.9 ± 22.9	79.5 ± 30.2	0.069
Ángulo de torque máximo (°)	56.2 ± 4.4	61.1 ± 2.7	0.017	23.9 ± 6.3	31.2 ± 3.7	0.013
Potencia (W)	109.5 ± 26.8	87.4 ± 26.7	0.119	73.1 ± 17.1	52.7 ± 21.9	0.056
Trabajo de torque máximo (J)	191.7 ± 38.9	143.2 ± 38.9	0.026	117.5 ± 23.5	89.5 ± 34.4	0.078
Trabajo total de la serie (J)	897.4 ± 172.6	668.4 ± 186.0	0.023	544.5 ± 102.6	398.4 ± 143.4	0.034

Datos mostrados como medias ± desviaciones estándar.

Tabla 3. Balance muscular. Porcentaje de fuerza (%) de la musculatura agonista/antagonista de rodillas

	TKD	DR	p
Rodillas derechas	56.8 ± 4.4	53.6 ± 4.7	0.188
Rodillas izquierdas	56.8 ± 3.7	52.2 ± 4.9	0.050

Datos mostrados como medias de porcentajes ± desviaciones estándar.

Tabla 4. Porcentaje de fuerza ideal en rodillas

	TKD	DR	p
Extensores derechos	113.8 ± 11.5	94.1 ± 12.3	0.005
Extensores izquierdos	111.5 ± 10.3	90.9 ± 8.9	0.001
Flexores derechos	118.3 ± 10.0	94.1 ± 10.6	< 0.001
Flexores izquierdos	118.0 ± 10.9	88.9 ± 11.4	< 0.001

Datos mostrados como medias de porcentajes ± desviaciones estándar.

extensor y flexor de la rodilla entre atletas TKD de alto rendimiento y voluntarios DR, las cuales son inherentes a la mayor preparación física demandada en la práctica del deporte de alto rendimiento. También se encontró un desbalance muscular por déficit de fuerza en la musculatura flexora en ambos grupos de deportistas evaluados.

Los altos valores de fuerza en el músculo cuádriceps en el grupo TKD son el resultado de un mayor requerimiento muscular para la ejecución del gesto motor

predominante en este deporte, como son los saltos y lanzamiento de golpes con la extremidad inferior. El grupo DR mostró valores inferiores de fuerza con respecto al ideal teórico para los músculos extensores y flexores de la rodilla, lo que refleja la necesidad de incidir en este grupo de deportistas para disminuir el riesgo de lesiones en la extremidad inferior mediante la implementación de un programa de acondicionamiento físico acorde al tipo de actividad desarrollada.

En un estudio similar llevado a cabo en cinco TKD brasileños, Machado, et al. encontraron valores de pico de torque máximo inferiores a los presentados en nuestro estudio, debiendo señalar que, aunque las características antropométricas de los sujetos de estudio en ambos trabajos resultan similares, en el caso de los TKD mexicanos se trató de un equipo representativo nacional con diferencias en su historial deportivo en cuanto a tiempo, frecuencia y antigüedad de práctica deportiva con respecto a la población brasileña¹⁶.

Un estudio reciente evaluó el efecto de las competencias oficiales en 15 TKD de élite sobre aspectos fisiológicos y de rendimiento. Los resultados indican que la actividad intermitente durante las competencias de taekwondo provoca una alta activación neuromuscular de las extremidades inferiores que, paradójicamente, disminuye la fuerza de prensión¹⁷. Un menor ángulo de torque máximo en el grupo TKD se podría traducir como un reclutamiento anticipado de fibras musculares y, por lo tanto, en una mayor eficiencia mecánica con relación al grupo de contraste, probablemente como consecuencia de las diversas adaptaciones fisiológicas y biomecánicas específicas derivadas de esta práctica deportiva de alto rendimiento.

La potencia y el trabajo son variables que reflejan la eficiencia mecánica de un grupo muscular en específico; en el grupo TKD fueron ampliamente superiores

en relación al grupo de contraste, lo que refleja el mayor rendimiento físico en los atletas entrenados.

