

Investigación original

Fiabilidad de un test isométrico de rodilla en mujeres con fibromialgia mediante test-retest de 12 semanas

Pedro R. Olivares^{a,b,*}, Miguel A. Pérez-Sousa^b, Borja del Pozo-Cruz^{b,c},
Serafín Delgado-Gil^b, Francisco J. Domínguez-Muñoz^b y José A. Parraca^{b,d}

^aFacultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile

^bFacultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

^cDepartment of Sport and Exercise Science, University of Auckland, Auckland, Nueva Zelanda

^dDepartamento de Deporte y Salud, Universidad de Évora, Évora, Portugal

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 24 de octubre de 2013

Aceptado el 27 de mayo de 2014

Palabras clave:

Fiabilidad

Reproducibilidad

Dinamometría isométrica

Fuerza muscular

Fibromialgia

R E S U M E N

Propósito: El objetivo de este estudio fue analizar la fiabilidad del pico torque obtenido con un protocolo de valoración de la fuerza isométrica de flexores y extensores de rodilla.

Material y método: Un total de 16 mujeres con fibromialgia (FM) (edad $54,9 \pm 12,1$) participaron en este estudio. El diseño consistió en un test-retest de 12 semanas de duración y la evaluación del pico torque isométrico se realizó con un dinamómetro isocinético (Biodex system 3). La evaluación consistió en 3 acciones máximas de contracción isométrica de los músculos extensores y flexores de rodilla. Se calcularon los índices de fiabilidad relativa (mediante coeficiente de correlación intraclase o CCI) y absoluta (mediante error estándar de medida o SEM y mínima diferencia real o SRD).

Resultados y conclusión: El pico torque isométrico evaluado a través del dinamómetro isocinético es replicable tanto para los flexores como para los extensores de la rodilla. Este estudio muestra datos sobre el mínimo cambio real del pico torque en acciones isométricas de los extensores y flexores de rodilla, que pueden ayudar en la interpretación de los resultados obtenidos en terapias basadas en actividad física, en personas con FM, de varias semanas de duración.

© 2013 Asociación Colombiana de Reumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.

Todos los derechos reservados.

Reliability of an isometric knee test in women with fibromyalgia using the 12-week test-retest

A B S T R A C T

Objective: The aim of this study was to analyze the reliability of peak torque assessed using an isometric strength protocol of knee flexor and extensor muscles.

Material and methods: A total of 16 women with Fibromyalgia (FM) (aged 54.9 ± 12.1) participated in this study. The design consisted of a 12-week test-retest, and isometric peak torque was assessed using an isokinetic dynamometer (Biodex system 3). The evaluation consisted of 3 maximal isometric contractions of knee extensor and flexor muscles. Relative

Keywords:

Reliability

Reproducibility

Isometric dynamometry

Muscle strength

Fibromyalgia

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: polivaress@uautonoma.cl (P.R. Olivares).

(intraclass correlation coefficient ICC) and absolute (standard error of measurement SEM and smallest real difference SRD) reliability indices were calculated.

Result and conclusions: Isometric peak torque assessed using isokinetic dynamometer is reliable in knee flexor and extensor muscles. This study presents data on the smallest real difference of peak torque in isometric actions of knee flexor and extensor muscles, which can help interpreting results obtained in physical activity based therapies in individuals with FM of several weeks duration.

© 2013 Asociación Colombiana de Reumatología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La fibromialgia (FM) es un síndrome que cursa con dolor generalizado y diversos síntomas entre los que se destacan la depresión, la fatiga y el insomnio¹. Estos síntomas pueden afectar las distintas capacidades físicas de las personas que lo padecen, disminuyendo con ello su nivel de calidad de vida relacionada con la salud (CVRS)^{2,3}.

