

Ayala, F.; Sainz de Baranda, P.; De Ste Croix, M. y Santonja, F. (2013) Fiabilidad absoluta de las medidas isocinéticas para estimar la función muscular / Absolute reliability of isokinetic measurements for estimating muscle function. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 13 (52) pp. 799-830. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista52/artfiabilidad407.htm>

REVISIÓN / REVIEW

FIABILIDAD ABSOLUTA DE LAS MEDIDAS ISOCINÉTICAS PARA ESTIMAR LA FUNCIÓN MUSCULAR

ABSOLUTE RELIABILITY OF ISOKINETIC MEASUREMENTS FOR ESTIMATING MUSCLE FUNCTION

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). fayala@umh.es
2. Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Murcia (España). psainzdebaranda@gmail.es.
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. V. de la Arrixaca. Murcia (España). fernando@santonjatrauma.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 21 de julio de 2011 **Received** July 21, 2011

Aceptado 13 de octubre de 2013 **Accepted** October 13, 2013

RESUMEN

El objetivo principal de esta revisión de la literatura fue analizar y comparar la fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos más empleados en el ámbito clínico y deportivo para la estimación de la función muscular de los movimientos de flexión y extensión de rodilla (momento de fuerza máxima [PFM], ángulo de fuerza máxima [A-PFM], potencia media [PM] y trabajo total [TrT]). Un total de 20 estudios científicos fueron analizados tras cumplir con todos los criterios de inclusión previamente establecidos. Los resultados muestran que los índices isocinéticos PFM, PM y TrT parecen presentar una moderada fiabilidad absoluta, mientras que

son contradictorios los valores obtenidos para el índice A-PFM. Son necesarios más estudios científicos que analicen la fiabilidad absoluta de los principales índices isocinéticos, especialmente el índice A-PFM, a través de procedimientos exploratorios que empleen velocidades angulares altas, movimientos excéntricos y diferentes posiciones de evaluación (sedentación, decúbito prono y decúbito supino).

PALABRAS CLAVE: peak torque, variabilidad inter-sesión, reproducibilidad, error de la medida, evaluación isocinética.

ABSTRACT

The main purpose of this systematic literature review was to analyse and compare the absolute reliability of the most common isokinetic indexes used in clinical and sporting contexts for estimating the muscle function of the knee flexion and extension movements (peak torque [PT], angle of peak torque [A-PT], average power [AP] and total work [TW]). A total of 20 research studies were analysed after meeting all the inclusion criteria previously established. The results show that the isokinetic indexes PT, PM and TW appear to present moderate absolute reliability scores, while the results for the A-PT are contradictory. More research studies are necessary that analyse the absolute reliability of the most common isokinetic indexes, specially of the A-PT, throughout testing procedures that use high angular velocities, eccentric movements and different testing positions (seated, lying prone and lying supine).

KEY WORDS: peak torque, inter-session variability, reproducibility, measurement error, isokinetic assessment

1. INTRODUCCIÓN

En el área de la medicina deportiva, y más concretamente, en la campo de la rehabilitación físico-deportiva, el disponer de pruebas de valoración precisas de la función muscular ha sido muy importante y altamente demandado para evaluar el impacto de cualquier intervención terapéutica y/o el efecto de un programa de entrenamiento (Maffiuletti, Bizzini, Desbrosses, Babault y Munzinge, 2007).

Con este propósito, a finales de 1960 surgieron los primeros artículos científicos que recomendaban y utilizaban dispositivos dinamométricos isocinéticos (Hislop y Perrine, 1967; Moffroid, Whipple, Hofkosh, Lowman y Thistle, 1969; Thistle, Hislop, Moffroid y Lowman, 1967), y durante más de tres décadas han sido consideradas herramientas de investigación estándar o de criterio para investigar la función de un grupo muscular aislado, y más concretamente, de los músculos presentes en la pierna (Brown, 2000; Maffiuletti et al., 2007).

Sin embargo, la precisión de los dispositivos isocinéticos para evaluar la función muscular ha sido aceptada por clínicos y científicos 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. Entre la gran variedad de índices o parámetros isocinéticos descritos por la literatura científica, los denominados “pico-momento de fuerza máxima o peak torque” (PFM); “ángulo donde se produce el pico de fuerza máxima o angle of peak torque” (A-PFM); “potencia media o average

power” (PM); y “trabajo total o total work” (TrT) son los más empleados para evaluar y monitorizar cambios en la función muscular durante procesos de rehabilitación y/o entrenamiento físico (Brown, 2000; Yong-Hao Pua, Bryant, Steele, Newton y Wrigley, 2008).

La validez de criterio de un instrumento de medida podría ser definida como el grado de precisión o correlación con que las puntuaciones de un dispositivo permiten pronosticar alguna variable de criterio elegida (gold standard) (Hopkins, 2000). En este contexto, la literatura científica sugiere que los índices isocinéticos anteriormente expuestos (PFM y PM principalmente), medidos a través de acciones de flexión y extensión de rodilla, poseen un moderado grado de correlación para categorizar a deportistas según su nivel de rendimiento, expresado a través de múltiples acciones, tales como: (a) el salto vertical (Ashley y Weiss, 1994); (b) la carrera (Anderson, Gieck, Perrin, Weltman, Rutt y Denegar, 1991); (c) la capacidad anaeróbica (Brown, Whitehurst y Buchalter, 1994); y (d) la resistencia muscular (Haymes y Dickinson, 1980). Igualmente, los índices isocinéticos parecen poseer una sensibilidad suficiente para discriminar entre personas con diferentes niveles de rendimiento o roles en deportes colectivos (Brown y Wilkinson, 1983; Wrigley, 2000; Yong-Hao et al., 2008).

Por otro lado, 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 (Baumgartner, 1989; Hopkins, 2000).

A nivel práctico, el análisis de la fiabilidad absoluta (reproducibilidad de la medida) presenta mayor interés debido a que permitirá valorar la “eficacia real” (más allá del error de la medida debido a variación técnica o biológica) de programas de intervención sobre el nivel de función muscular de pacientes y deportistas (Hopkins, 2000). Igualmente, otro uso importante de la fiabilidad absoluta es la posibilidad de comparación entre diferentes dispositivos isocinéticos e incluso, clínicos e investigadores podrían emplear esta información para determinar el tamaño muestral de sus estudios (Hopkins, 2000).

Sin embargo, por lo que respecta al grado de fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos PFM, A-PFM, PM y TrT, son muy pocos los estudios científicos que han abordado su estudio, siendo a menudo controvertidos los resultados obtenidos (Dvir, 2004).

Es importante un análisis crítico y exhaustivo de la literatura científica que permita identificar el grado de fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos PFM, A-PFM, PM y TrT. Este conocimiento permitirá valorar si los incrementos en los resultados obtenidos en comparación con los valores iniciales-basales tras la aplicación de programas de intervención reflejan un cambio real o si por el contrario están asociados al error de la medida.

Por lo tanto, el objetivo principal de esta revisión de la literatura fue analizar y comparar la fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos más empleados en el ámbito clínico y deportivo para la estimación de la función muscular de los movimientos de flexión y extensión de rodilla.

2. MÉTODO

2.1. Criterios de inclusión

Como criterios de inclusión que los estudios y trabajos debían cumplir para formar parte de la presente revisión de la literatura se establecieron: (a) ser artículos originales, tesis doctorales, comunicaciones cortas y resúmenes con enlace a texto completo (gratuito y bajo suscripción); (b) estar escritos en inglés, portugués o español; (c) ser estudios controlados con diseños pre-test y pos-test cuyos objetivos fuesen analizar y/o comparar la fiabilidad de los índices isocinéticos PFM, A-PFM, PM y TrT obtenidos durante movimientos de flexión y extensión de rodilla; (d) emplear como muestra de estudio hombres y mujeres asintomáticos de todo rango de edad y condición física (sedentarios, físicamente activos, deportistas de alto nivel); y (d) presentar una descripción detallada de sus procedimientos exploratorios.

2.2. Estrategia de búsqueda bibliográfica

La localización de artículos se realizó en las bases de datos informatizadas online 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: isokinetic test, peak torque, angle of peak torque, total work, average power, pre-test and post-test, reproducibility, absolute reliability, knee flexion, knee extension, measurement error, variability (tabla 1).

La palabra “isokinetic test” fue siempre utilizada como criterio de búsqueda, de tal forma que, en las diversas exploraciones bibliográficas efectuadas, el término isokinetic test siempre estuvo presente en uno de los campos de búsqueda, quedando el resto de campos subordinados con la preposición “and” y completos por una de las palabras clave anteriormente expuestas. No fue aplicada limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en febrero de 2011.

Tabla 1: Bases de datos y estrategias de búsqueda utilizadas.

Base de datos	Estrategias de búsqueda	
PubMed	- Isokinetic test	- Absolute reliability
SportsDiscus	- Peak torque	- Reproducibility
OVID	- Angle of peak torque	- Pre-test y post-test
Cochrane Library	- Total work	- Measurement error
Lilacs Teseo	- Average power	- Knee flexion
Google	- Variability	- Knee extension

Los títulos y resúmenes de los artículos encontrados a través del empleo de la estrategia de búsqueda anteriormente expuesta fueron inicialmente analizados por un único investigador experto (Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con más de 10 años de experiencia en el campo de la investigación) para

determinar si a priori cumplían los criterios de inclusión y exclusión establecidos. En este sentido, los títulos y resúmenes de los artículos encontrados fueron categorizados como: (a) aptos; (b) dudosos; y (c) no aptos. En los casos de aquellos artículos cuyo título y resumen no proporcionaban información explícita suficiente sobre el cumplimiento de los criterios de inclusión, se procedió a la total lectura y análisis del mismo para su posterior categorización como “apto” o “no apto”. La opinión de un experto independiente fue solicitada para los casos en los cuales tras el análisis del artículo completo no se llegó a un juicio claro de “apto” o “no apto”.

Una vez seleccionados todos los artículos cuyos títulos y resúmenes potencialmente cumplían los criterios de inclusión y exclusión se procedió a su obtención en versión electrónica como artículos completos.

