



Original

Reproducibilidad inter-sesión de las pruebas distancia dedos planta y distancia dedos suelo para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores adultos de fútbol sala de primera división

F. Ayala^a y P. Sainz de Baranda^b

^aFacultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia. España

^bFacultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha. Toledo. España.

Historia del artículo:

Recibido el 19 de julio de 2010

Aceptado el 20 de diciembre de 2010

Palabras clave:

Coefficiente de variación.

Fiabilidad absoluta.

Distancia dedos planta.

Distancia dedos suelo.

Fútbol sala.

Key words:

Coefficient of variation.

Absolute reliability.

Sit and reach.

Toe touch.

Futsal.

RESUMEN

Objetivo. Examinar la fiabilidad absoluta de las pruebas de estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural distancia dedos planta (DDP) y distancia dedos suelo (DDS); así como determinar si los valores de normalidad establecidos en la literatura científica para la prueba distancia dedos planta pueden ser empleados para la prueba distancia dedos suelo, todo ello en jugadores profesionales de fútbol sala.

Método. Un total de 30 participantes completaron 4 sesiones de evaluación de la flexibilidad isquiosural empleando las pruebas DDP y DDS, con un intervalo de tiempo de 2 semanas entre sesiones consecutivas. La fiabilidad absoluta fue examinada a través del porcentual error típico de la medida, el porcentaje de cambio en la media y el índice de correlación intraclass (ICC), así como sus respectivos intervalos de confianza.

Resultados. Se encontraron altos valores de fiabilidad absoluta tanto para la prueba DDP (4,48% error típico; 0,84% cambio en la media, 0,95 ICC) como para la prueba DDS (5,89% error típico; 2,31% cambio en la media, 0,89 ICC). El 95% del límite de confianza entre las pruebas DDP y DDS informó de un sistemático sesgo de error (5,01 cm) y un amplio 95% error aleatorio ($\pm 7,46$ cm).

Conclusión. Una modificación mayor del 6,72% (DDP) o 8,83% (DDS) en los valores iniciales de flexibilidad isquiosural después de la aplicación de un tratamiento podría ser considerada como un «cambio real». Además, los resultados sugieren que deberían emplearse valores de normalidad diferentes a los establecidos para la prueba DDP para categorizar a jugadores de fútbol sala si se desea utilizar la prueba de valoración DDS.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Inter-session reproducibility of sit and reach and toe touch tests for estimating hamstring flexibility in young adult first division futsal players

Aim. To examine absolute reliability of the sit and reach test (SRT) and the toe touch test (TT) for estimating hamstring flexibility, as well as to determine whether the sit and reach test cutoff scores may be used for toe touch test in professional futsal players.

Method. A total of 30 participants completed 4 hamstring flexibility measurement sessions using SRT and TT with a two-week interval between sessions. Absolute reliability was examined through typical percentage error, percentage change in the mean and intraclass correlations (ICC) as well as their respective confidence limits.

Results. High reliability measures were found for SRT (4.48% typical error; 0.84% change in the mean, 0.95 ICC) and TT (5.89% typical error; 2.31% change in the mean, 0.89 ICC). 95% limits of agreement between SRT and TT reported systematic bias (5.01 cm) and wide 95% random error (± 7.46 cm).

Conclusion. An observed change larger than 6.72% (SRT) or 8.83% (TT) hamstring flexibility baseline scores after performed a treatment would indicate that a real improvement on hamstring flexibility was likely. In addition, the results suggested that different SRT cutoff scores should be used for detecting short hamstring muscles in futsal players measured through TT.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

F. Ayala.

Campus de los Jerónimos, s/n.

30107 Guadalupe, Murcia.

Correo electrónico: fayala@pdi.ucam.edu

Introducción

La evaluación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural es una práctica habitual en el ámbito de la salud físico-deportiva. La razón fundamental reside en que reducidos valores de flexibilidad isquiosural han sido relacionados con un incremento de la probabilidad de sufrir distensiones musculares¹⁻³, dolor lumbar⁴⁻⁸, desarrollo de tendinopatías del tendón rotuliano⁹, dolor femoropatelar¹⁰, así como una reducción del rendimiento físico-deportivo¹¹⁻¹³.