Una de las capacidades físicas más importantes para el desarrollo de las tareas cotidianas y del día a día es la fuerza, y en concreto, la fuerza del tren inferior ya que está directamente implicada en actividades como caminar o subir escaleras. En distintos estudios se ha comprobado que las personas con FM poseen menos fuerza que las personas sanas⁴⁻⁶, ante esta evidencia, diversos investigadores se han centrado en realizar programas de actividad física que fuesen aplicables y seguros en personas con FM para atenuar los distintos síntomas de este síndrome y aumentar su fuerza muscular⁷⁻¹¹.

En el contexto de las ciencias de la actividad física y deporte existen diversos instrumentos para evaluar o estimar la fuerza muscular entre los que se destaca el dinamómetro isocinético, el cual nos permite evaluar la fuerza isométrica y la fuerza concéntrica y excéntrica a una velocidad constante, de una forma válida y fiable en distintos colectivos¹².

Hasta la fecha existen varios estudios que han evaluado la fuerza muscular isométrica a través de dinamometría en FM antes y después de un programa de actividad física^{9,13}, sin embargo, hasta hoy tan solo tenemos constancia de un estudio analizando la fiabilidad de las medidas obtenidas con dinamómetro isocinético mediante test-retest en mujeres con FM¹⁴. Los análisis de fiabilidad mediante test-retest son esenciales para calcular el *standard error of measurement* o error estándar de medida (SEM) y el *smallest real difference* o mínimo cambio real (SRD), los cuales, a efectos prácticos, nos permiten saber qué valor se necesita obtener tras una intervención para considerar que un cambio ha sido real.

El único estudio encontrado sobre fiabilidad test-retest en fuerza isométrica de los flexores y extensores de la rodilla evaluada con un dinamómetro isocinético ha sido realizado con una separación, entre las dos evaluaciones, de una semana¹⁴, sin embargo, en la literatura científica encontramos test-retest inter-sesión que van desde un día a varios meses¹⁵⁻¹⁷.

Teniendo en cuenta que generalmente las intervenciones basadas en programas de actividad física con personas afectadas con FM tienen una duración de al menos varias semanas, se hace necesario el análisis de la fiabilidad de las variables obtenidas con el dinamómetro isocinético en estudios test-retest con un intervalo de varias semanas.

El objetivo de este estudio fue calcular el SEM y el SRD de un protocolo de valoración de la fuerza isométrica de flexores y extensores de rodilla en dinamómetro isocinético mediante test-retest con un intervalo de 12 semanas en mujeres con FM.

Método

Participantes

El cálculo del tamaño muestral mínimo se realizó según el procedimiento descrito por Walter et al.¹⁸ siendo necesaria la participación de al menos 10 sujetos, teniendo en cuenta las siguientes especificaciones: hipótesis nula del Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) igual a 0 (ausencia absoluta de fiabilidad); hipótesis alternativa del CCI igual a 0,7 considerando este valor como el mínimo para suponer que la fiabilidad del protocolo es alta¹⁹; potencia del contraste igual a 0,8; significación igual a 0,05. Ante posibles abandonos durante la realización del estudio se intentó reclutar un número de participantes mayor a 10.

Para el reclutamiento de participantes se contactaron los miembros de varias asociaciones locales de FM mediante una carta formal en la que se informaba de forma preliminar los aspectos del estudio. Un total de 37 mujeres afectadas de FM solicitaron más detalles y fueron informadas sobre el estudio y el protocolo a utilizar. Finalmente, 16 mujeres afectadas de FM aceptaron participar en este estudio (fig. 1). Todas las participantes fueron evaluadas en primer lugar por un médico que confirmó el diagnóstico de FM de acuerdo con los criterios del American College of Rheumatology²⁰. Ninguna de las participantes presentaba los criterios de exclusión establecidos para este estudio (otras enfermedades reumatológicas, enfermedades cardiovasculares, hipertensión o alguna otra enfermedad grave). Una vez explicado el protocolo del estudio, todas las participantes confirmaron su interés y dieron su consentimiento por escrito.

