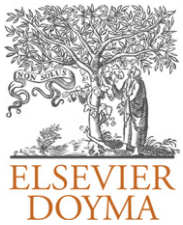
Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Apunts Med Esport. 2012;47(176):131–142



apunts
MEDICINA DE L'ESPORT
www.apunts/org



REVISIÓN

Validez y fiabilidad de los ratios de fuerza isocinética para la estimación de desequilibrios musculares

Francisco Ayala[a,*], **Pilar Sainz de Baranda**[b], **Mark de Ste Croix**[c] y **Fernando Santonja**[d]

[a] *Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Católica San Antonio de Murcia, Murcia, España*
[b] *Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España*
[c] *Faculty of Sports, Health and Social Care, University of Gloucestershire, Gloucester, Reino Unido*
[d] *Facultad de Medicina, Universidad de Murcia, Murcia, España*

Recibido el 27 de septiembre de 2011; aceptado el 22 de noviembre de 2011
Disponible en Internet el 11 de enero de 2012

PALABRAS CLAVE
Reproducibilidad;
Ratios de fuerza;
Lesiones;
Rehabilitación;
Isquiosurales;
Cuádriceps

Resumen Varios índices de fuerza isocinética (bilateral y unilateral) de la rodilla han sido extensivamente empleados para: *a*) identificar posibles factores de riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla y/o desgarros de la musculatura isquiosural; *b*) monitorizar la eficacia de programas de rehabilitación, y *c*) determinar si un deportista puede regresar al entrenamiento y/o a la competición de forma segura tras haber superado un proceso de rehabilitación. Sin embargo, la precisión de estos índices isocinéticos para evaluar desequilibrios musculares ha sido aceptada en base a conocimientos teóricos y empíricos, y en menor medida a la evidencia científica existente con respecto a su grado de validez y fiabilidad. Por ello, los objetivos de esta revisión bibliográfica fueron: 1) analizar y comparar la validez y la fiabilidad de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la rodilla para la estimación y monitorización de posibles desequilibrios musculares, así como 2) aportar valores de referencia para categorizar la función muscular como normal o con riesgo significativo de lesión. Un total de 13 artículos científicos cumplieron los criterios de inclusión y exclusión inicialmente establecidos. Tras el análisis de los estudios se puede concluir que: *a*) son muy escasos los trabajos científicos que analizan la validez y la fiabilidad de los índices de fuerza bilateral y unilateral (convencional y funcional) para identificar desequilibrios musculares; *b*) un desequilibrio bilateral menor del 10-15% y un desequilibrio unilateral menor de 45-60% podrían ser un buen umbral de seguridad para reducir la probabilidad de sufrir una lesión de la musculatura isquiosural y del LCA; *c*) los índices de fuerza de la rodilla parecen presentar moderados valores de fiabilidad absoluta (error estándar de la medida < 15%), y *d*) son necesarios más estudios que aborden la determinación de la fiabilidad y la validez de los índices de fuerza en diferentes modalidades deportivas.
© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: fayala@pdi.ucam.edu (F. Ayala).

1886-6581/$ - see front matter © 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.
doi:10.1016/j.apunts.2011.11.003

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

KEYWORDS
Reproducibility;
Strength ratios;
Injury;
Rehabilitation;
Hamstring;
Quadriceps

Validity and reliability of isokinetic strength ratios for estimating muscle imbalances

Abstract Several isokinetic strength ratios (bilateral and unilateral) of the knee have been extensively used: (i) to identify possible anterior cruciate ligament (ACL) and hamstring strain injury risk factors; (ii) to monitor the effectiveness of rehabilitation programs; and (iii) to determine if an athlete is able to return safely to training and competition sessions after finishing a specific rehabilitation program. However, the precision of these isokinetic strength ratios to evaluate muscle imbalances has been accepted based on theoretical and empirical knowledge, and less based on the scientific evidence regarding their validity and reliability. The purposes of this literature review were: (1) to analyse and compare the validity and reliability of unilateral and bilateral isokinetic strength ratios of the knee for estimating and monitoring possible muscle imbalances; as well as (2) to report cut-off values to categorize the muscle function as normal or with significantly high injury risk. A total of 13 scientific studies fulfilled all the previously established inclusion and exclusion criteria. After analysing all the studies, it was possible to conclude that: (i) very few studies have analysed the validity and reliability of bilateral and unilateral (conventional and functional) isokinetic strength ratios of the knee to identify muscle imbalances; (ii) a bilateral imbalance lower than 10-15% and unilateral imbalances lower than 20-40% could be an appropriate cut-off score to reduce the likelihood of developing hamstring strains and ACL injuries; (iii) the isokinetic strength ratios of the knee appear to present moderate absolute reliability scores (standard error of the measurement <15%); and (iv) more studies are needed to determine the validity and reliability of the isokinetic strength ratios of the knee in different sport modalities.
© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

En el ámbito de la medicina del deporte, y más concretamente en el área de la rehabilitación físico-deportiva, varios índices o ratios de fuerza isocinética de la articulación de la rodilla han sido extensivamente empleados para: *a*) identificar posibles factores de riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla y/o desgarros de la musculatura isquiosural; *b*) monitorizar la eficacia de programas de rehabilitación, y *c*) determinar si un deportista puede regresar al entrenamiento y/o a la competición de forma segura tras haber superado un proceso rehabilitador[1–6].

Los índices de fuerza de la articulación de la rodilla descritos en la literatura científica pueden agruparse en dos tendencias: *a*) índices de fuerza bilateral, e *b*) índices de fuerza unilateral. Los índices de fuerza bilateral estudian el posible desequilibrio muscular que podría existir entre la fuerza de un segmento corporal en comparación a su homónimo opuesto (desequilibrio bilateral)[7]. Por otro lado, los índices de fuerza unilateral hacen referencia a la posible modificación-alteración que podría existir entre la fuerza de la musculatura agonista y antagonista al movimiento articular[1] (desequilibrio unilateral).

Así, determinados autores recomiendan la exploración de ambos índices de fuerza isocinética (bilateral y unilateral) porque podrían proporcionar información muy útil a clínicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo sobre: *a*) la función articular de la rodilla; *b*) el riesgo de lesión (LCA y musculatura isquiosural), y *c*) la estabilidad dinámica de la rodilla[8–10].