El análisis del balance muscular mostró un déficit de fuerza en la musculatura flexora en los dos grupos de estudio, siendo más acentuado en el grupo DR, lo que hace necesario establecer recomendaciones para su corrección a entrenadores, metodólogos y personal médico responsable del acondicionamiento físico-deportivo de ambos grupos de deportistas, especialmente en los atletas de alto rendimiento, ya que su corrección podría prevenir el desarrollo de lesiones y hacer aún más eficiente su rendimiento. De lo anterior, se podría sugerir que la preparación de atletas de alto rendimiento debería considerar en sus programas de acondicionamiento físico el fortalecimiento de la musculatura antagonista de la rodilla y la corrección del desequilibrio muscular.

Los valores de pico de torque máximo observados en el presente estudio justifican el desarrollo de un proyecto adicional de investigación dirigido a establecer los parámetros de fuerza óptima de los grupos musculares flexores y extensores de las rodillas para atletas TKD en sus diferentes categorías que favorezcan un desempeño deportivo óptimo y seguro.

Aun cuando la habilidad de maximizar la fuerza muscular constituye un componente esencial para mejorar el rendimiento en una gran variedad de deportes, esta tarea sólo puede dar resultados cuando dentro de los programas de acondicionamiento físico, específicamente los de fuerza, se ven reflejados los principios de biomecánica y fisiología específica que demanda cada deporte. De lo anterior, y a partir de los resultados observados, resultaría importante realizar como complemento de este estudio un análisis de la cadena cinética de la musculatura en la extremidad inferior de estos deportistas que involucre la secuencia mecánica de los flexores de cadera, extensores de rodilla y flexores plantares en el tobillo mediante dinamometría, con el fin de generar una valoración objetiva de esta cualidad en estos atletas, la cual desempeña un papel clave en el éxito deportivo.

Como estrategias de prevención de lesiones en TKD se han sugerido: educación y asesoría por individuos debidamente entrenados y certificados; exámenes pre-competencia con una mejor atención médica especializada; estandarización del cuidado médico-deportivo; mejora de los equipos de protección; desarrollo de nuevas y mejores estrategias de defensa para la prevención de lesiones y modificaciones en el reglamento de competencia¹⁸. Dentro de estas estrategias de prevención y en el rubro de una mejor atención médica

especializada, la evaluación isocinética de la fuerza muscular representa una herramienta que ya ha probado su utilidad en la detección de alteraciones funcionales capaces de inhabilitar al competidor de su práctica deportiva.

Este estudio presenta las siguientes limitaciones: cuenta con un reducido número de participantes y requiere de una segunda técnica de evaluación de la fuerza y balance muscular¹⁹ para consolidar su validez de criterio. Adicionalmente, el corte transversal del estudio impide evaluar el valor predictivo de la dinamometría isocinética en su capacidad de pronosticar el riesgo de desarrollar lesiones deportivas. Sin embargo, el estudio ofrece las siguientes fortalezas: permite identificarse como un referente en cuanto a valores de fuerza y balance muscular para talentos deportivos mexicanos en el taekwondo; destaca la necesidad de implementar un programa de acondicionamiento físico que mejore la excitabilidad y respuesta neuromotora de los grandes y pequeños músculos, que adicionalmente resulte en la prevención de lesiones musculoesqueléticas basada en la detección oportuna de un desbalance muscular entre los músculos flexores y extensores de la rodilla y corrección de alteraciones posturales^{20,21} que, en caso de establecerse sintomáticamente, afectarían directamente el rendimiento del atleta TKD en el curso de su vida deportiva.

Con los datos obtenidos se puede concluir que los altos niveles de fuerza, el mejor equilibrio entre los grupos musculares flexores y extensores, y el reclutamiento y la potencia de la musculatura de la rodilla son características específicas del gesto motor predominante en el taekwondo, que se logran con técnicas de entrenamiento específicas para generar un mejor desempeño.

Se requiere un enfoque inter y multidisciplinario entre entrenadores, preparador físico y personal médico en la aplicación de programas de evaluación, corrección y optimización de los valores de fuerza en los atletas de diversos deportes de combate²² para mejorar su desempeño deportivo y, sobre todo, para prevenir el desarrollo de lesiones deportivas.