2.3. Extracción de datos

Una lista con variables metodológicas de interés para entrenadores, preparadores físicos, médicos del deporte y demás miembros del ámbito de la actividad físico-deportiva fue desarrollada a priori (tabla 2). Esta lista estuvo vertebrada en el diseño previamente establecido por Keating y Matyas (1996), donde se incluyen aspectos tales como (a) tipo de diseño, (b) descripción de la muestra, (c) preparación de la prueba exploratoria, (d) aspectos a destacar durante el procedimiento de evaluación, (e) estadísticos empleados, (f) resultados (cuantitativos y cualitativos) y (g) conclusiones.

Tabla 2: Lista de extracción de datos de los estudios científicos analizados.

Referencia
Diseño
Tipo (medidas repetidas, pre-test y post-test)
Número de sesiones exploratorias
Intervalo temporal entre sesiones exploratorias consecutivas (semanas, días)
Sesión de familiarización (si/no)
Población
Número
Sexo (hombre/mujer)
Edad (media y desviación estándar)
Nivel de condición física (sedentarios, físicamente activos, deportista [indicar modalidad deportiva])
Preparación de la prueba exploratoria
Marca y modelo del dispositivo dinamométrico
Procedimiento de calentamiento (si/no, tipo y parámetros de la carga)
Posición adoptada por el sujeto evaluado (sedentación, bipedestación, tendido supino, tendido prono)
Estabilización
Alineación del eje de giro de la articulación con el eje de giro del dinamómetro
Longitud del brazo telescópico
Carga previa para la activación
Método de corrección gravitacional o si ha sido empleado
Durante la prueba exploratoria
Pierna evaluada (ambas, dominante o no dominante, derecha o izquierda) y orden (aleatorio, no aleatorio [indicar estrategia])
Modo (isocinéticos [pasivo, isocinético, reactivo], isométrico, isotónico)
Tipo de contracción muscular evaluada (concéntrica, excéntrica, ambas)
Tipo de movimiento articular de la rodilla evaluado (flexión, extensión, ambos) y modalidad (ciclo simple [concéntrico/concéntrico, excéntrico-excéntrico] ciclo compuesto (concéntrico-excéntrico, excéntrico-concéntrico), movimiento único)
Rango de movimiento articular evaluado
Velocidades angulares y orden de evaluación
Número de series-repeticiones-ciclos por movimiento articular o velocidad angular
Periodos de descanso
Análisis estadístico
Tipo de estadísticos utilizados para expresar la fiabilidad absoluta
Estrategia de selección del valor final del índice isocinético destinado al análisis estadístico (media de los intentos, mejor de los intentos)
Prueba estadística empleada para evaluar las diferencias inter-sesión (paramétrica, no paramétrica, indicar nombre)
Otros
Resultados y Conclusiones
Cuantitativos (porcentuales, Δ entre pre-test y post-test en newton-metro)
Cualitativos
Consideraciones del/los autor/es
Otros comentarios

Todas las variables metodológicas fueron extraídas, registradas y analizadas en todos los artículos por el mismo investigador experto. Aquellos artículos que no especificaron explícitamente alguna de las variables anteriores recibieron la categorización en dicha sección de “no informa”, no siendo eliminados del proceso de análisis por este hecho. Este método de extracción de datos ha sido recomendado por “Cochrane Collaboration Back Review Group” para la realización de revisiones sistemáticas (Van Tulder, Furland, Bombardier y Bouter, 2003).

3. RESULTADOS

La estrategia de búsqueda y selección de artículos empleada en esta revisión obtuvo un total de 30 artículos cuyos títulos y resúmenes parecían cumplían los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos por los autores. De todos los títulos y resúmenes seleccionados como aptos (n=30), 5 de ellos tuvieron un acceso restringido y/o fue imposible su obtención en formato electrónico. Así, un total de 25 fueron conseguidos como artículos completos en versión electrónica. Sin embargo, 5 artículos fueron desechados por presentar una pobre descripción de la metodología empleada (n=3) así como por no describir apropiadamente el análisis estadístico utilizado (n=2). Por lo tanto, un total de 20 artículos fueron analizados e incluidos en esta revisión. Todos los estudios analizaron la fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos PFM, A-PFM, PM y/o TrT durante los movimientos de flexión y extensión de rodilla.

4. DISCUSIÓN

A continuación se va a exponer un análisis detallado de los resultados obtenidos por los diversos estudios científicos con relación al grado de fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos PFM, A-PFM, PM y TrT obtenidos a través de la flexión y extensión de rodilla.

Tabla 3: Estudios que determinan la fiabilidad absoluta del índice isocinético momento de fuerza máxima presentados por orden cronológico

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Perrin (1986) H (n = 15) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 3 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 1 min descanso entre calentamiento y evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - ROM: no especifica - 2 min descanso entre evaluación de una pierna y otra 	<ul style="list-style-type: none"> Flexión de rodilla: <ul style="list-style-type: none"> - Con 60° FR izq: 0.83 ICC - Con 60° FR dch: 0.92 ICC Extensión de rodilla <ul style="list-style-type: none"> - Con 60° FR izq: 0.84 ICC - Con 60° FR dch: 0.85 ICC
Tredinnick et al. (1988) H (n = 14) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Tendido supino (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 sub-máximas contr con y exc de ER a 60, 120 y 180°/s - 1 máxima contr con y exc de ER a 60, 120 y 180°/s - 2 min descanso entre calentamiento y evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dch evaluada - 3 máximas contr con y exc de ER a 60, 120 y 180°/s - ROM: no especifica - 5s descanso entre contr con y exc. - 3 min de descanso entre velocidades 	<ul style="list-style-type: none"> Extensión de rodilla <ul style="list-style-type: none"> - Con a 60°/s: 0.89 ICC - Con a 120°/s: 0.97 ICC - Con a 180°/s: 0.75 ICC - Exc a 60°/s: 0.47 ICC - Exc a 120°/s: 0.84 ICC - Exc a 180°/s: 0.79 ICC
McCleary et al. (1992) H (n = 26) Deportistas (22 futbolistas y 4 nadadores)	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 3 sesiones de evaluación - 24 horas entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR - 3 máximos ciclos con/con de ER y FR - 30s descanso entre calentamiento y evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dch evaluada - 6 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - ROM: 0-90° 	<ul style="list-style-type: none"> Flexión de rodilla <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 3 SEM³; 2.9 %SEM; 5.9 LoA³ Extensión de rodilla <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 7 SEM³; 4.47 %SEM; 13.7 LoA³
Arnold et al. (1993) M (n = 25) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximas contr con de ER - 1 máxima contr con de ER 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 máximas contr con de ER a 60°/s - ROM: 0-90° 	<ul style="list-style-type: none"> Extensión de rodilla <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s en 30° de KE: 5.9 SEM³; 0.84 ICC - Con 60°/s en 60° de KE: 7.6 SEM³; 0.87 ICC - Con 60°/s en 75° de KE: 7.3 SEM³; 0.83 ICC
Li et al. (1996) H (n = 18) M (n = 12) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 4-10 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 110° 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 min estiramientos - 2 sub-máximos ciclos con/exc - 1 máximo ciclo con/exc 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/exc de ER y FR a 60°/s - 5 máximos ciclos con/exc de ER y FR a 120°/s - ROM: no especifica - 2 min descanso entre velocidades. 	<ul style="list-style-type: none"> NS entre piernas, los datos expresan la media entre las dos. NS entre género, los datos expresan el resultado de las mujeres. Flexión de rodilla <ul style="list-style-type: none"> - Con a 60°/s: 6.3 %diff; 0.82 ICC - Con a 120°/s: 4.5 %diff; 0.90 ICC - Exc a 60°/s: 9.8 %diff; 0.83 ICC - Exc a 120°/s: 14.4 %diff; 0.84 ICC

<p>Pincivero et al. (1997) H (n = 10) M (n = 11) Adultos jóvenes sanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (60 rpm) - Estiramientos - 5 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR - 2-3 máximos ciclos con/con de ER y FR 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 min descanso entre músculos - 5 min descanso entre pierna dominante y no dominante - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 180°/s - ROM: 0-90° 	<p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con a 60°/s: 6.6 %diff; 0.83 ICC - Con a 120°/s: 11.0 %diff; 0.85 ICC - Exc a 60°/s: 11.9 %diff; 0.82 ICC - Exc a 120°/s: 8.9 %diff; 0.83 ICC <p>NS entre piernas, los datos expresan la pierna dominante</p> <p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 4.9 %SEM; 0.97 ICC - Con 180°/s: 6.1 %SEM; 0.96 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 4.8 %SEM; 0.97 ICC - Con 180°/s: 5.6 %SEM; 0.96 ICC
<p>Kellis et al. (1999) H (n = 13) Futbolistas púberes talentosos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 110° 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 descanso entre velocidades - 10 min de descanso entre evaluación de una pierna y otra 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la pierna dominante</p> <p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: -6.1 +1.5 95%LoA; 0.90 ICC - Con 120°/s: -6.1 +1.5 95% LoA; 0.88 ICC - Con 180°/s: -6.6 +0.4 95% LoA; 0.89 ICC - Exc 60/s: -7.2 +2.9 95% LoA; 0.85 ICC - Exc 120°/s: -2.6 +10.7 95% LoA; 0.71 ICC - Exc 180°/s: -4.2 +8.7 95% LoA; 0.76 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: -1.7 +7.2 95% LoA; 0.98 ICC - Con 120°/s: -0.6 +4.7 95% LoA; 0.96 ICC - Con 180°/s: -1.5 +2.3 95% LoA; 0.98 ICC - Exc 60/s: -0.6 +11.1 95% LoA; 0.92 ICC - Exc 120°/s: -3.4 +13.1 95% LoA; 0.88 ICC - Exc 180°/s: -2.4 + 15.2 95% LoA; 0.80 ICC
<p>Dauty et al. (2001) H (n = 10) Jugadores de categoría nacional de voleibol</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 21 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (70 rpm y 50 w) - Estiramientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dch evaluada - 5 máximas contr con de FR a 180°/s - 5 máximas contr exc de FR a 30°/s - 5 máximas contr exc de FR a 60°/s - ROM: 0-100° - 3 min descanso entre contr con y exc - 1 min de descanso entre contr exc 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 180°/s: 7 SEM³; 5.6 %SEM; 0.94 ICC - Exc 30°/s: 15 SEM³; 8.1 %SEM; 0.86 ICC - Exc 60°/s: 16 SEM³; 8.6 %SEM; 0.83 ICC

