

Ayala, F.; Sainz de Baranda, P.; De Ste Croix, M. y Santonja, F. (2014). Estiramiento activo y relación longitud-tensión excéntrica de la musculatura isquiosural / Active stretching and length-tension relationship of the hamstring muscles. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 14 (53) pp. 135-152. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista53/artestiramiento446.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista53/artestiramiento446.htm)

ORIGINAL

ESTIRAMIENTO ACTIVO Y RELACIÓN LONGITUD-TENSIÓN EXCÉNTRICA DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

ACTIVE STRETCHING AND LENGTH-TENSION RELATIONSHIP OF THE HAMSTRING MUSCLES

Ayala, F.¹; Sainz de Baranda, P.²; De Ste Croix, M.³ y Santonja, F.⁴

1. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. (España). ISEN formación universitaria, centro adscrito a la Universidad de Murcia (España). franciscoayalarodriguez@gmail.com
2. Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha, España. psainzdebaranda@gmail.com
3. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Faculty of Sports, Health and Social Care. University of Gloucestershire, Gloucester (United Kingdom). Mdestecroix@glos.ac.uk
4. Doctor en Medicina y Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. Virgen de la Arrixaca. Murcia (España). fernando@santonjatrauma.es. Fernando.santonja@um.es

Agradecimientos

“Este trabajo es resultado del proyecto 06862/FPI/07 financiado con cargo al Programa de Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y la Tecnología de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, en el marco del PCTRM 2007-2010, con financiación del INFO y del FEDER de hasta un 80%”.

Código UNESCO / UNESCO Code: 5899 Educación Física y Deporte / Physical Education and Sports

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 11. Medicina del Deporte / Sports Medicine

Recibido 24 de octubre de 2011 **Received** October 24, 2011

Aceptado 24 de enero de 2013 **Accepted** January 24, 2013

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue investigar el efecto agudo de una rutina de estiramientos estático activos para la extremidad inferior, con parámetros de la carga contextualizados respecto a la realidad físico-deportiva, sobre la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural. 49 deportistas recreativos completaron tres sesiones de evaluación, una inicial de

familiarización y dos experimentales (control y estiramientos). Inmediatamente después de ambos tratamientos (control y estiramientos), se valoraron los parámetros isocinéticos pico de fuerza máxima excéntrica, ángulo de fuerza máxima excéntrica y trabajo total excéntrico empleando para ello una posición de tendido prono. Si la modificación de la curva tensión-longitud excéntrica puede ser utilizada como factor de riesgo primario de distensiones de la musculatura isquiosural, los hallazgos de este estudio sugieren que el estiramiento estático activo podría no alterar el riesgo relativo de lesión de la musculatura isquiosural.

PALABRAS CLAVE: fuerza excéntrica, desgarros musculares, lesiones deportivas, calentamiento, torque, rehabilitación física.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the acute effect of an active lower limb stretching routine with sports-related training load on the eccentric length-tension relationship of the hamstring. 49 recreational athletes completed three assessment sessions, an initial familiarization session and two experimental sessions (control and stretching in random order). Immediately after both interventions (stretching or control), eccentric isokinetic peak torque, angle of peak torque and total work were measured in prone position. If the modification on the eccentric length-tension relationship can be used as indexes of the risk of hamstring muscle strains, the findings of the present study tentatively suggested that static stretching may not alter the relative risk of hamstring strains

KEY WORDS: eccentric strength, muscle strains, sports injuries, warm-up, torque, physical rehabilitation.

1. INTRODUCCIÓN

La realización de ejercicios de estiramiento como parte fundamental de todo calentamiento previo a una actuación físico-deportiva, ha sido ampliamente recomendada con el propósito de optimizar las funciones del sistema músculo-esquelético y con ello, mejorar el rendimiento físico-deportivo (Shellock y Prentice, 1985) y reducir el riesgo relativo de lesión (Croiser, Forthomme, Namurois, Vanderthommen y Crielaard, 2002; Wiltvrouw, Mahieu, Danneels y McNair, 2004; Woods, Bishop y Jones, 2007).

Sin embargo, las últimas revisiones de la literatura científica han cuestionado la hipótesis tradicional que recomienda la ejecución de ejercicios de estiramiento como medida preventiva para reducir el riesgo relativo de lesión (McHugh y Cosgrade, 2010; Thacker, Gilchrist, Stroup y Kimsey, 2004; Woods, Bishop y Jones, 2007). En este sentido, determinados autores sugieren que la realización de ejercicios de estiramiento podría incluso incrementar el riesgo relativo de lesión (Shrier, 1999; Weldon y Hill, 2002).

Sin embargo, ninguna de las dos teorías anteriores en lo referente al rol de los estiramientos en la prevención de lesiones está correctamente verificada, debido al inapropiado diseño de los estudios científicos que abordan esta controvertida cuestión. En este sentido, Shrier (1999) y Woods, Bishop y Jones (2007) manifiestan que, los estudios científicos que han investigado el efecto del estiramiento sobre la reducción del riesgo relativo de lesión han incluido también un calentamiento como co-intervención, además de una consideración inadecuada de la carga óptima de estiramiento (intensidad, duración y frecuencia) de los programas evaluados. Igualmente, otro potencial sesgo error de los resultados de estos estudios podría radicar en el hecho de que todos ellos investigan el efecto del estiramiento sobre el número total de lesiones acontecidas durante un periodo de tiempo determinado, mientras que el efecto del estiramiento sobre la incidencia de un tipo específico de lesión fue obviado (McHugh y Cosgrade, 2010).