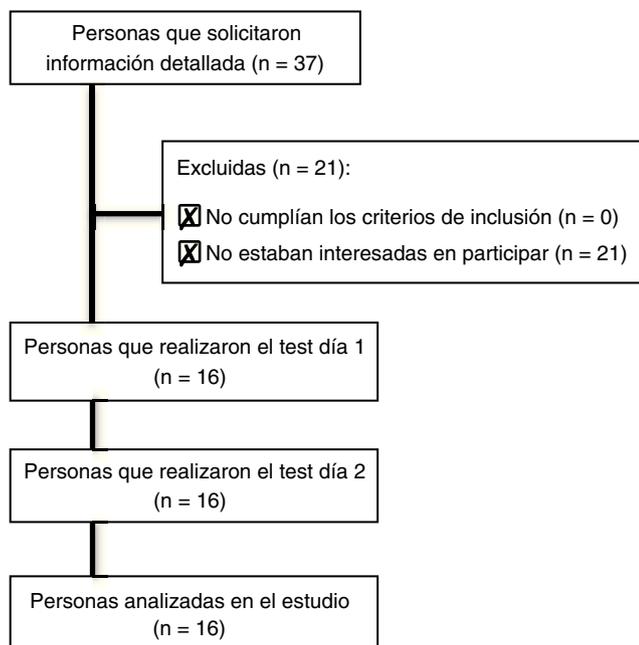


Figura 1 – Diagrama de flujo de las participantes.

Instrumentos

Las mediciones se realizaron con un dinamómetro isocinético Biodex System 3 (Biodex, Shirley, NY) y el software System 3 versión 3.40. Todas las participantes completaron la versión española del cuestionario Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ)^{21,22} para medir la severidad subjetiva de la sintomatología de la FM. Adicionalmente se recogió la edad, talla y peso.

Procedimiento

Se realizó el mismo protocolo de evaluación en dos ocasiones (día 1 y día 2) separadas con un intervalo de 12 semanas. La medición fue realizada en ambas ocasiones a la misma hora del día para reducir los efectos debidos a variaciones diurnas. Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador y solo se evaluó la pierna dominante, definida como la pierna preferida para golpear un balón.

Durante la evaluación en el dinamómetro, las participantes permanecían sentadas en una posición cómoda con el respaldo del asiento en posición de 85° con respecto al asiento. El eje mecánico del dinamómetro se alineó con el eje de movimiento de la rodilla, de acuerdo con los protocolos estandarizados¹² y que han sido utilizados previamente en población con FM¹⁴.

Antes de realizar la medición se realizó una familiarización del test que consistió en 3 contracciones submáximas concéntricas de extensión y flexión de rodilla. El test consistió en 3 repeticiones de acciones máximas de contracción isométrica de los músculos extensores y flexores de rodilla de forma alternativa, de 5 segundos de duración, en una posición

de flexión de rodilla de 45°, con un intervalo de descanso de 5 segundos entre cada contracción.

Medidas

Se tomó el pico torque (N.m) máximo de las acciones de contracción de extensores y de flexores de rodilla.

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba de t-test para examinar las diferencias entre los valores obtenidos en ambas mediciones. El nivel de significatividad se estableció para $p < .05$.

La fiabilidad relativa se determinó mediante el cálculo del Coeficiente de Correlación Intraclase ($CCI_{3,1}$) y su 95% de intervalo de confianza entre los dos días de medición²³. El CCI se ha interpretado siguiendo las indicaciones de Munro et al.: valores de 0,50 a 0,69 se han considerado como “moderados”, de 0,70 a 0,89 como “altos” y de 0,90 y superiores como “excelentes”¹⁹.

La fiabilidad absoluta se determinó mediante el cálculo de los índices *Error Estándar de Medida* (SEM) [$SEM = DT \sqrt{(1-CCI)}$] donde DT es la desviación típica del día 1 y día 2] y el *Mínimo Cambio Real* (SRD) [$SRD = 1.96 \times \sqrt{2} \times SEM$]²⁴. Tanto el SEM como el SRD se calcularon en términos absolutos y en porcentaje para facilitar su interpretación.