<p>Deighan et al. (2003) H (n = 10) Escolares prepuberales sedentarios</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 minutos de ciclo-ergómetro (intensidad moderada) - Estiramientos FR y ER - 3 sub-máximas contr con y exc - 1 máxima contr con/con y exc/exc 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dch evaluada - 3 ciclos máximos con/con de FR y ER a 30 y 180°/s (aleatorio) - 4 ciclos máximos exc/exc de FR y ER a 30 y 180°/s (aleatorio) - ROM: 0-90° para ciclos con/con ER y FR. 0-75° para ciclos exc/exc ER y FR - 2 min descanso entre velocidades - 3 min descanso entre modos 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 30°/s: 6% CV; 10 SEM²; -8 +11 95% LoA - Con 180°/s: 9% CV; 12 SEM²; -11 +14 95% LoA - Exc 30°/s: 10% CV; 17 SEM²; -16 +17 95% LoA - Exc 180°/s: 7% CV; 13 SEM²; -14 +13 95% LoA; - Extensión de rodilla - Con 30°/s: 7% CV; 13 SEM²; -8 +17 95% LoA - Con 180°/s: 4% CV; 6 SEM²; -7 +5 95% LoA - Exc 30°/s: 9% CV; 24 SEM²; -23 +24 95% LoA - Exc 180°/s: 11% CV; 24 SEM²; -27 +21 95% LoA
<p>Symons et al. (2004) M (n = 25) Adultos mayores sanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 2-10 días entre sesiones consecutivas 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (50 rpm) - 3 sub-máximas contr al 50-60% MCV 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximas ER con a 90°/s - 5 máximas ER exc a 90°/s - ROM: 0-90° - 2 min descanso entre contr 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la media entre las dos</p> <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 90°/s: 7.4%ETM; 20.5 RLoA y 0.92 ICC - Exc 90°/s: 8.2%ETM; 23.0 RLoA y 0.88 ICC
<p>Lund et al. (2005) H (n = 4) M (n = 9) Adultos jóvenes sanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 90° 	<p>No informa sobre calentamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dominante evaluada - 3 máximas FR y ER con a 60°/s - ROM: 0-90° 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 6.9 SEM¹; 8.8 %SEM; 0.91 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 10.6 SEM¹; 6.9%SEM; 0.89 ICC
<p>Dervisevic et al. (2006) H (n = 16) Adultos jóvenes deportistas recreativos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro - 30s de estiramiento de FR y ER - 2 sub-máximas contr con y exc de FR y ER - 1 máxima contr con y exc de FR y ER 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas Set 1, ROM: 0-90° <ul style="list-style-type: none"> - 1 máx contr con FR y ER a 90°/s. - 1 máx contr exc de ER a 90°/s - 1 máx contr con FR y ER a 180°/s Set 2, ROM 30-60° <ul style="list-style-type: none"> - 1 máxima contr con FR y ER a 30°/s. - 1 máxima contr exc de ER a 30°/s - 1 máxima contr con FR y ER a 60°/s - 1 máxima contr exc de ER a 60°/s - 30 min de descanso entre set 1 y 2 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la pierna derecha</p> <p>Flexión de rodilla ROM 0-90°</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 90°/s: 12 SEM³; 12.2 %SEM; 0.85 ICC - Con 180°/s: 12.4 SEM³; 12.8 %SEM; 0.80 ICC <p>Extensión de rodilla ROM 0-90°</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 90°/s: 15.5 SEM³; 10.9 %SEM; 0.82 ICC - Con 180°/s: 12.5 SEM³; 10.6 %SEM; 0.84 ICC - Exc 90°/s: 36.99 SEM³; 22.7 %SEM; 0.33 ICC - Exc 180°/s: 26.3 SEM³; 15.7 %SEM; 0.43 ICC <p>Flexión de rodilla ROM 30-60°</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 30°/s: 10.2 SEM³; 10.4 %SEM; 0.85 ICC - Con 60°/s: 6.7 SEM³; 7.2 %SEM; 0.92 ICC <p>Extensión de rodilla ROM 30-60°</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 30°/s: 14.1 SEM³; 10.1 %SEM; 0.82 ICC - Con 60°/s: 10.7 SEM³; 8.5 %SEM; 0.89 ICC - Exc 30°/s: 18.1 SEM³; 11.1 %SEM; 0.83 ICC - Exc 60°/s: 13.8 SEM³; 8.4 %SEM; 0.89 ICC

<p>Iga et al. (2006) H (n = 23) Futbolistas púberes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 90° 	<ul style="list-style-type: none"> - Cicloergómetro (no indica tiempo) - Estiramientos - 3 sub-máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR - 3 máximos ciclos con/con y exc/exc de ER y FR 	<ul style="list-style-type: none"> - 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° - 30s descanso entre ciclos - 1 min descanso entre velocidades 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la pierna dominante</p> <p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 1.05 x/ ÷ 1.18 RLoA³ - Con 120°/s: 1.07 x/ ÷ 1.17 RLoA³ - Con 240°/s: 1.03 x/ ÷ 1.22 RLoA³ - Exc 120°/s: 1.05 x/ ÷ 1.14 RLoA³ <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 1.03 x/ ÷ 1.22 RLoA³ - Con 120°/s: 1.03 x/ ÷ 1.14 RLoA³ - Con 240°/s: 1.05 x/ ÷ 1.15 RLoA³ - Exc 120°/s: 1.05 x/ ÷ 1.16 RLoA³
<p>Ordway et al (2006) H (n = 16) M (n = 17) Adultos mayores sanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7-10 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dominante evaluada - 5 ciclos máximos con/con de FR y ER a 60 y 240°/s - ROM: no especifica - 1 min descanso entre velocidades 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 33% RLoA - Con 240°/s: 13 95% LoA³ <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 21% RLoA - Con 240°/s: 7 95% LoA³
<p>Maffiuletti et al. (2007) H (n = 15) M (n = 15) Adultos jóvenes deportistas recreativos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 20 sub-máximas contrac con (15°/s) y ecc (15°/s) de los FR y ER 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 máximas FR y ER con a 60, 120 y 180°/s - 3 máximas FR y ER exc a 60°/s - ROM: 10-80° - 1 min descanso 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 3.1% CV; 0.98 ICC - Con 120°/s: 4.2% CV; 0.98 ICC - Con 180°/s: 4.1% CV; 0.98 ICC - Exc 60°/s: 6.4% CV; 0.97 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 3.2% CV; 0.97 ICC - Con 120°/s: 2.8% CV; 0.99 ICC - Con 180°/s: 3.3% CV; 0.99 ICC - Exc 60°/s: 7.0% CV; 0.96 ICC
<p>Sole et al. (2007) H (n = 11) M (n = 7) Deportistas de diferentes niveles de rendimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 100° 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 sub-máximas contr con y exc - 2 máximas contr con y exc 	<ul style="list-style-type: none"> -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° -15s descanso entre ciclos 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 4.7 SEM³; 6.4 %SEM³; 13.1 95% LoA²; 17.7 RLoA²; 0.94 ICC - Exc 60°/s: 7.2 SEM³; 8.2 %SEM³; 19.2 95% LoA²; 22.7 RLoA²; 0.90 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 6.4 SEM³; 5.4 %SEM³; 17.8 95% LoA²; 15.1 RLoA²; 0.95 ICC - Exc 60°/s: 11.2 SEM³; 6.5 %SEM³; 31.0 95% LoA²; 18.1 RLoA²; 0.94 ICC

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 sub-máximas 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	NS entre piernas, los datos expresan la pierna derecha Flexión de rodilla: - Con a 60°/s: 5.2 %SEM; 14.5 RLoA ² ; 0.95 ICC - Con a 120°/s: 5.7 %SEM; 15.8 RLoA ² ; 0.95 ICC - Con a 180°/s: 5.2 %SEM; 14.3 RLoA ² ; 0.96 ICC - Exc a 60°/s: 6.5 %SEM; 17.2 RLoA ² ; 0.95 ICC Extensión de rodilla - Con a 60°/s: 4.3 %SEM; 12.0 RLoA ² ; 0.98 ICC - Con a 120°/s: 4.8 %SEM; 13.2 RLoA ² ; 0.97 ICC - Con a 180°/s: 4.0 %SEM; 11.1 RLoA ² ; 0.98 ICC - Exc a 60°/s: 6.8 %SEM; 19.0 RLoA ² ; 0.96 ICC
	<hr/>			

Contr: contracciones; con: concéntrica; exc: excéntricas; FR: flexión/flexores de rodilla (isquiosurales); ER: extensión/extensores de rodilla (cuadriceps); CV: coeficiente de variación ([desviación estándar de dos valoraciones/media de dos valoraciones] x 100); SEM¹: estándar error de la medida (raíz cuadrada del error cuadrático [cuadrado del valor residual medio] en la prueba ANOVA); MCV: máxima contracción voluntaria; %ETM: error típico de la medida expresado en % ([antilog{SD(test 1 – test2)/√2}] x 100) – 100; RLoA: ratio of limits of agreement (%ETM x 2.77); ROM: rango de movimiento (0° = extensión completa); min: minutos; 95% LoA³: limits of agreement (1.96 x desviación estándar de la diferencia entre test y re-test); 95% LoA: limits of agreement (diferencia entre test y re-test ± SEM²); SEM³: estándar error de la medida (SD √(1-ICC)); %SEM: SEM expresado como porcentaje en función de la media del grupo; 95% LoA²: limits of agreement (1.96x √2x SEM³); RLoA²: 95% LoA² expresado en función del porcentaje de la media del grupo; RLoA³: 95% LoA² calculado a través de logaritmos; %diff: porcentaje de la diferencia = {(resultado test 1 - resultado test 2) / resultado test 1} x 100, ICC: índice de correlación intraclase.

4.1. Fiabilidad absoluta del índice isocinético “momento de fuerza máxima o peak torque”

Este índice de fuerza isocinética es el que con diferencia, ha recibido una mayor atención en el estudio de su fiabilidad (n=17). La fiabilidad absoluta del índice PFM ha sido determinada bajo contracciones concéntricas y/o excéntricas a través de un rango amplio de velocidades angulares, entre las que destacan 60, 120 y 180°/s (tabla 3).