La valoración eficaz del estado de una musculatura requiere de la selección de pruebas diagnósticas que posean un elevado grado de fiabilidad y validez, así como un reducido gasto humano y material. En este sentido, las pruebas de valoración «distancia dedos planta» (DDP) o *sit and reach* son probablemente las herramientas de estimación de la flexibilidad isquiosural más utilizadas por clínicos y especialistas del ámbito físico-deportivo¹⁴⁻¹⁶. Dentro de las diferentes pruebas de valoración DDP existentes, la «clásica prueba DDP» o *classical sit and reach test*, originalmente descrita por Wells y Dillon¹⁷, así como la «prueba distancia dedos suelo» (DDS) o *toe touch test* son a menudo incluidas dentro de diferentes baterías de pruebas relacionadas con la condición física^{18,19}.

La gran popularidad de las pruebas DDP en el ámbito físico-deportivo parece residir más en su facilidad de uso y escaso material necesario para su desarrollo que en la evidencia científica que existe con respecto a su grado de fiabilidad y validez. Así, la literatura científica sugiere que las pruebas DDP poseen una moderada validez para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural en diferentes poblaciones: a) escolares²⁰⁻²³; b) adultos jóvenes sedentarios^{14,24-33}; c) adultos físicamente activos-deportistas^{34,35} y d) adultos mayores^{33,36,37}.

Sin embargo, por lo que respecta al grado de fiabilidad de las pruebas DDP, no se han encontrado estudios científicos que analicen la fiabilidad absoluta inter-sesión, definida como la estabilidad de la medida a lo largo del tiempo. En este sentido, el conocimiento de la fiabilidad absoluta de las diferentes pruebas DDP es una información muy importante para clínicos y especialistas del ámbito físico-deportivo porque podría ser empleada para estimar la magnitud necesaria en la variación de los niveles iniciales de flexibilidad isquiosural en respuesta a un tratamiento, que podría ser considerada como un «cambio real», más allá del error de la medida^{38,39}. A nivel práctico, la fiabilidad absoluta permitirá valorar la «eficacia real» de programas de intervención sobre el nivel de flexibilidad isquiosural de pacientes y deportistas. Igualmente, otro uso importante de la fiabilidad absoluta es la posibilidad de comparación entre diferentes pruebas diagnósticas e incluso, clínicos e investigadores podrían emplear esta información para determinar el tamaño muestral de sus estudios^{38,39}.

Por lo tanto, los objetivos principales de este estudio fueron: a) examinar la fiabilidad absoluta inter-sesión de las pruebas de estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural DDP y DDS; así como b) determinar si los valores de normalidad establecidos en la literatura científica para la prueba DDP pueden ser empleados para la prueba DDS, todo ello en jugadores profesionales de fútbol sala.

Como hipótesis inicial se estableció que: a) las pruebas DDP y DDS presentarían una adecuada fiabilidad absoluta desde el punto de vista clínico; y b) deberían establecerse diferentes valores de normalidad para ambas pruebas para el diagnóstico clínico de sujetos con cortedad isquiosural.

Método

Participantes

Un total de 40 deportistas (estatura: $173,3 \pm 4,88$ cm; peso: $70,04 \pm 9,88$ kg) sin alteraciones del sistema músculo-esquelético en el raquis ni en las extremidades superiores e inferiores participaron en este estudio. Como criterios de exclusión se establecieron: a) el no asistir a todas las sesiones de evaluación y b) sufrir cualquier alteración del sistema músculo-esquelético durante el periodo de tiempo que comprendió la fase de recogida de datos.

Los deportistas eran jugadores profesionales de fútbol sala con más de 8 años de práctica deportiva (4-7 sesiones de entrenamiento semanales, con una duración de 1,5 horas por sesión). Todos los participantes jugaban en la primera (división de honor) o segunda (división de plata) de la División Nacional de Fútbol Sala. El estudio fue llevado a cabo durante la fase competitiva del año deportivo 2007-2008.

Todos los participantes fueron verbalmente informados de la metodología, así como de los propósitos y posibles riesgos del estudio, y firmaron un consentimiento informado. El presente estudio fue aprobado por el Comité Ético y Científico de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (España).