Para poder determinar el rol que los ejercicios de estiramiento poseen sobre la prevención de lesiones, McHugh y Cosgrade (2010), en una revisión bibliográfica reciente, establecen que el efecto de los ejercicios de estiramiento sobre la probabilidad de desarrollar una lesión debería ser examinado sobre un tipo específico de patología (distensiones musculares, desgarros ligamentosos, tendinopatías,...) y focalizando la atención sobre un factor de riesgo primario en particular. Estos autores justifican su propuesta en base al hecho bien probado de que el riesgo de lesión en el deporte es multifactorial y, en general, específico de las demandas físicas de modalidad deportiva practicada.

Numerosos estudios epidemiológicos han informado de que las distensiones de la musculatura isquiosural son una de las lesiones más frecuentes en modalidades deportivas que solicitan, de manera frecuente, acciones motrices con alta incidencia del ciclo de estiramiento-acortamiento (fútbol, baloncesto, voleibol), tales como aceleraciones máximas y frenadas súbitas, rápidos cambios de dirección y sentido, acciones de salto y caída (Agel, Arendt y Breshadsky, 2005; Bahr y Krosshaug, 2005; Hootman, Dick y Agel, 2007). En este sentido, estudios científicos recientes indican que la proporción de distensiones de la musculatura isquiosural parece haber aumentado en los últimos años, con un rango del 12-16% de todas las lesiones deportivas (Arnason, Gudmundsson, Dahl y Johannsson, 1996; Arnason, Sigurdsson, Gudmundsson, Holeme, Engebretsen y Bahr, 2004; Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson y Gibson, 2001; Woods, Hawkins, Maltby, Hulse, Thomas y Hodson, 2004). A su vez, las distensiones de la musculatura isquiosural presentan la tasa de recaída más alta de todas las lesiones deportivas, con valores en torno al 12-34% (Orchard y Seward, 2002; Sherry y Best, 2004).

Los servicios de urgencia y los informes médicos advierten que las distensiones de la musculatura isquiosural principalmente suelen ocurrir durante la última parte de la "fase de impulso" o "swing phase" e "inicio de la fase de contacto" o "early contact phase" de la carrera a máxima velocidad o sprint, donde la musculatura isquiosural está asumiendo una función de desaceleración súbita de la extensión de rodilla, para posteriormente realizar una acción de extensión de cadera (Sherry y Best, 2004; Woods et al., 2004).

Esto significa que la musculatura isquiosural debe cambiar rápidamente de función; pasando de una contracción excéntrica (absorción de energía tensional) propia de la desaceleración de la extensión de rodilla durante la fase de impulso, hacia una contracción concéntrica (liberación de energía mecánica) por ser el principal extensor de cadera junto al glúteo mayor durante la fase de contacto (Sugiura, Saito, Sakuraba, Sakuma y Suzuki, 2008, Thelen, Chumanov, Best, Swanson y Heiderscheit, 2005; Woods et al., 2004). Es precisamente durante estas acciones de cambio rápido de funcionamiento, absorción (contracción excéntrica) y liberación (contracción concéntrica) de energía en posición de relativo estiramiento (ángulos en torno a 0-40° de extensión de rodilla), donde los estudios científicos demuestran que la musculatura isquiosural se encuentra más vulnerable hacia la lesión (Beynon, Johnson, Abate, Fleming y Nichols, 2005; Solomonow, Baratta y D'Ambrosia, 1989; Verrall, Slavotinek, Barnes, Fon y Spriggins, 2001).

Es por ello que numerosos autores han postulado que un déficit de fuerza excéntrica y específicamente alteraciones en la relación tensión longitud de la musculatura isquiosural (ángulo donde se produce el momento de fuerza máxima y la capacidad de absorción de energía), podría ser considerado como uno de los más importantes factores de riesgo primario de lesión de la musculatura isquiosural (Croisier, 2004; Wlrvrouw, Mahieu, Danneels y McNair, 2004; Worrell y Perrin 1992).

Desde una perspectiva práctica, si la realización de ejercicios de estiramiento durante los procedimientos de calentamiento produjese cambios en la estructura de la curva tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural, tales como que el momento máximo de fuerza ocurriese en ángulos más cerrados y/o se originase una reducción de la capacidad de absorción y liberación de energía (área bajo la curva tensión-longitud), esto podría tentativamente significar que los deportistas se podrían encontrar en una situación más vulnerable para sufrir una distensión de la musculatura isquiosural.

Consecuentemente, la acción más relevante desde el punto de vista de la prevención de lesiones sería investigar el efecto agudo de las rutinas de estiramiento sobre la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural. Esta información podría ser de vital importancia para entrenadores, preparadores físicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo, pues les permitirá adoptar decisiones justificadas sobre la utilización de estiramientos en sus calentamientos con el propósito de reducir el riesgo relativo de lesión de la musculatura isquiosural.

Sin embargo, desde el conocimiento de los autores, no existen estudios científicos que hayan investigado el efecto agudo del estiramiento sobre la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio científico fue investigar el efecto agudo de una rutina de estiramientos estático activos para la extremidad inferior con parámetros de la carga contextualizados respecto a la realidad físico-deportiva sobre la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural en deportistas recreativos.

2. MÉTODO

2.1. Muestra

Un total de 25 hombres (edad = $21,3 \pm 2,5$ años; altura = $176,3 \pm 8,4$ cm; peso = $74,4 \pm 10,8$ kg) y 24 mujeres (edad = $20,4 \pm 1,8$ años; altura = $164,7 \pm 7,6$ cm; peso = $62,9 \pm 8,6$ kg) adultos jóvenes deportistas recreativos (1-5 horas de práctica de actividad físico-deportiva de intensidad moderada, un total de 3-5 días a la semana) completaron este estudio. Todos los participantes fueron invitados a mantener sus niveles regulares de práctica de actividad físico-deportiva durante todo el proceso exploratorio, aunque se instó a evitar las prácticas vigorosas durante las 48 horas previas a cada sesión de evaluación.