Si se realiza un análisis de los estudios científicos que determinan la fiabilidad absoluta del índice PFM empleando los estadísticos “estándar error de la medida” (SEM) (Atkinson y Nevill, 2001) y “error típico de la medida” (TE) (Hopkins, 2000) en su vertiente porcentual, es posible observar que dicho índice isocinético parece presentar una moderada-alta fiabilidad (definida como SEM y ET < 10% [Hopkins, 2000]), con un valor promedio de variabilidad inter-sesión del 8.2% (Dauty y Rochcongar, 2001; Deighan, De Ste Croix y Armstrong, 2003; Dervisevic, Hadzic, Karpljuk y Radjo, 2006; Impellizzeri, Bizzini, Rampinini, Cereda y Maffiulet, 2008; Li, Wu, Maffulli, Chan y Chan, 1996; Lund et al., 2005; Maffiuletti et al., 2007; McCleary y Andersen, 1992; Pincivero, Lephart y Karunakara, 1997; Sole, Hamrén, Milosavljevic, Nicholson y Sullivan, 2007; Symons, Vandervoort, Rice, Overend y Marsh, 2004), todo ello con un nivel de probabilidad del 68%.

Por su parte, si se emplean estadísticos que reflejen un valor de variabilidad inter-sesión que engloben al 95% de los casos (ej: 95% limits of agreement [95% LoA]; Ratio limits of agreement [RLoA]), se observa que el índice PFM presenta un valor de variabilidad que oscila entre el 5.9% y el 33.0% (Iga, George, Lees y Reilly, 2006; Impellizzeri et al., 2008; McCleary y Andersen, 1992; Ordway, Hand, Brings y Ploutz-Snyder, 2006; Sole et al., 2007; Symons et al., 2004).

En la tabla 4 se ahonda aun más en el estudio de la fiabilidad absoluta del índice PFM, pues se focaliza la atención en la posible influencia que, (a) el tipo de contracción muscular (concéntrica o excéntrica), (b) la velocidad angular (lenta: 0° - 90°/s; moderada: 91° -150°/s; rápida: >150°/s) y (c) el movimiento articular (flexión de rodilla y extensión de rodilla) podrían ejercer sobre el grado de fiabilidad absoluta de dicho índice.

En este sentido, la tabla 4 indica que parece existir una tendencia que manifiesta que la contracción concéntrica podría presentar una menor variabilidad inter-sesión en comparación con su opuesta, la modalidad excéntrica, independientemente de la velocidad angular seleccionada (5.9% y 10.4% de SEM para la contracción concéntrica y excéntrica respectivamente). Numerosos son los estudios científicos cuyos resultados ratifican claramente la afirmación anterior (Dauty y Rochcongar, 2001; Deighan, De Ste Croix y Armstrong, 2003; Dervisevic et al., 2006; Impellizzeri et al., 2008; Li et al., 1996; Lund et al., 2005; Maffiuletti et al., 2007; Sole et al., 2007; Symons et al., 2004; Tredinnick y Duncan, 1988), manifestando como principal razón de esta circunstancia el hecho de que la activación muscular excéntrica de la flexión y extensión de rodilla requiere de mayor control motor y elevada habilidad para su ejecución, de tal forma que resulta más difícil de ejecutar que la activación muscular concéntrica (Kellis, Kellis, Gerodimos y Manou, 1999; Li et al., 1996; Sole et al., 2007).

Tabla 4: Estudios que analizan la fiabilidad absoluta del índice pico de fuerza máxima empleando como estadístico el estándar error de la medida expresado en valor porcentual (68% de probabilidad)

Acción muscular Velocidad	Estudios (n)	Rango Fiabilidad (%)	Promedio Fiabilidad (%)
Flexión de rodilla concéntrica baja velocidad (0-90°/s)	9	3.1 - 12.2	6.2
Flexión de rodilla concéntrica media velocidad (91-150°/s)	3	4.2 - 5.7	4.8
Flexión de rodilla concéntrica alta velocidad (> 150°/s)	6	4.1 - 12.8	7.1
Extensión de rodilla concéntrica baja velocidad (0-90°/s)	10	3.2 - 10.9	6.1
Extensión de rodilla concéntrica media velocidad (91-150°/s)	3	2.8 - 11.0	6.2
Extensión de rodilla concéntrica alta velocidad (> 150°/s)	5	3.3 - 10.6	5.5
Flexión de rodilla excéntrica baja velocidad (0-90°/s)	6	6.4 - 10.0	8.2
Flexión de rodilla excéntrica media velocidad (91-150°/s)	1	-	14.4
Flexión de rodilla excéntrica alta velocidad (> 150°/s)	1	-	7.0
Extensión de rodilla excéntrica baja velocidad (0-90°/s)	7	6.8 - 22.7	10.3
Extensión de rodilla excéntrica media velocidad (91-150°/s)	1	-	8.9
Extensión de rodilla excéntrica alta velocidad (> 150°/s)	2	11.0 - 15.7	13.4

°: grados; s: segundos

Por lo que respecta a la posible influencia que la magnitud de la velocidad angular (lenta: 0-90°/s; moderada: 91-150°/s; rápida: >150°/s) podría ejercer sobre la variabilidad del índice isocinético PFM, el análisis de los estudios seleccionados (tabla 4) parece no apoyar la teórica de que las velocidades angulares altas generan

una mayor variabilidad en los resultados obtenidos en comparación con las velocidades lentas y moderadas (lenta:7.7% SEM; moderada: 8.6% SEM y rápida: 8.2% SEM). Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta teoría, basada en los resultados presentes en la tabla 4, podría estar sesgada, ya que son más numerosos los estudios que emplean velocidades angulares lentas (n=17) que aquellos que utilizan velocidades isocinéticas altas (n = 9).

Por último, el estudio del impacto que el movimiento articular (flexión de rodilla o extensión de rodilla) posee sobre el error de la medida del índice PFM revela que podría existir una tendencia que indica que el movimiento de extensión de rodilla es más fiable que su opuesto, la flexión de rodilla (Dervisevic et al., 2006; Impellizzeri et al., 2008; Kellis et al., 1999; Maffiuletti et al., 2007; Pincivero, Lephart y Karunakara, 1997; Ordway et al., 2006; Sole et al., 2007). La causa de este hecho no está clara, además esta circunstancia no se encuentra presente en todos los estudios que evalúan ambas acciones articulares (Deighan, De Ste Croix y Armstrong, 2003; Lund et al., 2005; McCleary y Andersen, 1992). Kelli et al. (1999) sugieren que durante los patrones motores de la carrera y acciones tales como el golpeo de balón y los cambios de dirección y sentido, la musculatura extensora de rodilla se contrae de forma máxima, de esta manera, la persona sometida a evaluación podría ser más hábil para activar la musculatura extensora de rodilla, a diferencia de la musculatura flexora, que actúa en numerosas acciones físicas como antagonista (de forma excéntrica) y/o sinergista. Esta circunstancia podría aportar una posible explicación, aunque está basada en teorías empíricas.

4.2. Fiabilidad absoluta del índice isocinético “ángulo de fuerza máxima o angle of peak torque”

La fiabilidad absoluta de este índice isocinético tan sólo ha sido determinada por dos estudios científicos (tabla 5). Dauty y Rochcongar (2001) evaluaron la fiabilidad absoluta del A-PFM de la flexión de rodilla bajo contracciones concéntricas (180°/s) y excéntricas (30 y 60°/s) en jugadores de categoría nacional de voleibol (n = 10). Los resultados obtenidos por Dauty y Rochcongar (2001) mostraron que el índice A-PFM no era una medida estable para la contracción excéntrica (46.9 y 62.9% de SEM para la velocidad de 30 y 60°/s respectivamente), mientras que valores moderados-bajos de variabilidad fueron obtenidos en la modalidad concéntrica (16.7% SEM).

Resultados contrarios a los obtenidos por Dauty y Rochcongar (2001) fueron aportados por Maffiuletti et al. (2007), quienes determinaron la fiabilidad del A-PFM de la flexión y extensión de rodilla concéntrica y excéntrica bajo diferentes velocidades (60, 120 y 180°/s) en personas adultas jóvenes físicamente activas (n=30). Maffiuletti et al. (2007) informaron de valores moderados de fiabilidad absoluta del índice isocinético A-PFM, independientemente de la velocidad de ejecución de movimiento (4-18.1% de variabilidad), si bien la modalidad concéntrica y la acción de extensión de rodilla fueron las combinaciones que mejores valores de fiabilidad obtuvieron (4-4.3% de variabilidad).

Tabla 5: Estudios que determinan la fiabilidad absoluta del índice isocinético ángulo de fuerza máxima presentados por orden cronológico

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Dauty et al. (2001) H (n = 10) Jugadores de categoría nacional de voleibol	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 21 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (70 rpm y 50 w) - Estiramientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dch evaluada - 5 máximas contr con de FR a 180°/s - 5 máximas contr exc de FR a 30°/s - 5 máximas contr exc de FR a 60°/s - ROM: 0-100° - 3 min descanso entre contr con y exc - 1 min de descanso entre contr exc 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 180°/s: 7 SEM³; 16.7 %SEM; 0.67 ICC - Exc 30°/s: 9 SEM³; 46.9 %SEM; 0.28 ICC - Exc 60°/s: 10 SEM³; 62.9 %SEM; 0.28 ICC
Maffioletti et al. (2007) H (n = 15) M (n = 15) Adultos jóvenes deportistas recreativos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 20 sub-máximas contrac con (15°/s) y ecc (15°/s) de los FR y ER 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 máximas FR y ER con a 60, 120 y 180°/s - 3 máximas FR y ER exc a 60°/s - ROM: 10-80° - 1 min descanso 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 11.1% CV y 0.52 ICC - Con 120°/s: 10.2% CV y 0.70 ICC - Con 180°/s: 11.6% CV y 0.83 ICC - Exc 60°/s: 18.1% CV y 0.73 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 4.3% CV y 0.91 ICC - Con 120°/s: 4.3% CV y 0.92 ICC - Con 180°/s: 4.0% CV y 0.91 ICC - Exc 60°/s: 7.1% CV y 0.48 ICC

Contr: contracciones; con: concéntrica; exc: excéntricas; Dch: derecha; FR: flexión/flexores de rodilla (isquiosurales); ER: extensión/extensores de rodilla (cuádriceps); °: grados; s: segundos; CV: coeficiente de variación ([desviación estándar de dos valoraciones/media de dos valoraciones] x 100); SEM³: estándar error de la medida (SD $\sqrt{(1-ICC)}$); %SEM: SEM expresado como porcentaje en función de la media del grupo; ROM: rango de movimiento (0° = extensión completa); ICC: índice de correlación intraclase

4.3. Fiabilidad absoluta del índice isocinético “potencia media o average power”

Son reducidos los estudios científicos que han tratado de determinar la fiabilidad absoluta de la variable isocinética PM (tabla 6). Por ello, un análisis exhaustivo de la influencia que variables tales como el tipo de contracción muscular y la magnitud de la velocidad angular del movimiento poseen sobre la variabilidad inter-sesión del índice PM sería enormemente especulativo y carente de base científica suficiente para establecer juicios con cierta rigurosidad.