Agradecimientos

Al licenciado en entrenamiento deportivo Paul Citli Ayala Aviléz, por su asesoría para la realización de este estudio.

No existe conflicto de intereses de la información contenida.

Bibliografía

1. Schlüter-Brust K, Leistenschneider P, Dargel J, Springorum HP, Eysel P, Michael JW. Acute injuries in Taekwondo. *Int J Sports Med.* 2011;32(8):629-34.
2. Pieter W, Fife GP, O'Sullivan DM. Competition injuries in Taekwondo: a literature review and suggestions for prevention and surveillance. *Br J Sports Med.* 2012;46(7):485-91.
3. Lystad RP, Pollard H, Graham PL. Epidemiology of injuries in competition Taekwondo: A meta-analysis of observational studies. *J Sci Med Sport.* 2009;12(6):614-21.
4. Markovic G, Misigoj-Durakovic M, Trninic S. Fitness profile of elite Croatian female taekwondo athletes. *Coll Antropol.* 2005;29(1):93-9.
5. Martínez, González-Moro, I. Generalidades sobre la dinamometría isocinética. Disponible en: http://www.felipeisidro.com/recursos/documentacion_pdf_entrenamiento/dinamometria_isocinetica.pdf. Consultado en mayo de 2013.
6. Delgado-Virgen HG, Adame-Treviño, JH. Ejercicio isocinético en pacientes con gonartrosis. *Rev Mex Med Fis Rehab.* 2010;22:12-20.
7. Figueroa-Poblete D, Meleán-Quiroga P, Calvo-Rodríguez R, Vaisman Burucker A, Figueroa Berrios F, Calvo Cabiati C. Evaluación isocinética post reconstrucción de ligamento cruzado anterior: comparación de dos técnicas. *Acta Ortop Mex.* 2009;23(5):266-71.
8. Li RCT, Wu Y, Maffulli N, Chan KM, Chan JLC. Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *Br J Sports Med.* 1996;30(2):156-60.
9. Portes EM, Portes LA, Botelho VG, Souza Pinto Sd. Isokinetic torque peak and hamstrings/quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity. *Clinics (Sao Paulo).* 2007;62(2):127-32.
10. Jones PA, Bampouras MT. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J Strength Cond Res.* 2010;24(6):1553-8.
11. Baltzopoulos V, Brodie, DA. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Med.* 1989;8(2):101-16.
12. Glesson NP, Mercer TH. The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports Med.* 1996;21(1):18-34.
13. De Ste Croix M, Deighan M, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med.* 2003;33(10):727-43.
14. Selected issues in injury and illness prevention and the team physician: A consensus statement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(11):2058-68.
15. Guía del usuario CybexNorm 600. Sistema de Prueba y Rehabilitación. "Prueba DAP 101 para flexión y extensión de rodilla". Cybex Lumex Division & Blue Sky Software Corporation, EE.UU., 1996.
16. Machado SM, Osório RAL, Silva NS, Magini M. Biomechanical analysis of the muscular power of martial arts athletes. *Med Biol Eng Comput.* 2010;48(6):573-7.
17. Chiodo S, Tessitore A, Cortis C, et al. Effects of official Taekwondo competitions on all-out performances of elite athletes. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):334-9.
18. Pieter W, Fife GP, O'Sullivan DM. Competition injuries in Taekwondo: a literature review and suggestions for prevention and surveillance. *Br J Sports Med.* 2012;46(7):485-91.
19. Pons van Dijk G, Lenssen AF, Leffers P, Kingma H, Lodder J. Taekwondo training improves balance in volunteers over 40. *Front Aging Neurosci.* 2013;5:10.
20. Negahban H, Aryan N, Mazaheri M, Norasteh AA, Sanjari MA. Effect of expertise in shooting and Taekwondo on bipedal and unipedal postural control isolated or concurrent with a reaction-time task. *Gait Posture.* 2013;38(2):226-30.
21. Chung P, Ng G. Taekwondo training improves the neuromotor excitability and reaction of large and small muscles. *Phys Ther Sport.* 2012;13(3):163-9.
22. Pędzich W, Mastalerz A, Sadowski J. Estimation of muscle torque in various combat sports *Acta Bioeng Biomech.* 2012;14(4):107-12.