Como criterios de exclusión se establecieron: (a) presentar alteraciones músculo-esqueléticas, tales como desgarros de la musculatura isquiosural y del cuádriceps, fracturas, cirugías y/o dolor en la columna vertebral en los últimos 6 meses previos al presente procedimiento exploratorio; (b) presentar dolor muscular de aparición tardía (agujetas) durante cualquiera de los dos momentos de evaluación; y (c) no asistir a una o más sesiones de valoración durante todo el proceso de recogida de datos. Asimismo, un criterio de exclusión adicional fue establecido para las participantes mujeres, de tal forma que ninguna de ellas podía estar inmersa en la fase de ovulación de su proceso menstrual durante toda la fase de recogida de datos con el propósito de minimizar las fluctuaciones en la rigidez de la unidad músculo-tendón y laxitud de la articulación de la rodilla (Bell, Myruk, Blackburn, Shultr, Guskiewuz y Padua, 2009; Eiling, Bryant, Petersen, Murphy y Hohmann, 2007). Todos los criterios de inclusión y exclusión fueron evaluados por dos investigadores con dilatada experiencia en el ámbito científico y clínico (Licenciados en Medicina y Cirugía con más de 10 años de experiencia) empleando para este fin un cuestionario de evaluación médica y físico-deportiva. Todos los participantes fueron informados (verbalmente y a través de una hoja informativa) de la metodología a utilizar, así como de los propósitos y posibles riesgos del estudio, y un consentimiento informado fue firmado por cada uno de ellos. El presente estudio fue aprobado por el Comité Ético y Científico de la Universidad de Murcia (España).

2.2. Diseño experimental

Un diseño de investigación cruzado, en el cual cada uno de los participantes ejecutó todos los tratamientos experimentales, fue utilizado para conseguir los objetivos propuestos.

Una semana antes del comienzo de la fase experimental, todos los participantes fueron sometidos a una sesión de familiarización con el propósito de conocer la correcta ejecución técnica de los estiramientos y del procedimiento exploratorio a utilizar mediante la realización práctica de los diferentes ejercicios de estiramiento estático activo, así como numerosos intentos máximos y sub-máximos de acciones de flexión y extensión de rodilla

empleando diferentes velocidades (60°/s y 180°/s) y acciones musculares (concéntrica y excéntrica). Igualmente, otro propósito de esta sesión de familiarización fue la reducción del posible sesgo de aprendizaje sobre los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso de recogida de datos. Tras la sesión de familiarización, cada participante fue examinado en 2 ocasiones distintas, con un intervalo de tiempo de 72-96 horas entre sesiones. Así, durante las dos sesiones experimentales, y en orden aleatorio (usando el software localizado en <http://www.randomizer.org>), todos los participantes realizaron un tratamiento consistente en estiramientos estáticos seguidos (2 minutos de descanso) de una evaluación isocinética (sesión de estiramientos) o, por el contrario, únicamente llevaron a cabo la evaluación isocinética (sesión control). La rutina de estiramientos estáticos activos tuvo una duración de 12 ± 2 minutos, mientras que la evaluación isocinética tuvo una duración de 4 ± 1 minutos.

Cada una de las sesiones de valoración (estiramientos y control) fue llevada a cabo por los mismos dos experimentados clínicos (uno controlaba la correcta posición del participante durante los ejercicios de estiramiento y/o todo el proceso exploratorio y el otro conducía el test) bajo las mismas condiciones ambientales y franja horaria para tratar de minimizar la posible influencia de la variabilidad inter-examinador y ritmos circadianos sobre los resultados (Atkinson y Nevill, 1998). Ambos examinadores desconocían los resultados obtenidos por los participantes en las diferentes sesiones de evaluación (evaluadores ciegos). Además, los participantes fueron instados a realizar cada una de las sesiones de valoración en los mismos días y franja horaria que normalmente realizaban sus sesiones de práctica físico-deportiva para minimizar la variabilidad intra-sujeto (Sole, Hamrén, Milosavljevic, Nicholson y Sullivan, 2007).

Una evaluación de la fuerza isocinética del movimiento de flexión excéntrica de la articulación de la rodilla de cada uno de los participantes fue llevada a cabo para determinar de forma individual la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural. La justificación fundamental del empleo de la exploración isocinética para determinar la forma gráfica de la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural radica en el hecho de que: (a) estudios previos han demostrado que la curva ángulo-fuerza generada durante el movimiento isocinético excéntrico de la flexión de rodilla es un buen indicador global de la relación tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural (Brockett, Morgan y Proske, 2001); (b) los índices isocinéticos más representativos de la curva ángulo-fuerza (momento o pico de fuerza máximo [PFM], ángulo de fuerza máxima [AFM] y trabajo total [TrT]) han demostrado una elevada fiabilidad inter-sesión (estándar error de la medida [SEM] < 10%; índices de correlación intraclase [ICC] > 0.90) (Impellizzeri, Bizzini, Rampinini, Cereda y Maffiolet, 2008; Maffioletti, Bizzini, Desbrosses, Babault y Munzinge, 2007; Sole et al. 2007); y (c) para asegurar que cualquier diferencia acontecida entre tratamientos experimentales (estiramiento y control) fuese estrictamente consecuencia del protocolo de estiramiento llevado a cabo, puesto que el diseño mono-articular de evaluación seleccionado minimiza enormemente el sesgo error de las posibles alteraciones que un diseño exploratorio multi-articular, por ejemplo pruebas de salto vertical o sprints,

podría presentar sobre la producción de fuerza y potencia debido a la coordinación intra e inter muscular necesaria en la ejecución de tales acciones (Manoel, Harris-Love, Danoff y Miller, 2008).