La evaluación de la fiabilidad y de la validez de los índices de fuerza isocinética bilateral y unilateral debe ser determinada antes de que estos parámetros puedan ser utilizados legítimamente en el ámbito clínico y de la rehabilitación físico-deportiva[11]. Sin embargo, a pesar del extensivo uso que en la actualidad se está haciendo de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla como elementos de identificación y predicción de posibles lesiones del LCA y de la musculatura isquiosural, así como su empleo como valor de referencia para el retorno seguro del deportista al entrenamiento y/o competición, sorprendentemente existen pocos estudios científicos que han tratado de verificar de forma científica dicha utilización.

Es importante un análisis crítico y exhaustivo de la literatura científica que permita identificar el grado de validez y de fiabilidad de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla. Todo este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué índice de fuerza utilizar para categorizar a sus pacientes y/o deportistas (estudio de la validez) y/o monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados (estudio de la fiabilidad absoluta) para el mantenimiento o mejora de la estabilidad dinámica de la rodilla.

Por lo tanto, los objetivos principales de esta revisión bibliográfica fueron: 1) analizar y comparar la validez y la fiabilidad de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla para la estimación y la monitorización de posibles desequilibrios musculares, así como 2) aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales para categorizar la función muscular como normal o con riesgo significativo de lesión.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Análisis de la validez y de la fiabilidad de los índices de fuerza de la articulación de la rodilla

Para la realización de esta revisión bibliográfica se seleccionaron ensayos científicos con diseños pre-test y post-test, así como ensayos con diseños correlacionales, cuyos objetivos fueron analizar y/o comparar la validez y/o fiabilidad de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla para la detección y la monitorización de desequilibrios musculares.

La localización de artículos se realizó en las bases de datos informatizadas on-line más importantes en el ámbito de las áreas de la salud y de la educación física, incluyendo: Medline, Cochrane Library, ENFISPO, SportsDiscus, Lilacs Teseo, OVID, así como el metabuscador Google. Se emplearon como palabras clave: «absolute reliability», «anterior cruciate ligament», «conventional ratio», «functional ratio», «hamstring», «injury prevention», «isokinetics test», «quadriceps», «knee co-contraction», «knee extension», «knee flexion», «measurement error», «pre-test and post-test», «reproducibility», «strength imbalance», «validity», «variability» (tabla 1).

La expresión «isokinetic test» fue siempre utilizada como criterio de búsqueda, de tal forma que en las diversas exploraciones bibliográficas efectuadas «isokinetic test» siempre estuvo presente en uno de los campos de búsqueda, quedando el resto de campos subordinados con la preposición «and» y completados por una de las palabras clave anteriormente expuestas. No se aplicó limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en marzo de 2011.

Como criterios de inclusión de obligado cumplimiento se establecieron: *a*) artículos con enlace a texto completo (gratuito y bajo suscripción); *b*) artículos que incluyeran en el título los descriptores «isokinetic», «knee», «strength imbalance ratios», «reliability» y/o «validity»; *c*) artículos originales, tesis doctorales, comunicaciones cortas y resúmenes; *d*) estudios en hombres y mujeres de todo rango de edad y condición física (sedentarios, físicamente activos, deportistas de alto nivel); *e*) ensayos clínicos controlados, y *f*) estudios en idioma inglés, portugués o español.

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: *a*) estudios no controlados; *b*) redactados en idioma distinto al inglés, portugués o español; *c*) cuyos procedimientos exploratorios no estuviesen perfectamente descritos, y *d*) donde se exploraran movimientos distintos a la flexión y a la extensión activa de rodilla.

Validez de los índices de fuerza de la articulación de la rodilla para la estimación de desequilibrios musculares

La validez de un instrumento de medida podría ser definida como el grado de exactitud por el cual un dispositivo mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado por el cual se cumple su objetivo[12].

En este sentido, dada la función de estabilizador dinámico de la musculatura flexora de rodilla durante las acciones de sprint, cambios de dirección y golpeos, podría ser razonable considerar que una reducida fuerza de dicha musculatura, una variación en los valores de fuerza entre el lado dominante y no dominante, o un desequilibrio de fuerzas entre la musculatura flexora y la musculatura extensora de rodilla pudiera teóricamente predisponer a un paciente o deportista a sufrir lesiones por desgarro de los músculos isquiosurales y del LCA[13].

Sin embargo, muchas de las recomendaciones que se encuentran en la literatura científica en relación a la importancia de los índices de fuerza isocinéticos como factores de riesgo de lesión de la musculatura isquiosural[1] y del LCA[14,15] se basan en razonamientos teóricos y empíricos, siendo necesario un análisis más profundo y crítico sobre esta cuestión.

A continuación se expone un análisis detallado de la evidencia científica existente en lo relativo a la validez de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la rodilla para identificar y predecir lesiones de la musculatura isquiosural y del LCA.

El índice de fuerza bilateral ha sido descrito en la literatura científica de tres formas distintas, en función de la relación existente entre la máxima fuerza de: *a*) pierna lesionada/pierna no lesionada; *b*) pierna derecha/pierna izquierda, o *c*) pierna dominante (fuerte)/pierna no dominante (débil)[7,16,17]. Actualmente no parece existir un consenso internacional sobre la forma más apropiada de describir este índice, y su elección queda a juicio del clínico y del profesional de la rehabilitación físico-deportiva.

A pesar de que los desequilibrios de fuerzas bilaterales han sido teóricamente propuestos como factores de riesgo de lesión de la musculatura isquiosural y del LCA, los estudios científicos que han tratado de determinar la validez de dichos factores como elementos de predicción y detección de lesiones de la musculatura isquiosural y del LCA presentan resultados a menudo contradictorios (tabla 2).