Procedimiento

El estudio de la fiabilidad absoluta de las pruebas DDP y DDS fue llevado a cabo de acuerdo con las recomendaciones de la *American Psychological Association*⁴⁰. Así, una semana antes del comienzo de la fase experimental, todos los participantes fueron sometidos a una sesión de familiarización con el propósito de que conocieran la correcta ejecución técnica de las pruebas mediante la realización práctica de cada una de ellas. Igualmente, otro propósito de esta sesión fue la reducción del posible sesgo de aprendizaje sobre los resultados obtenidos en las diferentes valoraciones. Tras la sesión de familiarización, cada participante fue examinado un total de 4 sesiones, con un intervalo de tiempo de 2 semanas entre sesiones consecutivas. Cada una de las sesiones de evaluación fue llevada a cabo por los mismos dos clínicos experimentados (uno conducía la prueba y el otro registraba los resultados) bajo las mismas condiciones ambientales y franja horaria para tratar de minimizar la posible influencia de los ritmos circadianos sobre la variabilidad de los resultados⁴¹.

Previamente a cada sesión de valoración, todos los participantes realizaron 5 minutos de calentamiento aeróbico (carrera ligera) unido a una serie de ejercicios de estiramientos estandarizados (siguiendo las recomendaciones de Sainz de Baranda y Ayala⁴²), enfatizando la actividad de los músculos isquiosurales y flexión de tronco^{14,20,22,27,43,44}. En este sentido, dos ejercicios de estiramiento fueron seleccionados, imitando ambos la posición adoptada en las dos pruebas de valoración seleccionadas (DDP y DDS). Estudios previos sugieren que las modificaciones que el estiramiento provoca sobre las propiedades viscoelásticas de la musculatura permanecen estables durante al menos 20 minutos tras la aplicación de volúmenes de estiramiento de 120-150 segundos^{45,46}. Por ello, para asegurar la estabilidad en las propiedades de la musculatura isquiosural durante todo el proceso de valoración, la secuencia de ejercicios de estiramientos presentó un volumen total de 180 segundos (3 series de 30 segundos por ejercicio).

El calentamiento aeróbico y la secuencia estandarizada de estiramientos fue llevada a cabo porque: a) todas las pruebas de valoración someten a la musculatura isquiosural a fuerzas tensionales máximas; y

b) para tratar de minimizar la variabilidad y error estándar de la medida mediante la reducción del efecto que el estiramiento y la diferente temperatura muscular poseen sobre las propiedades viscoelásticas del tejido blando⁴⁷.

Una vez finalizados el calentamiento y los estiramientos, los participantes fueron instados a realizar dos intentos máximos para cada una de las pruebas de valoración (DDP y DDS) de forma aleatoria, empleándose el valor medio de cada par de intentos para cada prueba de valoración en el análisis estadístico^{22,44}. La aleatorización en la realización de las pruebas de valoración se llevo a cabo a través de la extracción ciega por parte de cada participante de una carta de una baraja española, de tal forma que la primera prueba que se debía realizar estuvo determinada por el número de la carta seleccionada: los números pares equivalían a la prueba DDP y los impares, a la prueba DDS. Además, la justificación de la realización de dos intentos máximos para cada una de las pruebas estuvo basada en el trabajo de Patterson et al⁴⁸, quienes sugirieron que, dada la elevada consistencia interna intra-sesión de la medida en las pruebas DDP, la media de dos intentos máximos podría ser suficiente para obtener una valoración apropiada de la flexibilidad isquiosural.

Cada participante fue examinado con ropa deportiva y sin calzado^{20,28,43}. Se permitió un periodo de descanso de 2-3 minutos entre las pruebas de valoración^{16,27,43} con un descanso de aproximadamente 30 segundos entre cada uno de los dos intentos para cada prueba.

Pruebas de valoración

Las pruebas de valoración DDP y DDS fueron llevadas a cabo siguiendo el procedimiento establecido por el ACSM⁴⁹. Se utilizó para ambas pruebas un cajón con una regla milimetrada adherida a su superficie exterior. La regla milimetrada presentaba una marca situada a los 35 centímetros, la cual representaba el punto donde la yema de los dedos de las manos formaba una línea perpendicular con la punta de los dedos de los pies. De esta forma, el resultado de cada una de las pruebas de valoración en centímetros fue siempre positivo, incluso para aquellos participantes que no fueron capaces de alcanzar la tangente al extremo más distal del pie^{21,43}.

Prueba distancia dedos planta

Los participantes comenzaban sentados en el suelo con las piernas juntas, rodillas extendidas y plantas de los pies apoyadas contra la tabla del cajón de medición. Entonces, los participantes extendieron los brazos, colocaron una mano encima de la otra y comenzaron a realizar una lenta y progresiva flexión máxima de tronco sin flexionar rodillas^{20,27,28}. Durante la prueba, un examinador comprobó que: a) las plantas de los pies permanecían totalmente apoyadas en la superficie del cajón; y b) que las rodillas se encontraban totalmente extendidas.