2.3. Rutina de estiramientos

La rutina de estiramientos estático activos consistió en 5 ejercicios unilaterales diferentes diseñados para estirar los principales grupos musculares del miembro inferior involucrados durante acciones de carrera (glúteo, psoas, isquiosurales, cuádriceps, aductores) y reflejan los ejercicios que habitualmente realizan deportistas y sujetos físicamente activos en sus calentamientos (figura 1).



Figura 1. Ejercicios de estiramientos estático-activos

El orden de los ejercicios fue aleatorio para cada uno de los participantes con el propósito de eliminar el sesgo que una secuencia específica podría presentar sobre los resultados obtenidos. Cada ejercicio de estiramiento se realizó un total de dos veces no consecutivas, manteniendo la posición de estiramiento durante 30 segundos (2x30s) gracias a la activación isométrica de la musculatura agonista al movimiento, lo cual permite una mejora en la coordinación muscular agonista-antagonista (White y Sahrman, 1994; Winters, Blake, Trost, Marcello-Binker, Lowe, Garber y Wainner, 2004). Ambas piernas fueron estiradas antes de realizar el siguiente ejercicio. Un periodo de descanso entre pierna contra-lateral y/o ejercicio de 20-s fue permitido. La intensidad del estiramiento fue establecida a través de la sensación subjetiva e individual de discomfort, pero no dolor.

2.4. Instrumento de evaluación

Un dinamómetro isocinético Biodex System-3 (Biodex Corp., Shirley, NY, USA) y su correspondiente software informático fue empleado para determinar los índices isocinéticos más representativos de la curva ángulo-fuerza, esto es, PFM, AFM y TrT durante movimientos de máxima flexión excéntrica de rodilla. Antes del comienzo de cada sesión de evaluación, el dispositivo isocinético fue rigurosamente calibrado de acuerdo a las instrucciones de uso fijadas por la casa comercial. La reproducibilidad del sistema de registro de datos del dinamómetro isocinético ha sido evaluada por estudios previos independientes, informando de valores de 0.99 en el ICC para las funciones de posición, velocidad y medición de fuerza del brazo articular (Drouin, Valovich-mcLeod, Shultz, Gansneder y Perrin, 2004).

2.5. Evaluación isocinética

En cada sesión experimental, únicamente la pierna dominante (determinada a través del cuestionario de evaluación médica y físico-deportiva y definida como la pierna preferida para golpear un balón) fue evaluada. Todos los participantes adoptaron como posición de valoración la de decúbito prono sobre la camilla del dinamómetro con cadera fijada a 0-10° de flexión y cabeza en posición neutra (figura 2). La posición de tendido prono (0-10° de flexión de cadera) fue seleccionada en lugar de la extensivamente utilizada posición de sentado (80-110° de flexión de cadera) por dos razones principales: (a) la colocación de los participantes en tendido prono refleja con mayor exactitud la posición corporal durante actividades funcionales como la carrera, a diferencia de la posición de sentado; y (b) la posición prono simula mejor la disposición de la curva fuerza-longitud de la musculatura isquiosural presente durante la última fase y el inicio de la fase de contacto de la habilidad de carrera a la máxima velocidad (Worrell, Denegar, Armstrong y Perrin, 1990; Worrell, Perrin y Denegar, 1989).

El eje de rotación del brazo telescópico del dinamómetro fue estrictamente alineado con el epicóndilo lateral de la rodilla evaluada. El implemento donde ejercer la fuerza fue colocado aproximadamente a 3 cm del borde superior del maleolo medial del tobillo en posición relajada. La pelvis, parte posterior del muslo (próximo a la rodilla) y pie fueron fuertemente y consistentemente cinchados para focalizar el movimiento únicamente en la flexión de rodilla. El rango de movimiento del proceso de valoración fue individualmente establecido entre 0° (referencia anatómica 0) y 90° de flexión de rodilla activa. Toda la configuración del proceso de valoración, incluida la altura y longitud de la camilla, la altura y longitud del brazo telescópico del dinamómetro y la separación entre camilla y brazo telescópico fueron individualmente registrados para cada participante durante la sesión de familiarización con el propósito de mantener la misma disposición durante todas las sesiones de valoración. Asimismo, la configuración del freno del movimiento del brazo telescópico al final del rango de movimiento fue pre-fijada en sus valores más bajos (categorizada como “dura”) para reducir el efecto de la desaceleración de la pierna durante movimientos articulares opuestos (Taylor, Sanders, Howick y Stanley, 1991).