Tabla 1 Bases de datos y estrategias de búsqueda utilizadas

Base de datos	Estrategias de búsqueda	
PubMed	• Absolute reliability	• Quadriceps
SportsDiscus	• Anterior cruciate ligament	• Measurement error
OVID	• Conventional ratio	• Reproducibility
Cochrane Library	• Functional ratio	• Strength imbalance
Lilacs Teseo	• Hamstring	• Validity
Google	• Isokinetics test	• Variability

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 2 Estudios científicos que analizan la validez de los índices de fuerza isocinéticos para la identificación de alteraciones de la función muscular

Referencia Muestra	Índices isocinéticos	Conclusiones
Knapik et al. (1991) F (n = 138) Militares físicamente activos	Índice convencional FR_{CON}/ER_{CON} Índice bilateral ($FR_{DCH}/FR_{IZQ\text{-}CON}$)	Las participantes con un índice bilateral $FR_{DCH}/FR_{IZQ\text{-}CON\text{-}180}$ menor del 15% tenían 2,6 veces mayor riesgo de lesión de la extremidad inferior en comparación con aquellos que no presentaban tal desequilibrio. Un índice convencional FR_{CON}/ER_{CON180} menor de 0,75 suponía 1,6 veces más riesgo de lesión.
Yamamoto (1991) H (n = 64) Esprínteres (n = 23) Saltadores de longitud o triple salto (n = 23) Corredores de fondo (n = 12) Practicantes de decatlón (n = 6)	PFM_{ISOM} Índice convencional (FR_{ISOM}/ER_{ISOM}) Índice bilateral (FR/FR_{ISOM}) Índice bilateral (ER/ER_{ISOM})	Los deportistas lesionados presentaban valores significativamente menores PFM_{ISOM}, índice convencional FR_{ISOM}/ER_{ISOM} e índice bilateral ER/ER_{ISOM} en comparación con aquellos que no sufrieron lesión alguna de la musculatura isquiosural.
Orchard et al. (1997) H (n = 37) Jugadores profesionales de fútbol australianos	PFM_{CON} Índice convencional (FR_{CON}/ER_{CON}) Índice bilateral (FR/FR_{CON})	Los mejores predictores de lesión de la musculatura isquiosural fueron el índice convencional FR_{CON}/ER_{CON60}, el índice bilateral FR/FR_{CON60} y PFM_{CON}. Establecieron una función canónica discriminativa con coeficientes de 0,73 para el índice de fuerza FR/ER_{CON60} y de 0,47 para el índice FR/FR_{CON60} con el propósito de clasificar a los miembros con riesgo de lesión. Este análisis reveló una sensibilidad del 83,3%, una especificidad del 76,8% y un valor positivo predictivo del 27,8% con 48 piernas correctamente agrupadas.

En este sentido, muchos estudios[4,7,17–20], aunque no todos[13,21,22], informan que el índice de fuerza bilateral de la flexión concéntrica de rodilla (FR/FR_{CON}) es capaz de discriminar entre personas con patología de la musculatura isquiosural y/o del LCA y personas sanas. Así, Dauty et al.[4] y Orchard et al.[20] observaron diferencias significativas entre el índice de fuerza bilateral concéntrico medido a 60°/s (FR/FR_{CON60}) de jugadores profesionales de fútbol lesionados y no lesionados. Además, Dauty et al.[4] informaron que una asimetría menor del 10% en el índice bilateral FR/FR_{CON60} era capaz de identificar a jugadores no lesionados con una probabilidad del 90,1%.

Recientemente, Houweling et al.[18] trataron de determinar qué procedimiento de evaluación isocinética, concéntrico/concéntrico o concéntrico/excéntrico, podría ser más preciso para la detección de lesiones previas de la musculatura isquiosural mediante el índice de fuerza bilateral FR/FR_{CON60} en jugadores semiprofesionales de fútbol (n = 21). Estos autores encontraron que únicamente el índice bilateral medido mediante el método concéntrico/concéntrico era capaz de discriminar entre personas con lesiones de isquiosurales y personas sanas.

Por lo que respecta a la validez del índice de fuerza bilateral medido a través de una contracción excéntrica, empleando tanto los músculos flexores de rodilla (FR/FR_{EXC}) como los extensores de rodilla (ER/ER_{EXC}), la limitada literatura científica existente sobre esta cuestión parece indicar que dichos índices no son capaces de detectar y/o predecir lesiones de la musculatura isquiosural y/o del LCA[4,18].

Aceptando que, a pesar de la escasa y en ciertos casos imprecisa literatura científica existente, el índice bilateral de la flexión de rodilla medido de forma concéntrica (FR/FR_{CON}) a velocidades angulares bajas (60°/s principalmente) podría ser lo suficientemente sensible como para detectar desequilibrios musculares, un siguiente paso podría ser establecer puntos de referencia del estatus de normalidad o de seguridad.

En este sentido, numerosos autores consideran que una diferencia de fuerza contralateral menor del 10% podría ser considerada como normal[4,6,20,23]. Para tratar de hacer frente a esta cuestión, Houweling et al.[18] realizaron un análisis de la sensibilidad y de la especificidad de diferentes puntos de normalidad en lo referente al porcentaje de desequilibrio necesario para detectar lesiones previas de la musculatura

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

isquiosural. Los resultados mostraron que el punto de normalidad o valor de referencia del 12,5% de desequilibrio bilateral expresado mediante el índice FR/FR_{CON60} era el que mayor sensibilidad y especificidad presentaba, con valores de 0,73 y 0,80, respectivamente, pudiendo ser, por tanto, considerado como umbral de normalidad.

Anteriormente, Orchard et al.[20] establecieron una función canónica discriminativa con coeficiente de 0,47 para el índice bilateral FR/FR_{CON60} con el propósito de clasificar a los miembros con riesgo de lesión. Este análisis reveló una sensibilidad del 83,3%, una especificidad del 76,8% y un valor positivo predictivo del 27,8% con 48 piernas correctamente agrupadas. El valor del cuartil más bajo para el índice bilateral FR/FR_{CON60} fue de 0,92.

La evaluación unilateral de la relación existente entre la máxima fuerza de la musculatura extensora y flexora de la articulación de la rodilla ha sido tradicionalmente determinada mediante el empleo de dispositivos isocinéticos y expresada cuantitativamente por medio del llamado «índice de fuerza convencional». Este índice isocinético es calculado como el cociente entre el momento o pico de fuerza máxima (PFM o *peak torque*) isocinético de la musculatura flexora y la musculatura extensora de rodilla medido durante contracciones concéntricas (FR/ER_{CON})[24,25]. En términos conceptuales, el índice de fuerza convencional FR/ER considera que la contracción concéntrica tiene lugar simultáneamente en la flexión y en la extensión de rodilla. Sin embrago, el verdadero movimiento articular únicamente permite que la flexión de rodilla excéntrica se combine con la extensión de rodilla concéntrica (durante la extensión), o viceversa (durante la flexión)[8].