En esta línea argumental, quizás la única consideración con respecto a la fiabilidad absoluta del índice isocinético PM debería estar basada en un valor cualitativo general derivado de los resultados obtenidos por los estudios dedicados a este fin. De este modo, la fiabilidad absoluta del índice isocinético PM parecer ser moderad-alta (<10-15% de variación inter-sesión) (Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin, 2009).

4.4. Fiabilidad absoluta del índice isocinético “trabajo total o total work”

Desde una perspectiva global, y al margen de los distintos procedimientos exploratorios empleados por los diversos estudios para su obtención, el índice TrT presenta una moderada fiabilidad absoluta, con valores en torno al 10-15% de variabilidad inter-sesión (tabla 7).

El estudio de la posible influencia que ejercen el tipo de contracción muscular (concéntrica o excéntrica), la velocidad angular (lenta: 0° -90°/s; moderada: 91° - 150°/s; rápida: >150°/s) y el movimiento articular (flexión de rodilla y extensión de rodilla) sobre la variabilidad de la medida del índice trabajo total refleja similares conclusiones a las extraídas para el índice PFM.

En este sentido, los estudios que realizan comparaciones directas entre los valores de fiabilidad absoluta del índice TrT obtenidos a través de acciones musculares concéntricas y excéntricas manifiestan, de forma generalizada, mejores resultados (menor variabilidad) para la modalidad concéntrica en comparación con su opuesta excéntrica (Li et al., 1996; Maffiuletti et al., 2007; Sole et al., 2007; Tredinnick y Duncan, 1988). Un ejemplo claro de esta situación se encuentra en el estudio efectuado por Maffiuletti et al. (2007), quienes determinaron la fiabilidad absoluta del índice TrT en su modalidad concéntrica y excéntrica a velocidad lenta (60°/s), todo ello en sujetos físicamente activos (n=30). Estos autores informaron de valores de variabilidad del 4.1% y del 7.2% (SEM) para la contracción concéntrica y excéntrica de la extensión de rodilla respectivamente.

Por lo que respecta al efecto de la velocidad angular sobre la magnitud de la variabilidad inter-sesión, podría no existir una relación entre ambas variables, de tal forma que la fiabilidad del índice isocinético TrT podría no estar influenciada por la velocidad angular empleada durante el proceso de evaluación (tabla 7).

Tabla 6: Estudios que determinan la fiabilidad absoluta del índice isocinético potencia media presentados por orden cronológico

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
		Población	Posición del sujeto evaluado	
Perrin (1986) H (n = 15) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 3 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 1 min descanso entre calentamiento y evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - ROM: no especifica - 2 min descanso entre evaluación de una pierna y otra 	<p>Flexión de rodilla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 180° FR izq: 0.95 ICC - Con 180° FR dch: 0.90 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 180° FR izq: 0.94 ICC - Con 180° FR dch: 0.90 ICC
Li et al. (1996) H (n = 18) M (n = 12) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 4-10 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 110° 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 min estiramientos - 2 sub-máximos ciclos con/exc - 1 máximo ciclo con/exc 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/exc de ER y FR a 60°/s - 5 máximos ciclos con/exc de ER y FR a 120°/s - ROM: no especifica - 2 min descanso entre velocidades. - 3 min descanso entre músculos - 5 min descanso entre pierna dominante y no dominante 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la media entre las dos. NS entre género, los datos expresan el resultado de las mujeres.</p> <p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con a 60°/s: 16.4 %diff; 0.77 ICC - Con a 120°/s: 11.7 %diff; 0.83 ICC <p>Exc a 60°/s: 16.3 %diff; 0.76 ICC</p> <p>Exc a 120°/s: 14.6 %diff; 0.84 ICC</p> <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con a 60°/s: 11.2 %diff; 0.80 ICC - Con a 120°/s: 12.3 %diff; 0.82 ICC - Exc a 60°/s: 16.9 %diff; 0.83 ICC - Exc a 120°/s: 16.3 %diff; 0.83 ICC
Pincivero et al. (1997) H (n = 10) M (n = 11) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (60 rpm) - Estiramientos - 5 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR - 2-3 máximos ciclos con/con de ER y FR 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 180°/s - ROM: 0-90° 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la pierna dominante</p> <p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 7.1 %SEM; 0.95 ICC - Con 180°/s: 7.6 %SEM; 0.95 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 2.0 %SEM; 0.92 ICC - Con 180°/s: 9.5 %SEM; 0.89 ICC
Symons et al. (2004) M (n = 25) Adultos mayores sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 2-10 días entre sesiones consecutivas 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (50 rpm) - 3 sub-máximas contr al 50-60% MCV 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximas ER con a 90°/s - 5 máximas ER exc a 90°/s - ROM: 0-90° - 2 min descanso entre contr 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la media entre las dos</p> <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 90°/s: 18.9%ETM; 52.37 RLOA y 0.84 ICC
Maffiuletti et al. (2007) H (n = 15)	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización 	<ul style="list-style-type: none"> - 20 sub-máximas contrac con 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 máximas FR y ER con a 60, 120 	<p>Flexión de rodilla</p>

M (n = 15)	- 2 sesiones de evaluación	(15°/s) y ecc (15°/s) de los FR y	y 180°/s	- Con 60°/s: 8.4% CV y 0.92 ICC
Adultos jóvenes	- 7 días entre sesiones	ER	- 3 máximas FR y ER exc a 60°/s	- Con 120°/s: 6.9% CV y 0.96 ICC
deportistas recreativos	consecutivas		- ROM: 10-80°	- Con 180°/s: 6.1% CV y 0.96 ICC
	- Sedentación con flexión de		- 1 min descanso	- Exc 60°/s: 5.9% CV y 0.97 ICC
	cadera de 85°			Extensión de rodilla
				- Con 60°/s: 4.7% CV y 0.95 ICC
				- Con 120°/s: 3.4% CV y 0.98 ICC
				- Con 180°/s: 4.6% CV y 0.98 ICC
				- Exc 60°/s: 7.3% CV y 0.97 ICC

Contr: contracciones; con: concéntrica; exc: excéntricas; FR: flexión/flexores de rodilla (isquiosurales); ER: extensión/extensores de rodilla (cuádriceps); °: grados; s: segundos; CV: coeficiente de variación ([desviación estándar de dos valoraciones/media de dos valoraciones] x 100); SEM³: estándar error de la medida (SD $\sqrt{1-ICC}$); %SEM: SEM expresado como porcentaje en función de la media del grupo; 95% LoA²; limits of agreement (1.96x $\sqrt{2}$ x SEM³); ROM: rango de movimiento (0° = extensión completa); ICC: índice de correlación intraclase; %diff: porcentaje de la diferencia = {(resultado test 1 - resultado test 2) / resultado test 1} x 100; RLoA: ratio of limits of agreement (%ETM x 2.77).

Tabla 7: Estudios que determinan la fiabilidad absoluta del índice isocinético trabajo total presentados por orden cronológico

Referencia	Diseño	Procedimiento exploratorio		Resultados
Población	Posición del sujeto evaluado	Proceso de calentamiento	Proceso de evaluación	
Perrin (1986) H (n = 15) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 3 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 1 min descanso entre calentamiento y evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - ROM: no específica - 2 min descanso entre evaluación de una pierna y otra 	<ul style="list-style-type: none"> Flexión de rodilla - Con 180° FR izq: 0.94 ICC - Con 180° FR dch: 0.96 ICC Extensión de rodilla - Con 180° FR izq: 0.91 ICC - Con 180° FR dch: 0.91 ICC
Tredinnick et al. (1988) H (n = 14) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Tendido supino (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 sub-máximas contr con y exc de ER a 60, 120 y 180°/s - 1 máxima contr con y exc de ER a 60, 120 y 180°/s - 2 min descanso entre calentamiento y evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dch evaluada - 3 máximas contr con y exc de ER a 60, 120 y 180°/s - ROM: no específica - 5s descanso entre contr con y exc. - 3 min de descanso entre velocidades 	<ul style="list-style-type: none"> Extensión de rodilla - Con a 60°/s: 0.85 ICC - Con a 120°/s: 0.95 ICC - Con a 180°/s: 0.80 ICC - Exc a 60°/s: 0.68 ICC - Exc a 120°/s: 0.72 ICC - Exc a 180°/s: 0.86 ICC
Li et al. (1996) H (n = 18) M (n = 12) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 4-10 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 110° 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 min estiramientos - 2 sub-máximos ciclos con/exc - 1 máximo ciclo con/exc 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/exc de ER y FR a 60°/s - 5 máximos ciclos con/exc de ER y FR a 120°/s - ROM: no específica - 2 min descanso entre velocidades. - 3 min descanso entre músculos - 5 min descanso entre pierna dominante y no dominante 	<ul style="list-style-type: none"> Flexión de rodilla - Con a 60°/s: 15.3 %diff; 0.76 ICC - Con a 120°/s: 9.1 %diff; 0.84 ICC - Exc a 60°/s: 17.7 %diff; 0.78 ICC - Exc a 120°/s: 14.7 %diff; 0.82 ICC Extensión de rodilla - Con a 60°/s: 10.0 %diff; 0.81 ICC - Con a 120°/s: 10.0 %diff; 0.84 ICC - Exc a 60°/s: 18.5 %diff; 0.80 ICC - Exc a 120°/s: 14.9 %diff; 0.80 ICC
Pincivero et al. (1997) H (n = 10) M (n = 11) Adultos jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación (no indica el grado de flexión de cadera) 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (60 rpm) - Estiramientos - 5 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR - 2-3 máximos ciclos con/con de ER y FR 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 60°/s - 5 máximos ciclos con/con de ER y FR a 180°/s - ROM: 0-90° 	<ul style="list-style-type: none"> NS entre piernas, los datos expresan la pierna dominante Flexión de rodilla - Con 60°/s: 7.4 %SEM; 0.95 ICC - Con 180°/s: 7.4 %SEM; 0.95 ICC Extensión de rodilla - Con 60°/s: 8.9 %SEM; 0.89 ICC - Con 180°/s: 9.6 %SEM; 0.88 ICC