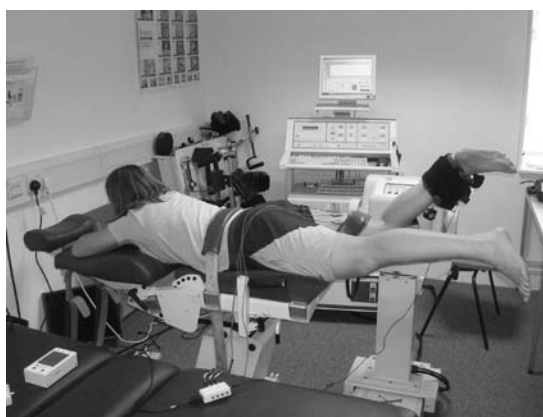


Figura 2. Posición de valoración en decúbito prono

La evaluación de la curva ángulo-fuerza de la flexión de rodilla se llevo a cabo a través de 2 acciones excéntricas máximas para cada una de las dos diferentes velocidades angulares, 60°/s y 180°/s, de tal forma que siempre la velocidad más lenta (60°/s) fue evaluada en primer lugar. Este aspecto metodológico podría facilitar la adaptación hacia las velocidades más altas de flexión excéntrica de rodilla y reducir además, el riesgo de lesión (Gaul, 1996). Un descanso de 20s fue permitido entre acciones musculares consecutivas. Un estudio piloto previo realizado en nuestro laboratorio con 15 participantes de similares características (edad y nivel de condición física) a los del presente estudio mostró que cuando los participantes presentaban cierto grado de fatiga eran incapaces de mantener la producción constante de la magnitud de energía necesaria para activar y mantener el movimiento del brazo telescópico del dinamómetro durante todo el rango de movimiento, produciéndose acciones de frenado indeseadas. Por ello, el modo pasivo de evaluación isocinética fue seleccionado para asegurar que todo el rango de movimiento fuese evaluado durante cada ciclo.

Los participantes fueron verbalmente animados a empujar/resistir lo más fuerte y rápido posible el brazo telescopio a lo largo de todo el rango de movimiento mediante palabras clave estandarizadas tales como “resiste”, “empuja”, “más rápido”,...

2.6. Índices isocinéticos

Para los parámetros isocinéticos PFM, AFM y TrT, la media de los dos intentos para cada una de las dos velocidades angulares distintas a lo largo de todo el proceso exploratorio fue seleccionada para el posterior análisis estadístico debido a que la magnitud del error de la medida desciende con el aumento del número de intentos (Portney y Watkins, 1999; Sole et al., 2007). En este sentido, Sole et al. (2007) encontraron mejores valores de precisión para el índice PFM excéntrico cuando para su cálculo emplearon la media de tres intentos en lugar del mejor de los tres intentos.

Los índices PFM y AFM representan el valor máximo de fuerza y su correspondiente ángulo obtenido durante la fase de velocidad constante (Brown, Whitehurst y Buchalter, 1994) de cada movimiento isocinético. Por su parte el índice TrT fue calculado como el área bajo la curva ángulo-fuerza excéntrica.

2.7. Estudio de la fiabilidad

Para determinar la fiabilidad inter-sesión de cada uno de los parámetros isocinéticos utilizados en el presente estudio científico, se realizó un estudio piloto previo con 15 deportistas recreativos (8 hombres y 7 mujeres) con características similares a los participantes del presente estudio, empleando el clásico diseño pre-test y post-test (3-5 días de separación entre sesiones exploratorias). Los resultados mostraron que todos los parámetros isocinéticos poseían una elevada fiabilidad inter-sesión, con valores de 0.84 a 0.96 para el

ICC y un SEM < 12% en todos los casos. Además, no se encontraron diferencias significativas (no systematic bias) entre los resultado de las dos sesiones exploratorias ($p > 0.05$) para cada uno de los parámetros isocinéticos evaluados.

2.8. Análisis estadístico

Previo a todo análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue comprobada a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Una estadística descriptiva de todos los índices isocinéticos fue llevada a cabo a través del cálculo de la media y error estándar de la media.

Un modelo lineal general de medidas repetidas (tratamiento [estiramientos activos versus control] x sexo [hombres versus mujeres] x velocidad [60°/s versus 180°/s]) fue empleado para identificar cambios significativos en los valores medios para cada uno de los índices de fuerza isocinéticos evaluados (Bonferroni post hoc test).

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v. 16.0 para Windows; SPSS Inc, Chicago) y la significancia estadística fue fijada al nivel de 95% ($p < 0.05$).

Igualmente, un análisis post-hoc de la potencia estadística fue llevado a cabo a través del programa estadístico G*Power 3.1.2 (Faul, Erdfelder y Buchner, 2009; Faul, Erdfelder, Lang y Buchner, 2007). Un total de 49 participantes fueron utilizados para el análisis de la potencia estadística. El nivel de significación estadística fue establecido en $p < 0.05$ y el tamaño del efecto (d) fue fijado en 0.80.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos (media y error estándar de la media) de los índices isocinéticos PFM, AFM y TrT obtenidos para cada una de las sesiones experimentales ($k = 2$) durante el movimiento de flexión excéntrica de rodilla a 60 y 180°/s separados en función del sexo de los participantes.

Tabla 1: Estadística descriptiva de los índices isocinéticos pico de fuerza máximo (PFM), ángulo de fuerza máxima (AFM) y trabajo total (TrT) de la flexión excéntrica de rodilla a 60 y 180°/s para cada una de las dos sesiones experimentales (control y estiramientos estáticos)*

	Control		Estiramiento estático	
	Hombres N=25	Mujeres N=24	Hombres N=25	Mujeres N=24
PFM (Nm)^{1,2}				
▪ 60°/s	99,1 ± 4,1	54,1 ± 2,8	96,9 ± 5,0	60,4 ± 3,7
▪ 180°/s	86,1 ± 4,6	58,1 ± 3,4	89,2 ± 4,4	62,1 ± 3,9
AFM (°)³				
▪ 60°/s	31,2 ± 4,2	35,1 ± 2,9	34,1 ± 2,9	34,7 ± 3,4
▪ 180°/s	41,1 ± 3,5	41,3 ± 3,1	43,4 ± 2,8	39,5 ± 3,3
TrT (J)^{1,2}				
▪ 60°/s	111,5 ± 6,4	60,5 ± 3,6	113,1 ± 5,9	68,2 ± 4,6
▪ 180°/s	99,2 ± 5,6	60,7 ± 3,1	93,1 ± 5,8	65,1 ± 3,9

* valores presentados como media ± error estándar de la media para una muestra de 25 hombres y 24 mujeres.