Prueba distancia dedos suelo

Los participantes se situaron de pie sobre el cajón de medición con las piernas ligeramente separadas (15-20 centímetros). Las instrucciones de ejecución fueron similares a las fijadas para la prueba DDP. Así, los sujetos fueron instados a realizar una flexión máxima del tronco, con rodillas y brazos extendidos, y la planta de los pies completamente apoyada sobre la superficie del cajón de medición.

Análisis estadístico

El cálculo de la fiabilidad absoluta para las pruebas de valoración DDP y DDS fue examinado a través del «error típico de la medida» (variación

intra-sujetos), la magnitud de «cambio de medias», expresados ambos en términos porcentuales; así como a través del índice de correlación intraclass (ICC) usando el método previamente descrito por Hopkins³⁹. Asimismo, los límites de confianza (superior [LS] e inferior [LI]) fueron establecidos para cada uno de los tres estadísticos anteriores. La fiabilidad absoluta para cada prueba de valoración fue calculada empleando el valor medio de los valores de fiabilidad de cada una de las sesiones pareadas consecutivas (2-1, 3-2, 4-3) para cada una de las pruebas de valoración³⁸. Brevemente, un 2 (DDP y DDS) \times 4 (sesión de valoración 1-4) análisis de la varianza con medidas repetidas en el último factor (RMANOVA) fue empleado para identificar el cambio en los valores medios y la desviación típica de la diferencia entre las sesiones de valoración pareadas consecutivas para cada una de las pruebas de valoración (*Bonferroni post hoc test*). La esfericidad de los datos fue verificada a través de la prueba de Mauchly. El porcentaje del error típico (expresado como coeficiente de variación) fue calculado usando el logaritmo de los resultados obtenidos por cada uno de los participantes empleando la siguiente fórmula: $100 (e^s - 1)$, donde s es el error típico (desviación típica de la diferencia de medias entre valoraciones consecutivas / $\sqrt{2}$). El cambio de medias se calculó a través del análisis de la varianza como diferencia de medias entre sesiones consecutivas, tomando el logaritmo de los valores conseguidos por los participantes. Por su parte, el ICC de la muestra fue calculado siguiendo la fórmula: $(F - 1) / (F + k - 1)$, donde F es el F-ratio de los sujetos y k (4) es el número total de las sesiones de valoración^{38,50}.

Para la evaluación del grado de acuerdo entre las pruebas DDP y DDS se utilizó el método estadístico descrito por Bland y Altman⁵¹, el cual permite explorar si ambas pruebas podrían ser intercambiables y si los valores de referencia establecidos para la prueba DDP podrían ser utilizados para la prueba DDS.

Resultados

Treinta jugadores profesionales de fútbol sala (estatura: $172,9 \pm 4,51$ cm; peso: $69,74 \pm 7,51$ kg) completaron este estudio. Diez participantes fueron excluidos de la muestra por perder una o más sesiones de valoración.

La tabla 1 presenta la estadística descriptiva (resultado medio de cada sesión de valoración [$k = 4$] \pm desviación estándar) de la muestra de estudio para cada prueba de valoración.

El porcentaje del error típico para la prueba DDP fue 4,48% (LS = 6,26, LI = 3,52), mientras que para la prueba DDS fue 5,89% (LS = 8,10, LI = 3,18). Por su parte, el porcentaje de cambio en la media para el DDP fue de 0,84% (LS = 3,36, LI = 1,60), y para el DDS fue de 2,71% (LS = 7,23, LI = -1,52). Por último, el ICC fue de 0,95 (LS = 0,98, LI = 0,92) y 0,89 (LS = 0,95, LI = 0,79) para las pruebas DDP y DDS respectivamente.

La representación gráfica (fig. 1) del análisis estadístico propuesto por Bland y Altman⁵¹ sugirió que las diferencias entre ambas pruebas no fueron proporcionales a la media ($r = 0,13$; $p = 0,31$). Además, cuando los

Tabla 1
Resultados conseguidos en las diferentes sesiones de valoración ($k = 4$)

	Sesión 1 (media \pm SD)	Sesión 2 (media \pm SD)	Sesión 3 (media \pm SD)	Sesión 4 (media \pm SD)
DDP (cm)	42,43 \pm 7,52	42,74 \pm 7,86	43,57 \pm 8,97	44,02 \pm 9,83
DDS (cm)	36,81 \pm 8,51	38,12 \pm 8,78	40,34 \pm 8,69	39,78 \pm 8,55