En este sentido, el índice de fuerza unilateral FR/ER únicamente podrá indicar si existe una similitud cualitativa entre los patrones posición-velocidad de la musculatura flexora y extensora de rodilla, o si se mantiene una constancia en el ratio convencional FR/ER a través de los distintos modos de contracción y velocidades angulares[26].

Por ello, ciertos autores han cuestionado la importancia del empleo de este índice de fuerza unilateral en el ámbito de la rehabilitación físico-deportiva, argumentando que grupos musculares que realizan acciones opuestas (flexión vs. extensión) no actúan simultáneamente de forma concéntrica[2,8,26]. Por lo tanto, podría ser más funcional considerar el índice entre el PFM excéntrico de la flexión de rodilla y el PFM concéntrico de la extensión de rodilla (FR_{EXC}/ER_{CON})[8]. Este índice de fuerza unilateral, inicialmente descrito por Aagaard et al.[26], recibe el nombre de «índice funcional o dinámico». El índice de fuerza unilateral funcional podría reflejar con mayor precisión los patrones de movimiento presentes durante la mayoría de las acciones físico-deportivas, donde la musculatura flexora de rodilla actúa como sinergista y elemento protector del LCA mediante su contracción excéntrica para contrarrestar las fuerzas de traslación anterior de la tibia producidas como consecuencia de la rápida y potente contracción concéntrica de la musculatura extensora de rodilla durante, por ejemplo, los movimientos de carrera y salto, además de acciones de golpeo de balón[8]. Esta acción de co-contracción de la musculatura flexora y extensora de rodilla es crucial para la estabilización dinámica de la misma, minimizando la magnitud de los movimientos (varo y valgo de rodilla, hiperextensión de rodilla) que podrían incrementar las tensiones de cizalla y tracción a soportar por el LCA y por la musculatura isquiosural[27].

Son muy escasos los estudios científicos que han tratado de determinar la validez de ambos índices de fuerza unilateral (convencional y funcional) de la rodilla como herramientas de estimación de desequilibrios musculares y predicción del riesgo de padecer lesiones de la musculatura isquiosural y del LCA (tabla 3), y sus resultados son a menudo controvertidos.

En este sentido Yeung et al.[22], tras explorar la posible función del índice de fuerza convencional FR/ER_{CON180} como elemento de predicción de lesión de la musculatura isquiosural en esprínteres de alto nivel (n = 18), observaron que valores inferiores a 0,60 incrementaban 17 veces el riesgo de lesión. Asimismo, estos resultados han sido ratificados por otros estudios empleando como muestra jugadores profesionales de fútbol australianos[20,28].

Knapkin et al.[7] estudiaron la posible correlación existente entre la magnitud de fuerza y el riesgo de lesión de la extremidad inferior, encontrando que un índice de fuerza convencional FR/ER_{CON180} menor de 0,75 incrementaba 1,6 veces el riesgo de padecer lesiones del miembro inferior. Aunque Knapkin et al.[7] no focalizaron su estudio en la musculatura isquiosural o en el LCA, estos autores consideran de forma teórica que el aumento de la velocidad en las valoraciones isocinéticas podría incrementar la compatibilidad con las acciones deportivas.

Diferentes valores o umbrales de normalidad para el índice de fuerza convencional en función de la modalidad deportiva pueden ser encontrados en la literatura científica. En este sentido, un estudio retrospectivo (1973-1982) con jugadores de fútbol amateurs sugirió que un índice de fuerza FR/ER_{CON60} mayor de 0,55 fue un valor de normalidad apropiado para el retorno seguro a la práctica deportiva tras una lesión[29]. En este mismo contexto, otro estudio en jugadores profesionales de fútbol[3] determinó como punto de normalidad para el índice de fuerza FR/ER_{CON60} el valor 0,47.

La gran variabilidad existente en la magnitud de los índices de fuerza convencional en función de la modalidad deportiva[30,31] apoya la teoría de que deportes con diferentes demandas físicas quizá no deberían emplear los mismos valores de normalidad para el índice convencional[22]. Por ello, los valores de normalidad anteriormente establecidos deben ser considerados con cierta cautela, sobre todo en deportes con demandas físicas diferentes a las del fútbol.

Por otro lado, en lo relativo a la validez del índice de fuerza unilateral funcional, Sugiura et al.[32], tras realizar un estudio prospectivo sobre la posible relación causal existente entre las lesiones de la musculatura isquiosural y la presencia de desequilibrios musculares previos en esprínteres de alto nivel (n = 30) observaron que el índice de fuerza funcional FR_{EXC}/ER_{CON} no era un indicador apropiado para predecir e identificar posibles lesiones de dicha musculatura. Sin embargo, Dauty et al.[4] sí encontraron que un ratio funcional FR_{EXC60}/ER_{CON60} menor de 0,60 podría ser un buen indicador de lesiones previas de la musculatura isquiosural en jugadores profesionales de fútbol, con un 77,5% de probabilidad.

Tabla 3 Estudios que determinan la fiabilidad absoluta de los índices de fuerza unilateral para la identificación de alteraciones de la función muscular