N: Newton; m: metros; J: julios; °: grados; s: segundos; ¹: efecto significativo para el sexo (p = 0.01); ²: efecto significativo para la velocidad en los hombres (p = 0.02); ³: efecto significativo para la velocidad (p < 0.02).

El análisis estadístico de las variables PFM excéntrica y TrT excéntrico reveló la no existencia de interacción para 3 factores (tratamiento x sexo x velocidad; p = 0,76), no interacción entre tratamiento x velocidad (p = 0,54) y tratamiento x sexo (p = 0,63), pero si informó de una interacción significativa entre velocidad x sexo (p = 0,01), además de la no existencia de efecto significativo por tratamiento (p = 0,79). En el caso de los hombres, el valor de las variables PFM excéntrica y TrT excéntrico descendía a medida que aumentaba la velocidad angular, no siendo este el caso para las mujeres. Además, los valores absolutos de ambas variables eran significativamente más elevados en los hombres en comparación con las mujeres, independientemente de la velocidad angular empleada.

El análisis estadístico del parámetro AFM no mostró la existencia de interacción para 3 factores (tratamiento x sexo x velocidad; p = 0,45), no interacción entre tratamiento x velocidad (p = 0,65), tratamiento x sexo (p = 0,59) y velocidad x sexo (p = 0,57), además de la no existencia de efecto significativo por tratamiento y sexo (p = 0,87). Sin embargo, se encontró un efecto de interacción significativo en función de la velocidad (p = 0,02), de tal forma que los valores medios del parámetro AFM fueron más bajos para la velocidad 60°/s en comparación con 180°/s, tanto para los hombres como para las mujeres.

Finalmente, el análisis post-hoc reveló una potencia estadística para este estudio de 0,75-0,85. Por ello, el tamaño de la muestra podría ser considerada lo suficientemente amplio como para detectar interacciones significativas (Morton, 2009).

4. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que un protocolo de estiramientos estático activos para la extremidad inferior, con parámetros de la carga contextualizados respecto a la realidad físico-deportiva, no produce alteraciones en la relación tensión-longitud de la musculatura isquiosural sometida a una acción excéntrica. Esta conclusión está fundamentada en el hecho de que los ejercicios de estiramiento ejecutados no alteraron la arquitectura de la curva ángulo-fuerza, expresada a través de la no modificación de los parámetros isocinéticos más representativos de la misma, es decir, PFM, AFM y TrT.

Aunque el presente estudio es el primero que ha determinado el efecto agudo del estiramiento estático activo sobre las características de la relación tensión-longitud de la musculatura isquiosural sometida a una acción excéntrica, los resultados obtenidos son consistentes con los únicos dos estudios científicos (desde el conocimiento de los autores) que han examinado el efecto agudo del estiramiento estático sobre las características de la relación tensión-longitud excéntrica del cuádriceps, tanto en hombres (Cramer, Housh, Johnson, Weir, Beck y Coburn, 2007) como en mujeres (Cramer, Housh, Coburn, Beck y Johnson, 2006) asintomáticas.

En este sentido, Cramer et al. (2007) no observaron cambios significativos en los índices isocinéticos PFM y AFM obtenidos durante el movimiento de extensión excéntrica de rodilla a 60 y 300°/s tras la aplicación de un protocolo de estiramientos estáticos pasivos de la musculatura del cuádriceps, con un volumen total del estiramiento de 480s.

Estudios científicos previos han demostrado que una carga aguda de estiramiento estático de similar magnitud a la empleada en el presente estudio aumenta el rango de movimiento funcional, probablemente como consecuencia de una reducción de la rigidez de la unidad músculo-tendón sometida a tracción, lo cual teóricamente se debería de traducir en una alteración de las características de la relación tensión-longitud (Ogura, Miyahara, Naito, Katamoto y Auki, 2007). Sorprendentemente, los resultados del presente estudio, junto con los hallazgos de los dos estudios anteriormente citados (Cramer et al., 2006 y 2007), tentativamente sugieren que cualquier posible modificación en la rigidez de la musculatura isquiosural como resultado de la aplicación de los estiramientos no se manifestó a través de cambios en las características de la relación tensión-longitud excéntrica.

Aunque el mecanismo exacto por el cual el estiramiento estático activo no produjo modificaciones en la relación tensión-longitud excéntrica es actualmente desconocido, una posible teoría podría estar basada en los hallazgos conseguidos por Wilson, Murphy y Pryor (1994), quienes observaron que la rigidez de la unidad músculo-tendón presentaba una alta y significativa correlación con la magnitud de producción de fuerza muscular concéntrica e isométrica, mientras que tal relación no fue constatada para la producción de fuerza excéntrica. Estos autores concluyeron que el efecto agudo del estiramiento estático sobre las propiedades mecánicas de la unidad músculo-

tendón sometida a tracción podría ser dependiente del modo de contracción (Wilson, Murphy y Pryor, 1994).

Esta teoría ha sido recientemente fortalecida por una serie de estudios llevados a cabo por el equipo de investigación de Cramer (2004, 2006, 2007a, 2007b y 2008), quienes observaron que una carga aguda de 480 segundos de estiramiento estático del cuádriceps produjo cambios en la arquitectura de la relación tensión-longitud concéntrica e isométrica pero no en la excéntrica, todo ello en adultos asintomáticos.