<p>Symons et al. (2004) M (n = 25) Adultos mayores sanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 2-10 días entre sesiones consecutivas 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos de ciclo-ergómetro (50 rpm) - 3 sub-máximas contr al 50-60% MCV 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas piernas evaluadas - 5 máximas ER con a 90°/s - 5 máximas ER exc a 90°/s - ROM: 0-90° - 2 min descanso entre contr 	<p>NS entre piernas, los datos expresan la media entre las dos</p> <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 90°/s: 10.9%ETM; 30.2 RLOA y 0.91 ICC
<p>Ordway et al (2006) H (n = 16) M (n = 17) Adultos mayores sanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7-10 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 sub-máximos ciclos con/con de ER y FR 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierna dominante evaluada - 5 ciclos máximos con/con de FR y ER a 60 y 240°/s - ROM: no especifica - 1 min descanso entre velocidades 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 18 SEM²; 31 %SEM - Con 240°/s: 16 SEM²; 51.6 %SEM <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 24 SEM²; 18.5 %SEM - Con 240°/s: 18 SEM²; 24.2 %SEM
<p>Maffiuletti et al. (2007) H (n = 15) M (n = 15) Adultos jóvenes deportistas recreativos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 85° 	<ul style="list-style-type: none"> - 20 sub-máximas contrac con (15°/s) y ecc (15°/s) de los FR y ER 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 máximas FR y ER con a 60, 120 y 180°/s - 3 máximas FR y ER exc a 60°/s - ROM: 10-80° - 1 min descanso 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 3.8% CV y 0.97 ICC - Con 120°/s: 5.5% CV y 0.97 ICC - Con 180°/s: 4.1% CV y 0.98 ICC - Exc 60°/s: 5.7% CV y 0.97 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 4.1% CV y 0.96 ICC - Con 120°/s: 3.7% CV y 0.97 ICC - Con 180°/s: 4.0% CV y 0.98 ICC - Exc 60°/s: 7.2% CV y 0.97 ICC
<p>Sole et al. (2007) H (n = 11) M (n = 7) Deportistas de diferentes niveles de rendimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No sesión de familiarización - 2 sesiones de evaluación - 7 días entre sesiones consecutivas - Sedentación con flexión de cadera de 100° 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 sub-máximas contr con y exc - 2 máximas contr con y exc 	<ul style="list-style-type: none"> -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° -15s descanso entre ciclos 	<p>Flexión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 6.5 SEM³; 7.7 %SEM³; 18.1 95% LoA²; 21.4 RLoA²; 0.91 ICC - Exc 60°/s: 7.8 SEM³; 7.8 %SEM³; 21.6 95% LoA²; 21.7 RLoA²; 0.93 ICC <p>Extensión de rodilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con 60°/s: 5.1 SEM³; 4.4 %SEM³; 14.2 95% LoA²; 12.3 RLoA²; 0.96 ICC - Exc 60°/s: 6.8 SEM³; 4.3 %SEM³; 19.0 95% LoA²; 12.1 RLoA²; 0.96 ICC

Contr: contracciones; con: concéntrica; exc: excéntricas; FR: flexión/flexores de rodilla (isquiosurales); ER: extensión/extensores de rodilla (cuádriceps); °: grados; s: segundos; CV: coeficiente de variación ([desviación estándar de dos valoraciones/media de dos valoraciones] x 100); SEM³: estándar error de la medida (SD $\sqrt{(1-ICC)}$); %SEM: SEM expresado como porcentaje en función de la media del grupo; 95% LoA²; limits of agreement (1.96x $\sqrt{2}$ x SEM³); ROM: rango de movimiento (0° = extensión completa); ICC: índice de correlación intraclase; %diff: porcentaje de la diferencia = $\{(\text{resultado test 1} - \text{resultado test 2}) / \text{resultado test 1}\} \times 100$; RLoA²: 95% LoA² expresado en función del porcentaje de la media del grupo; %ETM: error típico de la medida expresado en % ($\{[\text{antilog}\{SD(\text{test 1} - \text{test 2})/\sqrt{2}\}] \times 100\} - 100$); SEM³: estándar error de la medida (SD $\sqrt{(1-ICC)}$).

Por último, la tabla 7 muestra una ligera tendencia a conseguir mejores valores de fiabilidad de la variable TrT durante el movimiento de extensión de rodilla en comparación con el movimiento articular de flexión de rodilla, independientemente de la velocidad angular utilizada durante el proceso exploratorio.

Es importante resaltar el carácter teórico de todas las consideraciones anteriormente expuestas, debido a la elevada heterogeneidad presente en los procedimientos exploratorios de los distintos estudios seleccionados para el análisis.

5. LIMITACIONES APORTADAS POR LA LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE LA EVALUACIÓN ISOCINÉTICA

5.1. Protagonismo de los diferentes índices isocinéticos en la literatura científica

Son numerosos los estudios científicos que han tratado de determinar la fiabilidad absoluta de los distintos índices isocinéticos. La mayor parte de estos estudios científicos se han centrado en el análisis de los índices isocinéticos PFM (n=17) y TrT (n=8), siendo menos numerosos los estudios dedicados a determinar el error de la medida del índice PM (n=5), y casi inéditos los estudios que evalúan la reproducibilidad del índice A-PFM (n=2).

5.2. Protagonismo de las diferentes velocidades angulares en la literatura científica

El brazo telescópico de los dinamómetros isocinéticos modernos es capaz de moverse en velocidades angulares que oscilan entre los 30 y 500°/s. Las acciones deportivas generalmente requieren de movimientos rápidos y explosivos, cuyo tiempo de aplicación de fuerza es muy corto (200 a 500 ms) (Cronin, McNair y Marshall, 2001).

Por esta razón, la evaluación isocinética teóricamente debería emplear velocidades angulares moderadas-altas (180-300°/s), si se pretende reflejar la realidad de las acciones deportivas, y con ello aumentar la validez ecológica del procedimiento exploratorio.

Sin embargo, tan sólo Iga et al. (2006) y Ordaway et al. (2006) han empleado velocidades angulares mayores de 180°/s en sus procedimientos exploratorios (240°/s en ambos estudios). Quizás la evaluación de los índices isocinéticos utilizando velocidades angulares moderadas y altas (180-300°/s) podría ser de gran ayuda para clínicos, entrenadores y demás miembros del ámbito físico-deportivo, pues podrían (teóricamente) aportar datos que reflejen valores de fuerza más cercanos a la realidad deportiva, pudiendo con ello combatir el principal inconveniente de la evaluación isocinética, la escasa contextualización de sus acciones de evaluación.

Por lo tanto, parece clara la necesidad de estudios científicos que determinen la reproducibilidad de las acciones isocinéticas rápidas como requisito previo indispensable para la justificación de su uso en los procedimientos exploratorios.

5.3. Aspectos procedimentales de la evaluación isocinética

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) e incluso por las características propias de la población a la que va dirigida (escolares, adultos jóvenes sanos, personas con patologías) (Hopkins, 2000).

En este sentido, y en el contexto de la exploración isocinética, Keating y Matyas (1996) consideran que el sesgo de aprendizaje, la posición adoptada por el sujeto y el rango de movimiento evaluado podrían ser tres de los aspectos más importantes a controlar para tratar de conseguir una medida estable de los índices isocinéticos.

Por ello, a continuación se va a exponer un análisis del efecto que el sesgo de aprendizaje, la posición adoptada por el sujeto y el rango de movimiento evaluado podrían tener sobre los resultados obtenidos en una evaluación isocinética.

5.3.1. Efecto de aprendizaje

Las pruebas isocinéticas requieren de la cooperación del paciente durante el procedimiento de valoración, el cual podría conseguir mejoras en sus resultados tras la repetición de la prueba transcurrido un periodo corto de tiempo. Este fenómeno se conoce como efecto de aprendizaje. Si el efecto de aprendizaje aparece, esto quiere decir que el sujeto evaluado es capaz de conseguir mejores resultados de fuerza isocinética en la última medición (en comparación con la primera) siempre y cuando se hayan efectuado dos o más mediciones separadas entre sí unos minutos. El efecto de aprendizaje podría interferir negativamente en la evaluación de la fiabilidad de la medida (Thomas y Nelson, 1990).

A pesar de las demandas neuromusculares específicas, y en muchos casos novedosas, que la valoración isocinética solicita del sujeto evaluado, pocos estudios han investigado el número de repeticiones necesarias para conseguir valores estables de la medida durante la misma sesión de valoración (estabilidad intra-sesión) (Lund et al., 2005; Madsen, 1996; Madsen y Lauridsen, 1995).

Lund et al. (2005) examinaron el efecto de aprendizaje de la prueba isocinética durante 4 repeticiones máximas de flexo-extensión de rodilla, separadas entre sí por un periodo de 20 minutos en personas adultas jóvenes

sanas (n = 33). Estos autores informaron de la no existencia del efecto de aprendizaje entre la primera repetición y las sucesivas 3 repeticiones para la extensión y flexión de rodilla, si bien observaron que los mejores resultados (no significativos) para la extensión de rodilla se consiguieron en la primera repetición.

Las conclusiones obtenidas por Lund et al. (2005) no han sido apoyadas por ciertos estudios previos (Burdett y Swearingen, 1987; Friedlander, Block, Byl, Tubbs, Sadowsky y Genant, 1991; Kues, Rothstein y Lamb, 1992; Murray, Gardner, Mollinger y Sepic, 1980), aunque si por otros de naturaleza más reciente (Madsen, 1996; Madsen y Lauridsen, 1995). Así, determinados estudios han informado que los resultados obtenidos en la segunda y posteriores repeticiones son estadísticamente mayores que los obtenidos en la primera medición (sistematic bias). En este sentido, Kues, Rothstein y Lamb (1992), basado en un análisis visual de los datos obtenidos en la valoración de la rodilla, concluyeron que los sujetos deberían ser evaluados utilizando 4 repeticiones máximas y seleccionando el mayor resultado obtenido (cuantitativamente) como medida de máximo esfuerzo.