Adicionalmente, se realizaron los gráficos de Bland-Altman para ilustrar las diferencias individuales obtenidas en las 2 sesiones de medición²⁵.

La aplicabilidad de la prueba fue calculada según el porcentaje de participantes que pudieron finalizar completamente el test concéntrico/excéntrico en las 2 sesiones.

Resultados

La aplicabilidad de la prueba fue de 100% ya que todas las participantes realizaron correcta y completamente el test en las dos sesiones.

La tabla 1 muestra las características de las participantes en el estudio. Todas las participantes finalizaron correctamente la medición en las 2 ocasiones, no mostrando ninguna de ellas dolor incapacitante durante la realización de la misma.

La tabla 2 muestra las medias del pico torque obtenido en las acciones de contracción isométrica de los músculos

Tabla 1 – Características de los participantes (n = 16)

Edad (años)	54,9 ± 12,1
Peso (kg)	69,1 ± 8,0
Talla (cm)	154,7 ± 5,5
FIQ (puntos)	51,7 ± 11,5

FIQ: Cuestionario de Impacto de Fibromialgia.

Tabla 2 – Pico torque obtenido en acciones de flexo-extensión isométrica de rodilla en 2 mediciones con un intervalo de 12 semanas entre medición (n = 16)

Acción evaluada	Pico torque (N.m)		P
	Día 1 Media ± DT	Día 2 Media ± DT	
Contracción isométrica de extensores de rodilla	79,9 ± 27,5	84,4 ± 25,7	,187
Contracción isométrica de flexores de rodilla	27,9 ± 13,6	28,9 ± 9,4	,559

El test consistió en 3 acciones de contracción isométrica de los extensores y flexores de rodilla de forma alternativa, en dinamómetro isocinético biodex system 3, con una posición de flexión de rodilla de 45 grados. Se tomó el mejor pico torque para cada una de las acciones evaluadas.

Tabla 3 – Fiabilidad Test-Retest de acciones de flexo-extensión isométrica de rodilla en 2 mediciones con un intervalo de 12 semanas entre medición (n = 16)

Acción evaluada	Pico torque (Nm)				
	ICC (95% CI)	SEM (Nm)	SEM (%)	SRD (Nm)	SRD (%)
Contracción isométrica de extensores de rodilla	,930 (.805 a ,975)	7,01	8,5	19,43	23,7
Contracción isométrica de flexores de rodilla	,911 (.751 a ,968)	3,43	12,1	9,51	33,5

SEM: Error Estándar de Medida; SRD: Mínimo Cambio Real.

El test consistió en 3 acciones de contracción isométrica de los extensores y flexores de rodilla de forma alternativa, en dinamómetro isocinético biodex system 3, con una posición de flexión de rodilla de 45 grados. Se tomó el mejor pico torque para cada una de las acciones evaluadas.

flexores y extensores de rodilla. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de pico torque obtenidos en las 2 sesiones de medición con un intervalo de 12 semanas de duración.

La tabla 3 muestra los índices obtenidos de fiabilidad relativa y absoluta. La acción isométrica de contracción de extensores de rodilla ha obtenido una fiabilidad excelente (CCI=0,92) mientras que en el caso de los flexores de rodilla ha sido alta (CCI=0,87).

La figura 2 muestra los gráficos de Bland-Altman de los resultados del pico torque obtenido por las participantes en ambas acciones. En ambos casos el bias o error sistemático estuvo próximo a 0 (-3,8 en el caso de los músculos extensores y 0,1 en el caso de los músculos flexores).