Por lo tanto, los resultados de este estudio contradicen la teoría establecida por determinados autores (Shrier, 1999; Weldon y Hill, 2002) quienes consideran que la realización de ejercicios de estiramiento estático dentro del calentamiento previo a una actuación deportiva podría incrementar el riesgo relativo de lesión muscular por generar un descenso en la magnitud de fuerza excéntrica y alteración de la capacidad de absorción de energía tensional de la unidad músculo-tendón estirada.

Otra importante contribución del presente estudio que debe ser destacada es el hecho de que no se encontraron diferencias en el efecto del estiramiento sobre la relación tensión-longitud excéntrica según el sexo de los participantes. Estos resultados sugieren que la unidad músculo-tendón de los hombres y las mujeres podría responder de igual forma y magnitud ante el estiramiento estático activo. Estos resultados son consistentes con los encontrados por numerosos estudios previos (Behm, Bradbury, Haynes, Odre, Leonard y Paddock, 2006; Cramer et al., 2007b; Marek et al., 2005; Young Elias y Power, 2006).

Una de las potenciales limitaciones de este estudio fue la población utilizada, aunque el n (49 participantes) utilizado en el presente estudio es mayor al empleado en estudios previos (Cramer et al. 2004, 2006, 2007a, 2007b; Herda, Cramer, Ryanm, Mchugh y Stout, 2008), todos ellos fueron homogéneos en edad y nivel de condición física, pudiendo con ello limitar levemente la validez externa de los resultados. Además, en el presente estudio no se evaluó directamente el efecto de la rutina de estiramientos estáticos sobre el rango de movimiento y rigidez de los grupos musculares sometidos a estiramiento. Por lo tanto, no es posible determinar con exactitud si los ejercicios de estiramiento realizados incrementaron el rango de movimiento de las diferentes articulaciones sometidas a estímulos de tracción, aunque estudios previos si han demostrado la eficacia de rutinas de estiramiento con similares parámetros de la carga por grupo muscular (Ogura et al., 2007; Zakas, Doganis, Galazoulas y Vamvakoudis, 2006).

Son necesarios más estudios científicos que determinen el efecto agudo de rutinas de estiramiento sobre la curva tensión-longitud excéntrica de la musculatura isquiosural empleando diferentes técnicas (dinámica, facilitación neuromuscular propioceptiva, estática pasiva) y/o poblaciones objeto de estudio (deportistas de alto rendimiento, sujetos lesionados).

5. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio indican que, el protocolo de estiramientos estático activos diseñado para la extremidad inferior (2 series de 30 segundos por grupo muscular) no produce alteraciones en la relación tensión-longitud de la musculatura isquiosural sometida a una contracción excéntrica en la población objeto de estudio. Por lo tanto, si la modificación de la curva tensión-longitud excéntrica (reducción de la magnitud de la máxima fuerza y capacidad de absorción de energía; modificación del ángulo óptimo de producción de fuerza hacia posiciones más cerradas del movimiento articular) puede ser utilizada como factor de riesgo primario de distensiones de la musculatura isquiosural, los hallazgos de este estudio sugieren que el protocolo de estiramiento estático activo evaluado podría no alterar el riesgo relativo de lesión de la musculatura isquiosural.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agel, J., Arendt, E.A. & Bershadsky, B. (2005). Anterior cruciate ligament injury in National Collegiate Athletic Association basketball and soccer: a 13- year review. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 524-530.
- Arnason, A., Gudmundsson, A., Dahl, H.A. & Johannsson, E. (1996). Soccer injuries in Iceland. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6, 40-45.
- Arnason, A., Sigurdsson, S.B., Gudmundsson, A., Holeme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *American Journal of Sports Medicine*, 32(S), 5-16.
- Atkinson, G. & Nevill, A.M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26, 217-238.
- Bahr, R. & Krosshaug, T. (2005). Understanding the injury mechanisms: a key component to prevent injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 324-329.
- Behm, D.G., Bradbury, E.E., Haynes, A.T., Odre, J.N., Leonard, A.M. & Paddock, N. (2006). Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 33-42.
- Bell, D.R., Myrick, M.P., Blackburn, J.T., Shultz, S.J., Guskiewicz, K.M. & Padua, D.A. (2009). The effect of menstrual-cycle phase on hamstring extensibility and muscle stiffness. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18, 553-563.
- Beynon, B.D., Johnson, R.J., Abate, J.A., Fleming, B.C. & Nichols, C.E. (2005). Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 1. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 1579-1602.
- Brockett, C.L., Morgan, D.L. & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 379-387.
- Brown, L.E., Whitehurst, M. & Buchalter, D.N. (1994). Comparison of bilateral isokinetic knee extension/flexion and cycle ergometry tests of power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3), 139-143.
- Cramer, J.T., Beck, T.W., Housh, T.J., Massey, L.L., Marek, S.M., Danglemeier, S., Purkayastha, S., Culbertson, J.Y., Fitz, K. & Egan, A. (2007). Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle-torque relationship,