Keatin y Matyas (1996) tras realizar un minucioso análisis de los factores que podrían influir en la estabilidad de la medida, establece que el control de determinados aspectos del procedimiento exploratorio quizás disminuya la variabilidad de la misma: (a) la realización de una sesión de familiarización del procedimiento exploratorio días antes de su puesta en marcha; (b) la ejecución de un calentamiento previo; (c) la apropiada estabilización del sujeto a ser evaluado; (d) la correcta alineación del eje de giro de la articulación con el eje de giro del dinamómetro; (e) así como la selección de la longitud exacta del brazo telescópico.

En esta línea, Keatin y Matyas (1996) consideran que si se respetan las premisas anteriores, 2 repeticiones podrían ser necesarias para conseguir estabilidad en la medida si se emplean velocidades angulares bajas (0-90°/s), 3 repeticiones para velocidades medias-altas (90-180°/s) y 4 para velocidades altas (> 180°/s).

Por otro lado, los estudios que han analizado el efecto de aprendizaje de las medidas isocinéticas (principalmente el pico de fuerza máximo) durante varios días (inter-sesión) informan, de forma general, de la no existencia de sesgo de aprendizaje en los resultados obtenidos (Dauty y Rochcongar, 2001; Deighan, De Ste Croix y Armstrong, 2003; Iga et al., 2006; Impellizzeri et al., 2008; Kellis et al., 1999; Li et al., 1996; Maffiuletti et al., 2007; Sole et al., 2007). Sin embargo, los movimientos de flexión de rodilla y la evaluación bajo velocidades altas parecen ser las variables más susceptibles de alteración de una sesión a otra (sesgo de aprendizaje) (Iga et al., 2006; Maffiuletti et al., 2007).

Glesson y Mercer (1992), tras evaluar la variación inter-sesión (5 días de intervalo entre sesiones consecutivas) del rendimiento de la fuerza isocinética de mujeres y hombres físicamente activos concluyeron que tras una sesión de familiarización, la variabilidad de la medida podría ser atribuida a la variación

biológica, tecnológica y error de la medida más que vinculada al efecto de aprendizaje.

5.3.2. Posición adoptada por el sujeto evaluado

La posición de la persona es uno de los aspectos más importantes que el clínico debe tener en cuenta a la hora de diseñar sus procedimientos exploratorios (Keating y Matyas, 1996). En este sentido, los dispositivos isocinéticos permiten valorar la función muscular de la articulación de la rodilla empleando diferentes posiciones, entre las que destaca la sedentación con flexión de cadera en torno a los 80° - 100° como la más empleada (Kellis et al., 1999; Li et al., 1996; Maffiuletti et al., 2007; Lund et al., 2005), aunque ciertos estudios adoptan para valorar la función muscular la posición de tendido, tanto en su variante prono (figura 1) (Worrell, Perrin y Denegar, 1989) como supino (Worrell, Denegar, Armstrong y Perrin, 1990; Worrell, Perrin y Denegar, 1989).



Figura 1: principales posiciones adoptadas durante una evaluación de la fuerza isocinética de la flexión y extensión de rodilla: a) sedentación, b) tendido prono y c) tendido supino.

Los estudios que han determinado el efecto de la posición del cuerpo sobre los resultados obtenidos en las valoraciones isocinéticas de la flexión y extensión de rodilla informan que la producción de fuerza concéntrica y excéntrica está influenciada por la posición del cuerpo (Curner, 1977; Figioni, Christ y Massey, 1988; Lunnen, Yack, Leveau, 1981; Gordon, Huxley, Julian, 1986; Worrell, Denegar, Armstrong y Perrin, 1990; Worrell, Perrin y Denegar, 1989).

Los resultados de estos estudios demuestran que la fuerza máxima de los extensores y flexores de rodilla fue significativamente menor en la posición de tendido al ser comparada con la posición de sedentación (Figioni, Christ y Massey, 1988; Lunnen, Yack y Leveau, 1981; Worrell, Perrin y Denegar, 1989). Así, Lunnen, Yack y Leveau (1981) examinaron la máxima fuerza isométrica de la musculatura flexora de rodilla en una angulación de 60° de flexión de rodilla, y empleando posiciones de flexión de cadera de 0° , 45° , 90° y 135° . Estos autores encontraron que la fuerza isométrica de la musculatura flexora de rodilla fue significativamente menor en la posición de 0° de flexión de cadera que en las posiciones de 90° y 135° de flexión. Worrell, Perrin y Denegar (1989) compararon la fuerza isocinética de la flexión y extensión de rodilla concéntrica en posición de sentado y tumbado supino en estudiantes universitarios ($n=12$). Estos autores también encontraron mayores valores de fuerza de la flexión y

extensión de rodilla en la posición de sedentación en comparación con la posición de tendido supino.

El mecanismo que podría explicar esta reducción de fuerza en función de la posición del cuerpo quizás esté relacionado con la curva fuerza-posición, la cual describe la longitud óptima donde un músculo puede desarrollar la máxima fuerza (Gordon, Huxley y Julian, 1986). En este sentido, Worrell, Perrin y Denegar (1989) sugieren que en angulaciones de flexión de cadera por debajo de 60° y por encima de 135°, tanto la musculatura flexora como la extensora de rodilla se encuentran en una posición desfavorable para que los puentes cruzados de actina y miosina se deslicen de forma eficiente.

Worrell, Perrin y Denegar (1989) encontraron que el descenso en la fuerza de la musculatura flexora de rodilla fue el doble que el manifestado por la musculatura extensora de rodilla al comparar las posiciones de sentado con respecto a la de tumbado. Estos autores consideran que una posible explicación podría radicar en que si se considera el cuádriceps como la principal musculatura extensora de rodilla y los isquiosurales como la principal musculatura flexora de rodilla, tres de los músculos que componen la musculatura del cuádriceps no cruzan la articulación de la cadera, mientras que los tres músculos que componen la musculatura isquiosural cruzan tanto la articulación de la cadera como la rodilla. Por lo tanto, Worrell, Perrin y Denegar (1989) consideran que la musculatura isquiosural podría ser más susceptible a sufrir variaciones en la magnitud de su fuerza al modificar la posición de la cadera.

Desde una perspectiva de validez ecológica, varios estudios proponen valorar la función muscular de la rodilla empleando posiciones de tendido, pues esta posición refleja con mayor exactitud la posición de la cadera cuando un deportista se encuentra corriendo a máxima velocidad (principal mecanismo de lesión de la musculatura isquiosural y LCA) (Worrell et al., 1990; Worrell, Perrin y Denegar, 1989).

Worrell et al. (1990) examinaron el efecto de la posición tendido prono y tendido supino sobre la máxima fuerza isocinética concéntrica y excéntrica de la musculatura flexora de rodilla en jugadoras de lacrosse (n=12). Los resultados mostraron que la posición tendido supino presentaba un descenso del 36% y 31% de la máxima fuerza concéntrica y excéntrica respectivamente en comparación con la posición de tendido prono. Worrell et al. (1990) sugieren que una posible explicación para este fenómeno podría radicar en la influencia que determinados reflejos posturales (reflejo laberintico vestibular, reflejo simétrico y asimétrico del cuello) presentan sobre el tono de la musculatura isquiosural. Este estudio acaba sugiriendo que la evaluación de la función muscular de la rodilla se evalué en posición de tendido prono, debido a que esta posición es más próxima a la realidad deportiva de las acciones de carrera así como porque facilita una óptima generación de fuerzas.

Sorprendentemente, tan solo Tredinnick y Duncan (1988) utilizan la posición de tendido para evaluar la fiabilidad absoluta del índice isocinético PFM. Por tanto, parece clara la necesidad de abordar el estudio de la fiabilidad

absoluta de los distintos índices isocinéticos adoptando posiciones distintas a la de sentado, para tratar de determinar qué posición del sujeto evaluado permite conseguir la mayor estabilidad de la medida a lo largo del tiempo.

5.3.3. Rango de movimiento evaluado

El rango de movimiento de la articulación a ser evaluada es otra de las variables del procedimiento exploratorio más importantes a tener en cuenta. Los estudios científicos que analizan la fiabilidad absoluta de los distintos índices isocinéticos de la flexión y extensión de rodilla utilizan, de forma general, dos tipos de rangos de movimiento: (a) de 0° (extensión total de rodilla) a 90° -100° de flexión de rodilla (Arnold, Perrin y Hellwing, 1993; Dauty y Rochcongar, 2001; Deighan, De Ste Croix y Armstrong, 2003; Dervisevic et al., 2006; Kellis et al., 1999; Lund et al., 2005; McCleary y Andersen, 1992; Pincivero, Lephart y Karunakara, 1997; Sole et al., 2007; Symons et al., 2004); y (b) 10° a 80° -90° de flexión de rodilla (Iga et al., 2006; Impellizzeri et al., 2008; Maffiuletti et al., 2007)

Además, la mayor parte de los estudios de fiabilidad de los índices isocinéticos extraen las variables objeto de estudio de todo el rango de movimiento articular, sin focalizar la atención en rangos de movimiento específicos ni en ángulos específicos.

El estudio de la magnitud de los índices isocinéticos obtenidos durante rangos de movimiento y/o ángulos específicos parece estar ganando protagonismo en los últimos años, sobre todo en el contexto de la rehabilitación y prevención de lesiones. Por ejemplo, es bien sabido que los músculos flexores de rodilla actúan como sinergistas (ligamentos activos) y estructura protectora del ligamento cruzado anterior (LCA), siendo esta función especialmente importante en los ángulos que oscilan desde los 0 a los 40° de flexión de rodilla durante acciones dinámicas rápidas, donde la tensión a soportar por el LCA es máxima debido a la fuerza de tracción ejercida por los extensores de rodilla (Beymnon, Johnson, Abate, Fleming & Nichols, 2005; Solomonow, Baratta y D'Ambrosia, 1989). Por lo tanto, el estudio de la magnitud de los índices isocinéticos extraídos del rango de movimiento de 0° a 40° podría proporcionar una información muy interesante a clínicos y demás profesionales del ámbito de la rehabilitación físico deportiva sobre el estado de la estabilidad dinámica de la articulación de la rodilla (Kellis y Katis, 2007).

Sin embargo, únicamente Arnold, Perrin y Hellwing (1993) y Dervisevic et al. (2006) centran su atención en examinar la fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos en ángulos y rangos de movimientos específicos. En este sentido, Arnold, Perrin y Hellwing (1993) determinan la reproducibilidad del índice PFM en los ángulos 30°, 60° y 75° de flexión de rodilla, mientras que Dervisevic et al. (2006) focalizan su atención en el rango de 30° -60° de flexión de rodilla.