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Kellis et al. (1999) H (n = 13) Futbolistas púberes talentosos	1 sesión de familiarización 2 sesiones de evaluación 7 días entre sesiones consecutivas Sedestación con flexión de cadera de 110°	15 min cicloergómetro 3 sub-máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR a 60, 120 y 180°/s 1 máximo ciclo con/con y exc/exc de ER y FR a 60, 120 y 180°/s	Ambas piernas evaluadas 5 máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR a 60, 120 y 180°/s (aleatorio) para ambas piernas (aleatorio) ROM: 0-90° 5 min de descanso entre velocidades 10 min de descanso entre evaluación de una pierna y otra	Índice convencional FR_{CON}/ER_{CON} 60°/s: −0,08 +0,03 95%LoA; 0,76 ICC 120°/s: −0,11 +0,09 95% LoA; 0,56 ICC 180°/s: −0,09 +0,03 95% LoA; 0,64 ICC Índice convencional FR_{EXC}/ER_{EXC} 60°/s: −0,01 +0,06 95% LoA; 0,87 ICC 120°/s: −0,06 +0,04 95% LoA; 0,43 ICC 180°/s: −0,03 +0,07 95% LoA; 0,42 ICC
Iga et al. (2006) H (n = 23) Futbolistas púberes	1 sesión de familiarización 2 sesiones de evaluación 7 días entre sesiones consecutivas Sedestación con flexión de cadera de 90°	Cicloergómetro (no indica tiempo) Estiramientos 3 submáximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR 3 máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR	Ambas piernas evaluadas 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60, 120 y 240°/s 5 máximos ciclos exc/exc de ER y FR a 120°/s ROM: 10-90° 30 s de descanso entre ciclos 1 min descanso entre velocidades	Índice convencional FR_{CON}/ER_{CON} 60°/s: 1,01 x/ ÷ 1,08 RLoA[2] 120°/s: 1,01 x/ ÷ 1,08 RLoA[2] 240°/s: 0,99 x/ ÷ 1,13 RLoA[2] Índice convencional FR_{EXC}/ER_{EXC} 120°/s: 1,00 x/ ÷ 1,37 RLoA[2] Índice functional FR_{EXC}/ER_{CON} 60°/s: 1,01 x/ ÷ 1,07 RLoA[2] 120°/s: 1,00 x/ ÷ 1,06 RLoA[2] 240°/s: 1,00 x/ ÷ 1,08 RLoA[2]
Sole et al. (2007) H (n = 11) M (n = 7) Deportistas de diferentes niveles de rendimiento	No sesión de familiarización 2 sesiones de evaluación 7 días entre sesiones consecutivas Sedestación con flexión de cadera de 100°	10 submáximas contr con y exc 2 máximas contr con y exc	Pierna dominante evaluada 3 ciclos máximos con/exc de ER a 60°/s 3 ciclos máximos con/exc de FR a 60°/s ROM: 0-85° 15 s de descanso entre ciclos	Índice convencional FR_{CON}/ER_{CON} 60°/s: 11,0% SEM; 3,55 RLoA[1]; 0,43 ICC Índice functional FR_{EXC}/ER_{CON} 60°/s: 1,2%SEM; 28,38%RLoA[1]; 0,73 ICC

Tabla 3 *(Continuación)*

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Impellizzeri et al. (2008) H y M (n = 18) Adultos jóvenes deportistas recreativos	No sesión de familiarización 3 sesiones de evaluación 96 horas entre sesiones de evaluación Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera)	5-6 submáximas contr con y exc de ER y FR a 60°/s	Ambas piernas evaluadas 3 máximas contr con de ER y FR a 60, 120 y 180°/s 3 máximas contr exc a 60°/s de FR ROM: 10-90° 1 min de de descanso entre contr	Índice funcional pierna dch FR_{EXC}/ER_{CON} 60°/s: 6,3%SEM; 17,5 RLoA[1]; 0,87 ICC Índice funcional pierna izq FR_{EXC}/ER_{CON} 60°/s: 6,4%SEM; 17,6 RLoA[1]; 0,80 ICC
Ayala et al. (2011) H (n = 27) M (n = 25) Deportistas de diferentes niveles de rendimiento	1 sesión de familiarización 3 sesiones de evaluación 96 h entre sesiones de evaluación Tendido prono (0° de flexión de cadera	Estiramientos 2 submáximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR	Pierna derecha evaluada 2 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60 y 180°/s 2 máximos ciclos exc/exc de ER y FR a 60 y 180°/s ROM: 0-90° 30 s de descanso entre ciclos y velocidad 5 min de descanso entre contr	Índice convencional FR_{CON}/ER_{CON} 60°/s: 18,5% CV_{TE}; 0,68 ICC 180°/s: 16,3% CV_{TE}; 0,64 ICC Índice functional FR_{EXC}/ER_{CON} 60°/s: 20,2% CV_{TE}; 0,34 ICC 180°/s: 18,8% CV_{TE}; 0,50 ICC

Contr: contracciones; con: concéntrica; exc: excéntricas; FR: flexión/flexores de rodilla (isquiosurales); ER: extensión/extensores de rodilla (cuádriceps);°: grados; s: segundos; %SEM: SEM expresado como porcentaje en función de la media del grupo; 95% LoA; limits of agreement (1,96x $\sqrt{}$2x SEM); ROM: rango de movimiento (0° = extensión completa); ICC: índice de correlación intraclase; RLoA[1]: 95% LoA expresado en función del porcentaje de la media del grupo; RLoA[2]: 95% LoA calculado a través de logaritmos; CVTE: coeficiente de variación expresado a través del error típico de la medida ($100[e^{s} - 1]$).

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Por otro lado, Croisier et al.[9] encontraron que los jugadores de futbol (n = 462) con un desequilibrio muscular medido a través del índice funcional FR_{EXC}/ER_{CON} presentaban 4,7 veces más riesgo de sufrir lesiones de la musculatura isquiosural. Interesantemente, este estudio informó que los jugadores de fútbol con un índice de fuerza FR_{EXC}/ER_{CON} superior a 1,40 no sufrieron lesión alguna del tren inferior durante el año deportivo estudiado. Es importante destacar que Croisier et al.[9] emplearon valores de normalidad muy estrictos para el índice de fuerza funcional, considerando la existencia de un déficit muscular los valores inferiores a 0,98. Asimismo, estos autores emplearon un índice funcional que combinaba diferentes velocidades angulares, lenta para la contracción excéntrica y rápida para la contracción concéntrica (FR_{EXC30}/ER_{CON240}). La principal justificación para esta decisión estuvo en tratar de minimizar el sesgo de aprendizaje y la alta variabilidad del proceso de evaluación de la máxima contracción excéntrica medida a alta velocidad.

La validez del ratio funcional FR_{EXC30}/ER_{CON240} para predecir e identificar lesiones de la musculatura isquiosural ha sido intensamente estudiada en los últimos años por el equipo de investigación de Croisier en jugadores de fútbol, encontrando en todos sus estudios[1–3,9,33,34] que podría existir una relación causal entre la presencia de desequilibrios musculares y un aumento del riesgo de padecer lesiones de dicha musculatura.

Una posible crítica al índice funcional expuesto por el equipo de Croisier podría ser que no refleja con la suficiente precisión la elevada e igual velocidad de la musculatura agonista-antagonista existente durante el mecanismo de lesión de la musculatura isquiosural y del LCA. Sin embargo, los escasos estudios que analizan la validez de los índices de fuerza funcionales como indicadores de riesgo de lesión empleando velocidades angulares altas no parecen encontrar valores significativos de correlación y predicción[18,22,32]. Por lo tanto, estableciendo como base el hecho de que el índice de fuerza funcional es un índice isocinético relativamente nuevo y que los estudios científicos que han analizado su validez como factor de riesgo de lesión son muy limitados, el valor de referencia para la normalidad más aceptado por la literatura científica (0,6-0,8) debería ser considerado con extrema cautela.