- surface electromyography, and mechanomyography. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 687-698.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Coburn, J.W., Beck, T.W. & Johnson, G.O. (2006). Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 354-358.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Johnson, G.D., Weir, J.P., Beck, T.W. & Coburn, J.W. (2007). An acute bout of static stretching does not affect maximal eccentric isokinetic Peak torque, the joint angle at peak torque, mean power, electromyography, or mechanomyography. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(3), 130-139.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Jonson, G.O., Millar, J.M., Coburn, J.W. & Beck, T.W. (2004). Acute effects of static stretching on peak torque in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 236-241.
- Croisier, J.L. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Medicine*, 34, 681-695.
- Croisier, J.L., Forthomme, B., Namurois, M.H., Vanderthommen, M. & Crielaard, J.M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203.
- Drouin, J.M., Valovich-McLeon, T.C., Shultz, S.J., Gansneder, B.M. & Perrin, D.H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 22-29.
- Eiling, E., Bryant, A.L., Petersen, W., Murphy, A. & Hohmann E. (2007). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 15, 126-132.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behaviour Research Methods*, 41, 1149-1160
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.G. & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behaviour Research Methods*, 39, 175-191.
- Gaul, C. (1996). Muscular strength and endurance (225-258). In: *Measurement in Pediatric Exercise Science*, D. Docherty (Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hawkins, R.D., Hulse, M.A., Wilkinson, C., Hodson, A. & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 43-47.
- Herda, T.J., Cramer, J.T., Ryanm, E.D., Mchugh, M.P. & Stout, J.R. (2008). Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 809-817.
- Hootman, J.M., Dick, R. & Agel, J. (2007). Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports: Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311-319.
- Impellizzeri, F.M., Bizzini, M., Rampinini, E., Cereda, F., & Maffiulet, N.A. (2008). Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 28,(2), 113-119.

- Maffiuletti, N.A., Bizzini, M., Desbrosses, K., Babault, N. & Munzinger, U. (2007). Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27, 6, 346-353.
- Manoel, M., Harris-Love, M., Danoff, J. & Miller, T. (2008). Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1528-1534.
- Marek, S.M., Cramer, J.T., Fincher, A.L., Massey, L.L., Dangelmater, S.M., Purkayastha, S., Fitz, K.A. & Culbertson, J.Y. (2005). Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *Journal of Athletic Training*, 40(2), 94-103.
- McHugh, M.P., & Cosgrave, C.H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 169-181.
- Morton, J.P. (2009). Reviewing scientific manuscripts: how much statistical knowledge should a reviewer really know?. *Advances in Physiology Education*, 33, 7-9.
- Ogura, Y., Miyahara, Y., Naito, H., Katamoto, S. & Auki, J. (2007). Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 788-792.
- Orchard, J. & Seward, H. (2002). Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000. *British Journal of Sports Medicine*, 36,39-45.
- Portney, L.G. & Watkins, M.P. (2000). *Foundations of Clinical research: Applications to Practice*. Upperdale Saddle River (NJ), Prentice Hall Health.
- Shellock, F.G. & Prentice, W.E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2, 267-278.
- Sherry, M.A. & Best, T.M. (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 34(3), 116-125.
- Shrier, I. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9, 221-227.
- Sole, G., Hamrén, J., Milosavljevic, S., Nicholson, H., & Sullivan, J. (2007). Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 626-631
- Solomorrow, M., Baratta, R. & D'Ambrosia, R. (1989). The role of hamstrings in the rehabilitation of the anterior cruciate ligament-deficient knee in athletes. *Sports Medicine*, 7, 42-48.
- Sugiura, Y., Saito, T., Sakuraba, K., Sakuma, K. & Suzuki, E. (2008). Strength deficits identified with concentric action of the hip extensors and eccentric action of the hamstrings predispose to hamstring injury in elite sprinters. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 38(8), 457-464.
- Taylor, N., Sanders, R., Howick, E. & Stanley, S. (1991). Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(3), 180-188.

- Thacker, S.B.J., Gilchrist, J., Stroup, C.D. & Kimsey, J.R. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 371-378.
- Thelen, D.G., Chumanov, E.S., Best, T.M., Swanson, S.C. & Heiderscheit, B.C. (2005). Simulation of Biceps Femoris Musculotendon Mechanics during the Swing Phase of Sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1931-1938.
- Verrall, G.M., Slavotinek, J.P., Barnes, P.G., Fon, G.T. & Spriggins, A.J. (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injuries: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 435-440.
- Weldon, S.M., & Hill, R.H. (2002). The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Manual Therapy*, 8, 141-150.
- White, S.G. & Sahrmann, S.A. (1994). A movement system balance approach to management of musculoskeletal pain. En: R. Grant (Ed.), *Physical Therapy of the Cervical and Thoracic Spine*. New York: Churchill Livingstone Inc.
- Wilson, G.J.; Murphy, A.J. & Pryor, J.F. (1994). Musculotendinous stiffness: Its relationship to eccentric, isometric and concentric performance. *Journal of Applied Physiology*, 76, 2714-2719.
- Winters, M.V., Blake, C.G., Trost, J.S., Marcello-Binker, T.B., Lowe, L., Garber, M.B. & Wainner, R.S. (2004). Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: A randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 84(9), 800-807.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L. & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention, an obscure relationship. *Sports Medicine*, 34(7), 443-449.
- Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*, 37, 1089-1099.
- Woods, K., Hawkins, R.D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football - analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 36-41.
- Worrel, T.W. & Perrin, D.H. (1992). Hamstring muscle injury: the influence on strength, flexibility warm-up and fatigue. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 16, 12-18.
- Worrell, T.W., Denegar, C.R., Armstrong, S.L., & Perrin, D.H. (1990). Effect of body position on hamstring muscle group average torque. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11(10), 449-452.
- Worrell, T.W., Perrin, D.H., & Denegar, C.R. (1989). The influence of hip position on quadriceps and hamstring peak torque and reciprocal muscle group ratio values. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11(3), 104-107
- Young, W., Elias, G. & Power, J. (2006) Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(3), 403-411.
- Zakas, A., Doganis, G., Galazoulas, C. & Vamvakoudis, E. (2006). Acute effects of static stretching duration on isokinetic peak torque in pubescent soccer players. *Pediatric Exercise Science*, 18(2), 252-261.

Referencias totales / Total references: 55 (100%)

Referencias propias de la revista / Journal's own references: 0 (0%)