Por lo tanto, la falta de información científica relativa a la fiabilidad absoluta de índices isocinéticos en rangos de movimiento y ángulos específicos pone de manifiesto la clara necesidad de estudios científicos que aborden esta cuestión.

6. CONCLUSIONES

A pesar de la extensiva utilización de los dispositivos isocinéticos para evaluar y monitorizar la funcionalidad de la musculatura de la rodilla tras la aplicación de programas de intervención, es muy limitada la evidencia científica relativa a la magnitud del cambio necesario en los diversos índices isocinéticos que expresen un cambio real en los mismos más allá del sesgo error de la medida.

Por todo ello, es importante considerar con cautela las conclusiones que se exponen a continuación:

- Los índices isocinéticos PFM y TrT parecen presentar una moderada-alta fiabilidad absoluta (SEM y TE < 10%), independientemente de la contracción muscular evaluada (concéntrica y excéntrica), velocidad angular seleccionada (baja, moderada y alta) y del movimiento articular realizado (flexión de rodilla y extensión de rodilla). Asimismo, parece existir una tendencia que sugiere que la contracción muscular concéntrica presenta una menor variabilidad inter-sesión en comparación con la contracción excéntrica.
- El índice isocinético PM parece poseer una moderada fiabilidad absoluta (SEM y TE \approx 10-15%). No existe evidencia científica suficiente que permita evaluar la influencia que las variables tipo de contracción, velocidad angular y acción muscular poseen sobre la estabilidad de la medida.
- La fiabilidad absoluta del índice A-PFM no ha sido debidamente establecida. Los escasos estudios efectuados a este fin (n=2) muestran resultados muy controvertidos. Por tanto, su uso debe de ser considerado con enorme cautela por clínicos, preparadores físicos y demás miembros del ámbito físico-deportivo.
- Son necesarios más estudios científicos que evalúen la fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos PM y A-PFM.
- Existe una clara laguna científica en lo relativo al efecto que diferentes posiciones de evaluación (tendido supino, tendido prono y bipedestación) podrían tener sobre el grado de variabilidad inter-sesión.
- Es necesario hacer especial hincapié en el estudio de la fiabilidad absoluta de los índices isocinéticos empleando velocidades angulares altas, pues reflejan con mayor precisión la realidad físico-deportiva, y mejoraría con ello la validez ecológica de los resultados obtenidos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, M.A., Gieck, J.H., Perrin, D., Weltman, A., Rutt, R. y Denegar, C. (1991). The relationships among isometric, isotonic and isokinetic concentric

and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14(3), 114-119.

Arnold, B.L., Perrin, D.H. y Hellwig, E. (1993). The reliability of three isokinetic knee-extension angle-specific torques. *Journal of Athletic Training*, 28(3), 227-229.

Ashley, C.D. y Weiss, L. (1994). Vertical jump performance and selected physiological characteristic of women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 5-11.

Atkinson, G. y Nevill, A.M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26, 217-238.

Baumgartner, T.A. (1989). *Norm-referenced measurement: reliability*. En: Safrit MJ, Wood TM, editors. Measurement concepts in physical education and exercise science. Champaign (IL): Human Kinetics, p. 45-72.

Beynon, B.D., Johnson, R.J., Abate, J.A., Fleming, B.C. y Nichols, C.E. (2005). Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 1. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 1579-1602.

Brown, L.E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Brown, L.E., Whitehurst, M. y 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.

Brown, S.L. y Wilkinson, J.G. (1983). Characteristics of national, divisional, and club male alpine ski racers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 15(6), 491-495.

Burdett, R. y Swearingen, J.V. (1987). Reliability of isokinetic muscle endurance tests. *Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy*, 8, 484-488.

Cronin, J., McNair, P.J. y Marshall, R. (2001). Developing explosive power: A comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 4(1), 59-70.

Curner, D. (1977). Positioning for knee strengthening exercising. *Physical Therapy*, 57, 148-151.

Dauty, M. y Rochcongar, P. (2001). Reproducibility of concentric and eccentric isokinetic strength of the knee flexors in elite volleyball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 9, 129-132.

Deighan, M.A., De Ste Croix, M.B.A. y Armstrong, N. (2003). Reliability of isokinetic concentric and eccentric knee and elbow extension and flexion in 9/10 year old boys. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 109-115.

Dervisevic, E., Hadzic, V., Karpljuk, D. y Radjo, I. (2006). The influence of different ranges of motion testing on the isokinetic strength of the quadriceps and hamstring. *Isokinetics and Exercise Science*, 14, 269-278.

Dvir, Z. (2004). *Isokinetics muscle testing: interpretation and clinical applications* (2nd edition) London: Churchill Livingstone, 1-50.

Figoni, S., Christ, C. y Massey, B. (1988). Effect of speed, hip and knee angle, and gravity on hamstring to quadriceps torque ratios. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 9, 287-291.

Friedlander, A.L., Block, J.E., Byl, K.N., Tubbs, H.A., Sadowsky, H.S. y Genant, H.K. (1991). Isokinetic limb and trunk muscle performance testing: short-term reliability. *Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy*, 14, 220-224.

- Gleeson, N.P. y Mercer, T.H. (1995). Reliability of relativised angle torque and angle-specific torque indices of isokinetic leg strength in women, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(5), S209.
- Gordon, A.M., Huxley, A.F. y Julian, F.J. (1986). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fiber. *Journal of Physiology (Lond)*, 170-192.
- Haymes, E.M. y Dickinson, A.L. (1980). Characteristic of elite male and female ski racers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 153-158.
- Hislop, H.J. y Perrine, J.J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy*, 2, 114-117.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M. y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 41, 3-12.
- Iga, J., George, K., Lees, A. y Reilly, T. (2006). Reliability of assessing indices of isokinetic leg strength in pubertal soccer players. *Pediatric Exercise Science*, 18, 436-445.
- Impellizzeri, F.M., Bizzini, M., Rampinini, E., Cereda, F. y 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.
- Keating, J.L. y Matyas, T.A. (1996). The influence of subject and test design on dynamometric measurements of extremity muscles. *Physical Therapy*, 76, 866-889.
- Kellis, E., Kellis, S., Gerodimos, V. y Manou, V. (1999). Reliability of isokinetic concentric and eccentric strength in circumpubertal soccer players. *Pediatric Exercise Science*, 11, 218-228.
- Kues, J.M., Rothstein, J.M. y Lamb, R.L. (1992). Obtaining reliable measurements of knee extensor torque produced during maximal voluntary contractions: an experimental investigation. *Physical Therapy*, 72, 492- 504.
- Li, R.C., Wu, Y., Maffulli, N., Chan, K.M. y Chan, J.L. (1996). Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *British Journal of Sports Medicine*, 30. 156-160.
- Lund, H., Søndergaard, K., Zachariassen, T., Christensen, R., Bülow, P., Henriksen, M., Bartels, E.M., Danneskiold-Samsøe, B. y Bliddal, H. (2005). Learning effect of isokinetic measurements in healthy subjects, and reliability and comparability of Biodex and Lido dynamometers. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 25(2), 75-82.
- Lunnen, J.D., Yack, J. y Leveau, B.F. (1981). Relationship between muscle length, muscle activity, and torque of the hamstring muscles. *Physical Therapy*, 61, 190-195.
- Madsen, O.R. (1996). Torque, total work, power, torque acceleration energy and acceleration time assessed on a dynamometer: reliability of knee and elbow extensor and flexor strength measurements. *European Journal of Applied Physiologic*, 74, 206-210.
- Madsen, O.R. y Lauridsen, U.B. (1995). Knee extensor and flexor strength in elderly women after recent hip fracture: assessment by the Cybex 6000 dynamometer of intra-rater inter-test reliability. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27, 219-226.

- Maffiuletti, N.A., Bizzini, M., Desbrosses, K., Babault, N. y Munzinge, U. (2007). Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27, 6, 346-353.
- McCleary, R.W. y Andersen, J.C. (1992). Test-retest reliability of reciprocal isokinetic knee extension and flexion peak torque measurements. *Journal of Athletic Training*, 27(4), 362-365.
- Moffroid, M., Whipple, R., Hofkosh, J., Lowman, E. y Thistle, H. (1969). A study of isokinetic exercise. *Physical Therapy*, 49, 735-744.
- Murray, P.M., Gardner, G.M., Mollinger, L.A. y Sepic, S.B. (1980). Strength of isometric and isokinetic contractions. *Physical Therapy*, 64, 412-419.
- Ordway, N.R., Hand, N., Brings, G. y Ploutz-Snyder, L.L. (2006). Reliability of knee and ankle strength measures in an older adult population. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 82-87.
- Perrin, D.H. (1986). Reliability of isokinetic measures. *Athletic Training*, 21, 319-321.
- Pincivero, D.M., Lephart, S.M. y Karunakara, R.A. (1997). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *International Journal of Sports Medicine*, 18(2), 113-117.
- Sole, G., Hamrén, J., Milosavljevic, S., Nicholson, H. y 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. y 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.
- Symons, T.B., Vandervoort, A.A., Rice, C.L., Overend, T.J. y Marsh, G.D. (2004). Reliability of isokinetic and isometric knee-extensor force in older women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 12, 525-537.
- Thistle, H.G., Hislop, H.J., Moffroid, M. y Lowman, E.W. (1967). Isokinetic contractions: A new concept of resistive exercise. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 6, 279-282.
- Thomas, J.R. y Nelson, J.K. (1990). Introduction to research in health, physical education, recreation and dance. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Tredinnick, T.J. y Duncan, P. (1988). Reliability of measurements of concentric and eccentric isokinetic loading. *Physical Therapy*, 68(5), 656-659.
- Van Tulder, M., Furlan, A., Bombardier, C. y Bouter, L. (2003). Updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane collaboration back review group. *Spine*, 28, 1290-1299.
- Worrell, T.W., Denegar, C.R., Armstrong, S.L. y 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. y 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.
- Wrigley, T.V. (2000). *Correlations with athletic performance*. En: Brown L, editor. *Isokinetics in Human Performance*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 42-73.
- Yong-Hao, P., Bryant, A.L., Steele, J.R., Newton, R.U. y Wrigley, T.V. (2008). Isokinetic dynamometry in anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Annals Academy of Medicine Singapore*, 37, 330-340.

Referencias totales / Total references: 52 (100%)

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