Asimismo, se podría instar a clínicos y a profesionales del área de las ciencias del deporte a utilizar el índice funcional propuesto por Croisier et al.[2] hasta que nuevos estudios diseñen protocolos de evaluación que permitan obtener un índice de fuerza funcional más preciso y próximo a la realidad deportiva. En este sentido, como valor de normalidad se podría establecer el de 0,98, aunque quizás el rango entre 0,9 y 1,0 podría ser, teóricamente, más apropiado para tratar de minimizar los posibles sesgos de error de la medida.

Es importante hacer notar que todos los umbrales de normalidad-seguridad anteriormente expuestos son específicos de la velocidad angular a la que están asociados, pues los índices de fuerza unilaterales experimentan modificaciones en función de la velocidad angular[8,26,35,36].

Fiabilidad de los índices de fuerza de la articulación de la rodilla para la estimación de desequilibrios musculares

El concepto de fiabilidad hace referencia a la consistencia o repetitividad de una medida, esto es, si la aplicación del instrumento de evaluación reporta consistentemente los mismos resultados bajo las mismas condiciones. En este sentido, la evaluación más precisa de la fiabilidad de un instrumento o procedimiento de valoración es determinada cuando se realizan diferentes tests en cortos (consistencia interna o fiabilidad relativa) y moderados (estabilidad o fiabilidad absoluta) periodos de tiempo, empleando el clásico diseño test-retest[12].

A nivel práctico, el análisis de la fiabilidad absoluta (reproducibilidad de la medida) presenta mayor interés debido a que permitirá valorar la «eficacia real» de programas de intervención sobre el nivel de equilibrio muscular de la rodilla de pacientes y deportistas. Igualmente, otro uso importante de la fiabilidad absoluta es la posibilidad de comparación entre diferentes pruebas diagnósticas, e incluso clínicos e investigadores podrían emplear esta información para determinar el tamaño muestral de sus estudios[12].

La fiabilidad de una medida puede verse afectada por ciertos factores, tales como: *a*) la complejidad del movimiento evaluado (sesgo de aprendizaje); *b*) si la valoración es llevada a cabo por el mismo examinador (fiabilidad intra-examinador) o por diferentes examinadores (fiabilidad inter-examinadores); *c*) factores ambientales como temperatura y momento del día; *d*) la realización o no de calentamiento previo, e incluso *e*) por las características propias de la población a la que va dirigida (escolares, adultos jóvenes sanos, personas con patologías)[12].

Sorprendentemente, a pesar del extensivo uso de los índices de fuerza isocinéticos en el ámbito clínico y de la rehabilitación físico-deportiva, son muy reducidos los estudios científicos que han evaluado su fiabilidad absoluta (tablas 3 y 4). El escaso número de estudios científicos que han centrado su atención en determinar la fiabilidad absoluta de los índices de fuerza unilateral y bilateral imposibilita el llevar a cabo un análisis del efecto que variables tales como la velocidad angular y la población objeto de estudio podrían presentar sobre su nivel de variabilidad inter-sesión.

Por lo tanto, el análisis del nivel de reproducibilidad inter-sesión de los índices de fuerza se va a focalizar exclusivamente en: *a*) describir los resultados obtenidos por los estudios dedicados a este fin, y *b*) establecer juicios teóricos y de carácter general del posible nivel de variabilidad obtenido a través del promedio de los resultados individuales derivados de los diversos estudios científicos.

En este sentido, los estudios que determinan la fiabilidad absoluta de los índices de fuerza bilateral de la rodilla informan de valores moderados de variabilidad inter-sesión[11,37]. En este sentido, Impellizzeri et al.[11], tras evaluar la fiabilidad absoluta del índice de fuerza bilateral empleando diferentes velocidades (60, 120 y 180°/s) en adultos jóvenes físicamente activos informaron de valores bajos de variabilidad, en un rango de 3,2 a 7,3%, empleando el estadístico error estándar de la medida (SEM).

Tabla 4 Estudios que determinan la fiabilidad absoluta de los índices de fuerza bilateral para la identificación de alteraciones de la función muscular

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Kellis et al. (1999) H (n = 13) Futbolistas púberes talentosos	1 sesión de familiarización 2 sesiones de evaluación 7 días entre sesiones consecutivas Sedestación con flexión de cadera de 110°	15 min cicloergómetro 3 submáximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR a 60, 120 y 180°/s 1 máximo ciclo con/con y exc/exc de ER y FR a 60, 120 y 180°/s	Ambas piernas evaluadas 5 máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR a 60, 120 y 180°/s (aleatorio) para ambas piernas (aleatorio) ROM: 0-90° 5 min de descanso entre velocidades 10 min de descanso entre evaluación de una pierna y otra	Índice bilateral $ER_{no\text{-}dom}/ER_{domCON}$ 60°/s: −0,07 +0,03 95% LoA; 0,75 ICC 120°/s: −0,05 +0,02 95% LoA; 0,83 ICC 180°/s: −0,09 +0,04 95% LoA; 0,47 ICC Índice bilateral $ER_{no\text{-}dom}/ER_{domEXC}$ 60°/s: −0,01 +0,02 95% LoA; 0,82 ICC 120°/s: −0,09 +0,04 95% LoA; 0,63 ICC 180°/s: −0,11 +0,06 95% LoA; 0,31 ICC Índice bilateral $FR_{no\text{-}dom}/FR_{domCON}$ 60°/s: −0,05 +0,06 95% LoA; 0,68 ICC 120°/s: −0,11 + 0,03 95% LoA; 0,53 ICC 180°/s: −0,15 +0,09 95% LoA; 0,47 ICC Índice bilateral $FR_{no\text{-}dom}/FR_{domEXC}$ 60°/s: −0,17 +0,01 95% LoA; 0,72 ICC 120°/s: −0,09 +0,12 95% LoA; 0,42 ICC 180°/s: −0,07 +0,07 95% LoA; 0,43 ICC
Iga et al. (2006) H (n = 23) Futbolistas púberes	1 sesión de familiarización 2 sesiones de evaluación 7 días entre sesiones consecutivas Sedestación con flexión de cadera de 90°	Cicloergómetro (no indica tiempo) Estiramientos 3 submáximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR 3 máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR	Ambas piernas evaluadas 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60, 120 y 240°/s 5 máximos ciclos exc/exc de ER y FR a 120°/s ROM: 10-90° 30 s de descanso entre ciclos 1 min de descanso entre velocidades	Índice bilateral $ER_{dom}/ER_{no\text{-}domCON}$ 60°/s: 1,00 x/ ÷ 1,17 RLoA[1] 120°/s: 1,04 x/ ÷ 1,23 RLoA[1] 240°/s: 1,05 x/ ÷ 1,24 RLoA[1] Índice bilateral $ER_{dom}/ER_{no\text{-}domEXC}$ 120°/s: 1,03 x/ ÷ 1,21 RLoA[1] Índice bilateral $FR_{dom}/FR_{no\text{-}domCON}$ 60°/s: 0,98 x/ ÷ 1,15 RLoA[1] 120°/s: 0,99 x/ ÷ 1,22 RLoA[1] 240°/s: 1,00 x/ ÷ 1,23 RLoA[1] Índice bilateral $FR_{dom}/FR_{no\text{-}domEXC}$ 120°/s: 1,02 x/ ÷ 1,18 RLoA[1]