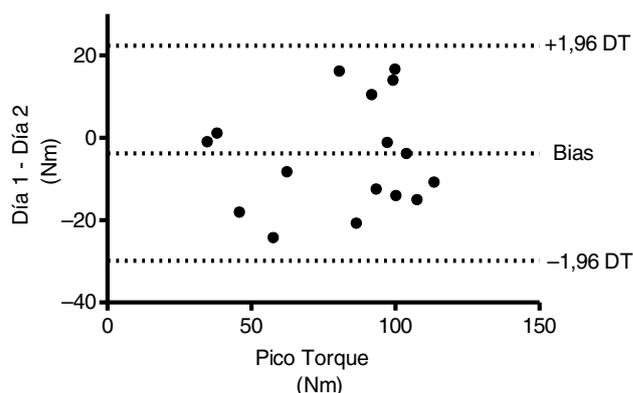
Discusión

Este es el primer estudio de fiabilidad de variables de fuerza en personas con FM con una duración superior a las 2 semanas, mostrando datos sobre la estabilidad en el tiempo del pico torque máximo obtenido en contracciones isométricas de los extensores y flexores de rodilla en esta población.

Las participantes en este estudio han sido mujeres con el síndrome de fibromialgia con características similares a las participantes en estudios anteriores en cuanto a edad, talla y peso^{9,26}.

Los valores de fiabilidad relativa obtenidos en el test isométrico analizado han sido altos, estando, en el caso de la contracción de los extensores de rodilla, por encima de 0,90. Siguiendo las indicaciones de Munro y et al.¹⁹ podemos decir que la fiabilidad del pico torque de los músculos extensores de rodilla es excelente, siendo alta en el caso de los flexores. En términos de fiabilidad absoluta, tanto el SEM como el SRD

Contracción isométrica de músculos extensores de rodilla



Contracción isométrica de músculos flexores de rodilla

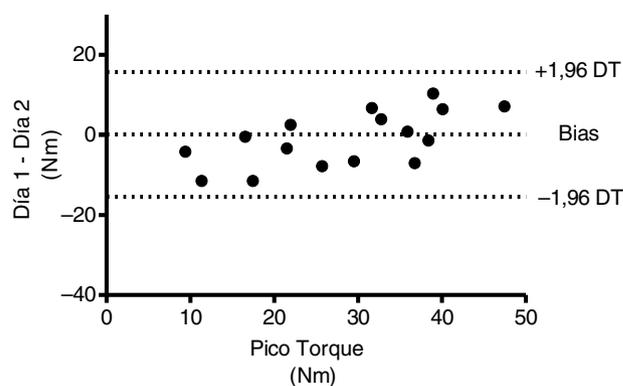


Figura 2 – Gráfico de Bland-Altman del pico torque de contracciones de extensores y flexores de rodilla en fibromialgia con un intervalo de 12 semanas.

han sido inferiores en las acciones de los músculos flexores de rodilla con respecto a los extensores. Sin embargo, tomando como referencia la media obtenida en ambas ocasiones, los porcentajes tanto del SEM como del SRD son prácticamente el doble en el caso de los flexores con respecto a los extensores. Esto es debido a la mayor fuerza ejercida por los músculos extensores de la rodilla con respecto a los flexores. Este mismo comportamiento se ha visto previamente en un estudio de fiabilidad test-retest de una semana en mujeres con FM¹⁴.

Comparando los resultados obtenidos en ambos estudios (1 semana vs. 12 semanas), se aprecia que en el caso del pico torque de los extensores de rodilla los datos son muy similares, mientras que la fiabilidad obtenida en los flexores de rodilla es algo peor en 12 semanas con respecto a 1. Esto nos sugiere que para analizar la eficacia sobre la fuerza muscular en piernas de los programas basados en actividad física para personas con fibromialgia de varias semanas de duración, en caso de tener que elegir, habrá que evaluar prioritariamente la fuerza isométrica de los extensores de rodilla en lugar de la fuerza isométrica de los flexores, al ser ésta más estable en el tiempo.