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 4 *(Continuación)*

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Impellizzeri et al. (2008) H y M (n = 18) Adultos jóvenes deportistas recreativos	No sesión de familiarización 3 sesiones de evaluación 96 h entre sesiones de evaluación Sedestación (no indica el grado de flexión de cadera)	5-6 submáximas contr con y exc de ER y FR a 60°/s	Ambas piernas evaluadas 3 máximas contr con de ER y FR a 60, 120 y 180°/s 3 máximas contr exc a 60°/s de FR ROM: 10-90° 1 min de descanso entre contr	Índice bilateral ER_{dch}/ER_{izqCON} 60°/s: 3,2%SEM; 8,9 $RLoA^2$; 0,78 ICC 120°/s: 5,6%SEM; 15,6 $RLoA^2$; 0,63 ICC 180°/s: 6,5%SEM; 18,1 $RLoA^2$; 0,43 ICC Índice bilateral ER_{dch}/ER_{izqEXC} 60°/s: 7,3%SEM; 20,3 $RLoA^2$; 0,65 ICC Índice bilateral FR_{dch}/FR_{izqCON} 60°/s: 8,7%SEM; 24,2 $RLoA^2$; 0,59 ICC 120°/s: 7,3%SEM; 20,3 $RLoA^2$; 0,29 ICC 180°/s: 5,6%SEM; 15,6 $RLoA^2$; 0,54 ICC Índice bilateral FR_{dch}/FR_{izqEXC} 120°/s: 7,3%SEM; 20,3 $RLoA^2$; 0,69 ICC

Contr: contracciones; con: concéntrica; exc: excéntricas; FR: flexión/flexores de rodilla (isquiosurales); ER: extensión/extensores de rodilla (cuádriceps);°: grados; s: segundos; dom: dominante; no-dom: no dominante; izq: izquierda; dch: derecha; %SEM: SEM expresado como porcentaje en función de la media del grupo; 95% LoA; limits of agreement (1,96x $\sqrt{}$2x SEM); ROM: rango de movimiento (0° = extensión completa); ICC: índice de correlación intraclase; $RLoA^1$: 95% LoA expresado en función del porcentaje de la media del grupo; $RLoA^2$: 95% LoA calculado a través de logaritmos.

Por otro lado, el índice de fuerza convencional parece presentar un aceptable nivel de variabilidad inter-sesión, con un valor medio del estadístico SEM del 8,0%[11,38] y del estadístico ratio del 95% *limits of agreement* del 17,36%[11,37,38]. Similares resultados de fiabilidad absoluta han sido establecidos para el índice de fuerza funcional, con un valor medio del SEM del 6,5%[11,37].

Limitaciones de la literatura científica

A pesar de la extensiva utilización de los índices de fuerza unilateral y bilateral de la rodilla como elementos que permiten identificar y predecir lesiones de la extremidad inferior, así como su empleo como valor de referencia para el retorno seguro del deportista al entrenamiento y/o a la competición, son muy pocos los estudios que han tratado de verificar de forma científica dicha utilización.

En este sentido, los escasos estudios científicos que tratan de determinar la validez y la fiabilidad de los índices de fuerza como herramientas que permitan identificar, predecir y monitorizar lesiones de la extremidad inferior presentan, en muchos casos, resultados contradictorios.

Quizás la gran diversidad de los resultados obtenidos por los diversos estudios pueda radicar en los diferentes procedimientos de evaluación empleados, en la escasa y diversa población objeto de estudio, en los distintos valores de normalidad utilizados para categorizar a los participantes, así como en las diferentes definiciones que del concepto lesión se emplean para considerar a los deportistas como lesionados o no lesionados.

Son necesarios estudios científicos que desarrollen procedimientos de exploración de la fuerza isocinética lo suficientemente precisos que permitan dotar a los índices de fuerza isocinéticos de la suficiente precisión como para identificar y predecir lesiones de la musculatura isquiosural y del LCA, así como para monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados para el mantenimiento o la mejora de la estabilidad dinámica de la rodilla.

Asimismo, considerando que cada modalidad deportiva produce adaptaciones musculoesqueléticas específicas en sus practicantes, es necesario que surjan estudios científicos que establezcan valores de seguridad en los índices de fuerza isocinética adaptados a cada modalidad deportiva, aunque en un primer momento quizá sería interesante establecer valores de seguridad específicos de deportes con una alta demanda de ciclo de estiramiento-acortamiento y otros valores distintos para deportes con baja demanda de ciclo estiramiento-acortamiento.