Como recomendación general en FM, basándonos en los valores obtenidos de SRD, para indicar que un programa de actividad física ha provocado un cambio real en el pico torque máximo de contracciones isométricas de los músculos flexo-extensores de la rodilla, este cambio deberá ser superior al 24% en el caso de los extensores y superior al 41% en el caso de los flexores. En el caso de obtener cambios estadísticamente significativos pero por debajo de estos valores, estos cambios podrían no ser realmente ciertos²⁷.

Por otra parte, la fiabilidad puede estar afectada por multitud de factores. Entre estos factores se incluyen la capacidad tecnológica del dinamómetro, el procesamiento de los datos y la variabilidad asociada tanto al evaluador como al sujeto evaluado²⁸. En el caso del dinamómetro isocinético utilizado en este estudio, Biodex System 3, se ha comprobado que tiene una excelente fiabilidad (CCI de 0,99) y validez con respecto a la fuerza obtenida mediante un medidor de tensión²⁹. Adicionalmente, para reducir la variabilidad asociada a los evaluadores, en este estudio todas las participantes han sido evaluadas en ambas ocasiones por un mismo evaluador con amplia experiencia e indicando siempre las mismas instrucciones verbales. Los posibles errores asociados al protocolo de evaluación se minimizaron con el uso de un protocolo estandarizado para el calentamiento, estabilización y acondicionamiento de las participantes en el dinamómetro.

Limitaciones

La alineación del eje mecánico del dinamómetro isocinético Biodex System 3 con la rodilla se realizó manualmente y la colocación del asiento con respecto al rotor del dinamómetro depende de la inspección visual, por lo tanto, puede haber habido una diferencia mínima en la colocación entre los días 1 y 2. Otra limitación podría ser que las participantes no se sometieron a una sesión específica de familiarización previa a los días de medición. También se debe tener en cuenta que

las personas con FM pueden tener períodos de dolor e incapacidad más agudos y éstos afectar su rendimiento físico. En este estudio no se ha tenido en cuenta este factor.

Conclusión

El pico torque isométrico evaluado a través del dinamómetro isocinético Biodex System 3 es replicable tanto para los flexores como para los extensores de la rodilla. Este estudio muestra resultados originales y novedosos sobre el SRD del pico torque en acciones isométricas de los extensores y flexores de rodilla, que pueden ayudar en la interpretación de los resultados obtenidos en terapias basadas en actividad física, en personas con FM, de varias semanas de duración.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cassisi G, Sarzi-Puttini P, Alciati A, Casale R, Bazzichi L, Carignola R, et al. Symptoms and signs in fibromyalgia syndrome. *Reumatismo*. 2008;60 Suppl 1:15-24.
2. Gormsen L, Rosenberg R, Bach FW, Jensen TS. Depression, anxiety, health-related quality of life and pain in patients with chronic fibromyalgia and neuropathic pain. *Eur J Pain*. 2010;14:127.e1-8.
3. Strombeck B, Ekdahl C, Manthorpe R, Wikstrom I, Jacobsson L. Health-related quality of life in primary Sjogren's syndrome, rheumatoid arthritis and fibromyalgia compared to normal population data using SF-36. *Scand J Rheumatol*. 2000;29:20-8.
4. Okumus M, Gokoglu F, Kocaoglu S, Ceceli E, Yorgancioglu ZR. Muscle performance in patients with fibromyalgia. *Singapore Med J*. 2006;47:752-6.
5. Maquet D, Croisier JL, Renard C, Crielaard JM. Muscle performance in patients with fibromyalgia. *Joint Bone Spine*. 2002;69:293-9.
6. Panton LB, Kingsley JD, Toole T, Cress ME, Abboud G, Sirithienthad P, et al. A comparison of physical functional performance and strength in women with fibromyalgia, age- and weight-matched controls, and older women who are healthy. *Phys Ther*. 2006;86:1479-88.
7. Tomas-Carus P, Gusi N, Hakkinen A, Hakkinen K, Leal A, Ortega-Alonso A. Eight months of physical training in warm water improves physical and mental health in women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2008;40:248-52.
8. Tomas-Carus P, Hakkinen A, Gusi N, Leal A, Hakkinen K, Ortega-Alonso A. Aquatic training and detraining on fitness and quality of life in fibromyalgia. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1044-50.
9. Gusi N, Tomas-Carus P, Hakkinen A, Hakkinen K, Ortega-Alonso A. Exercise in waist-high warm water decreases pain and improves health-related quality of life and strength in the lower extremities in women with fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 2006;55:66-73.
10. Schiltenswolf M, Hauser W, Felde E, Flugge C, Hafner R, Settan M, et al. [Physiotherapy, exercise and strength training

- and physical therapies in the treatment of fibromyalgia syndrome]. *Schmerz*. 2008;22:303-12.
11. Kingsley JD, Panton LB, Toole T, Sirithienthad P, Mathis R, McMillan V. The effects of a 12-week strength-training program on strength and functionality in women with fibromyalgia. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:1713-21.
 12. Dvir Z. *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical application*. 2.^a ed. London: Churchill Livingstone; 2003.
 13. Martin L, Nutting A, MacIntosh BR, Edworthy SM, Butterwick D, Cook J. An exercise program in the treatment of fibromyalgia. *J Rheumatol*. 1996;23:1050-3.
 14. Adsuar JC, Olivares PR, del Pozo-Cruz B, Parraca JA, Gusi N. Test-retest reliability of isometric and isokinetic knee extension and flexion in patients with fibromyalgia: evaluation of the smallest real difference. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92:1646-51.
 15. Cutajar M, Clayden JD, Clark CA, Gordon I. Test-retest reliability and repeatability of renal diffusion tensor MRI in healthy subjects. *Eur J Radiol*. 2011;80:e263-8.
 16. Jampel HD, Vitale S, Ding Y, Quigley H, Friedman D, Congdon N, et al. Test-retest variability in structural and functional parameters of glaucoma damage in the glaucoma imaging longitudinal study. *J Glaucoma*. 2006;15:152-7.
 17. McCleary RW, Andersen JC. Test-retest reliability of reciprocal isokinetic knee extension and flexion peak torque measurements. *J Athl Train*. 1992;27:362-5.
 18. Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med*. 1998;17:101-10.
 19. Munro BH, Visintainer MA, Page EB. *Statistical methods for health care research*. Philadelphia: JB Lippincott; 1986.
 20. Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennett RM, Bombardier C, Goldenberg DL, et al. The American College of Rheumatology 1990 Criteria for the Classification of Fibromyalgia. Report of the Multicenter Criteria Committee. *Arthritis Rheum*. 1990;33:160-72.
 21. Burckhardt CS, Clark SR, Bennett RM. The fibromyalgia impact questionnaire: development and validation. *J Rheumatol*. 1991;18:728-33.
 22. Esteve-Vives J, Rivera J, Salvat MI, De Gracia M, Alegre C. Propuesta de una versión de consenso del Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ) para la población española. *Reumatol Clin*. 2007;3:21-4.
 23. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86:420-8.
 24. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. 2005;19:231-40.
 25. Bland JM, Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. Lancet. 1986;1:307-10.
 26. Tomas-Carus P, Gusi N, Hakkinen A, Hakkinen K, Raimundo A, Ortega-Alonso A. Improvements of muscle strength predicted benefits in HRQOL and postural balance in women with fibromyalgia: an 8-month randomized controlled trial. *Rheumatology (Oxford)*. 2009;48:1147-51.
 27. McKenna L, Cunningham J, Straker L. Inter-tester reliability of scapular position in junior elite swimmers. *Phys Ther Sport*. 2004;5:146-55.
 28. Farrell M, Richards JG. Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *Medicine and science in sports and exercise*. Med Sci Sports Exerc. 1986;18:44-9.
 29. Drouin JM, Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:22-9.