Conclusiones

Sobre la validez de los índices de fuerza de la rodilla se puede concluir que:

- Un desequilibrio bilateral de fuerza mayor del 10-15% expresado mediante el índice FR/FR_{CON60} podría indicar que la persona presenta un alto riesgo de sufrir una lesión de la musculatura isquiosural y del LCA, o que, por el contrario, el programa de rehabilitación no se ha completado con éxito, no permitiendo con ello la incorporación segura del deportista al entrenamiento y/o a la competición.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

- Un índice unilateral de fuerza mayor del 0,45-0,6 calculado a través de la modalidad FR/ER_{CON180} podría ser establecido como umbral de seguridad para las lesiones de la musculatura isquiosural y del LCA.
- Un índice funcional FR_{EXC60}/ER_{CON60} menor de 0,60 podría ser un buen indicador de lesiones previas de la musculatura isquiosural en jugadores profesionales de fútbol, con un 77,5% de probabilidad. Sin embargo, dado el escaso número de estudios científicos que abordan el estudio de la validez de dicho índice, el umbral de normalidad anteriormente expuesto debe de ser considerado con extrema cautela.
- Parece existir una mayor evidencia científica que sugiere que un índice funcional mixto, FR_{EXC30}/ER_{CON240}, menor de 0,8-1,0 podría indicar un alto riesgo (4 veces más) de lesión del miembro inferior.

Sobre la fiabilidad absoluta de los índices de fuerza de la rodilla se puede concluir que:

- Son muy escasos los estudios que determinan la fiabilidad absoluta de los índices de fuerza unilateral y bilateral. Por tanto, su uso como elementos de predicción del riesgo de lesión debe de ser considerado con extrema cautela.
- Los índices unilaterales de fuerzas isocinéticas parecen presentar un aceptable nivel de variabilidad inter-sesión, con un valor medio del estadístico SEM < 10,0%.
- Los índices bilaterales de fuerzas isocinéticas informan de valores moderados de variabilidad inter-sesión, con un valor medio del estadístico SEM ≈10-15%.

Financiación

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

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Croisier JL. Factors associated with recurrent hamstring injuries. Sports Med. 2004;34:681–95.
2. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. Am J Sports Med. 2002;30:199–203.
3. Croisier JL, Reveillon V, Ferret JM, Cotte T, Genty M, Popovich N, et al. Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. Isokinet Exer Sci. 2003;11:61–2.
4. Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. Isokinet Exer Sci. 2003;11:139–44.
5. Devan MR, Pescatello S, Faghri P, Anderson J. A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. J Athle Train. 2004;39:263–7.
6. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. Int J Sports Med. 1994;15:S11–8.
7. Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. Am J Sports Med. 1991;19:76–81.
8. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: Quadriceps muscle strength ratio. Am J Sports Med. 1998;26:231–7.
9. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. Am J Sports Med. 2008;36:1469–75.
10. Gerodimos V, Mandou V, Zafeiridis A, Ioakinidis P, Stavropoulos N, Kellis S. Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratio in young basketball players. J Sports Med Phys Fitness. 2003;43:444–52.
11. Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiulet NA. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. Clin Physiol Funct Imaging. 2008;28:113–9.
12. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. Sports Med. 2000;30:1–15.
13. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riaucour A, Leslie S, Plant D, et al. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. Br J Sports Med. 1998;32:309–14.
14. Hughes G, Watkins J. A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. Sport Med. 2006;36:411–28.
15. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynnon B, Fukubayashi T, Garrett W. Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. Br J Sports Med. 2008;42:394–412.
16. Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P, Keays AC. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Res. 2003;21:231–7.
17. Yamamoto T. Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. J Sports Med Phys Fitness. 1993;33:194–9.
18. Houweling TAW, Head A, Hamzeh MA. Validity of isokinetic testing for previous hamstring injury detection in soccer players. Isokinet Exer Sci. 2009;17:213–20.
19. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. J Athle Train. 2004;39:352–64.
20. Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian Footballers. Am J Sports Med. 1997;25: 81–5.
21. Kannus P. Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in anterior cruciate ligament in sufficiency knee. Relationship to long term recovery. Phys Ther. 1988;68:961–5.
22. Yeung SS, Suen AM, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. Br Sports Med. 2009;43:589–94.
23. Sapega AA. Muscle performance evaluation in orthopaedic practice. J Bone Joint Surg. 1990;72-A:1562–74.
24. Kannus P, Jarvinnen M. Knee flexor and extensor strength ratios in follow up of acute knee distortion injuries. Arch Phys Med Rehabi. 1990;71:38–41.
25. Nosse L. Assessment of selected reports on the strength relationship of the knee musculature. J Orthop Sport Phys Ther. 1982;4:78–85.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 08/01/2013. Copia para uso personal, se prohibe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

26. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. Acta Physiol Scand. 1995;154:421–7.
27. Lloyd D, Buchanan T, Besier T. Neuromuscular biomechanical modelling to understand knee ligament loading. Med Sci Sports Exer. 2005;37:1939–47.
28. Cameron M, Adams R, Maher C. Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. Phys Ther Sport. 2003;4:159–66.
29. Heiser TM, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs RR. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. Am J Sports Med. 1984;12:368–70.
30. Magalhaes J, Oliveira J, Ascensao A, Soares J. Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball players. J Sports Med Phys Fitness. 2004;44:119–25.
31. Olmo J, Lopez-Illescas A, Martin I, Jato S, Rodríguez LP. Knee flexion and extension strength and H/Q/ration in high level track and field athletes. Isokinet Exer Sci. 2006;14: 279–89.
32. Sugiura Y, Saito T, Sakuraba K, Sakuma K, Suzuki E. Strength deficits identified with concentric action of the hip extensors and eccentric action of the hamstrings predispose to hamstring injury in elite sprinters. J Orthop Sport Phys Ther. 2008;38:457–64.
33. Croisier JL, Ganteaume S, Genty M, Binet J, Ferret JM. Incomplete muscle strength recovery in injured professional football players. 11th annual Congress of the European College of Sports Science. Sportverlag Strauss. Cologne. Book of Abstract 361. 2006.
34. Croisier JL, Roisier JL, Ganteaume S, Ferret JM. Pre-season isokinetic intervention as a preventive strategy for hamstring injury in Professional soccer players [abstract]. Br J Sports Med. 2005;39:379.
35. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. J Sports Sci Med. 2002;1:56–62.
36. Kellis E, Katis A. Quantification of functional knee flexor to extensor moment ratio using isokinetic and electromyography. J Athle Train. 2007;42:477–85.
37. Iga J, George K, Lees A, Reilly T. Reliability of assessing indices of isokinetic leg strength in pubertal soccer players. Pediatr Exer Sci. 2006;18:436–45.
38. Sole G, Hamrén J, Milosavljevic S, Nicholson H, Sullivan J. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. Arch Phys Med Rehabi. 2007;88:626–31.