DDP: distancia dedos planta; DDS: distancia dedos suelo; SD: desviación estándar

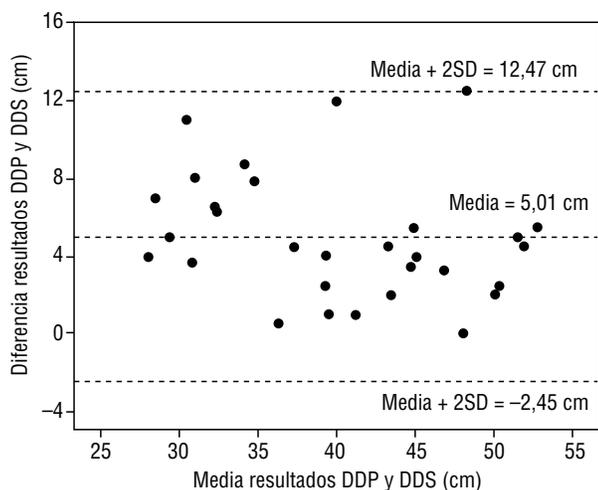


Fig. 1. Los valores pertenecen a la media de los resultados obtenidos en las cuatro sesiones de valoración efectuadas. Tomado de Bland et al. DDP: distancia dedos planta; DDS: distancia dedos suelo.

datos fueron logarítmicamente transformados, la correlación entre sus medias y la diferencia fue ligeramente mayor ($r = 0,38$; $p = 0,16$). Por lo tanto, existe una evidencia para expresar los datos como sesgo error \pm 95% error aleatorio, 5,01 cm \pm 7,46 cm.

Discusión

El análisis de la fiabilidad absoluta llevado a cabo en este estudio informó de bajos valores de variabilidad intra-sujetos expresado como coeficiente de variación, tanto para la prueba DDP (4,48%) como para la prueba DDS (5,89%), después de 4 sesiones de medida (con un intervalo de dos semanas entre sesiones consecutivas). En este sentido, una variabilidad menor del 10% ha sido considerada como aceptable por la literatura científica^{39,41,52}. Igualmente, el porcentaje medio de cambio en la media de los resultados entre sesiones consecutivas fue reducido (no significativo) en ambas pruebas (DDP = 0,84%; DDS = 2,71%). Por último, se obtuvieron valores de 0,95 y 0,89 para el ICC en las pruebas DDP y DDS respectivamente.

Los resultados sobre la fiabilidad absoluta de las pruebas de valoración DDP y DDS derivados de este estudio proporcionan una información muy útil para clínicos y demás miembros del ámbito físico-deportivo, pues les permite la toma de decisiones justificada sobre si ha ocurrido un «cambio real» entre sesiones de valoración tras la aplicación de un tratamiento (ejemplo: la aplicación de un programa de estiramientos para la mejora de la flexibilidad isquiosural), o si por el contrario, el cambio observado es simplemente un producto del error típico de la medida.

En este sentido, Hopkins³⁸ sugiere que un umbral en torno a 1,5-2 veces la magnitud del error típico podría ser apropiado para indicar que se ha producido un cambio real en los niveles previos. Así, un cambio en la flexibilidad isquiosural mayor de 6,72-8,96% (DDP) u 8,83-11,78% (DDS) tras la realización de un programa de intervención podría indicar que un probable cambio real se ha producido. Otra interesante implicación para la exploración clínica podría ser que tan solo una sesión de familiarización de alrededor de 20 minutos sería suficiente para minimizar el efecto que el aprendizaje podría tener en el resultado final, ba-

sándonos en los bajos valores de porcentaje de cambio en la media de los resultados encontrados en este estudio. Esta hipótesis, aunque de naturaleza especulativa, ha sido igualmente sugerida por diversos autores basándose en sus experiencias clínicas^{23,48}.

El porcentaje medio de error típico de la prueba DDP fue ligeramente menor que su homónimo para la prueba DDS. Quizás la diferencia en la posición de ejecución adoptada para ambas pruebas (sentado o de pie) podría afectar al porcentaje de error típico. Así, una posible explicación podría ser que el movimiento inherente a la prueba DDS no está tan restringido como el movimiento para la prueba DDP porque solo las plantas de los pies están en contacto con el suelo, lo cual permite una mayor participación de la fuerza de la gravedad y por tanto, podría esperarse una mayor inclinación de la pelvis²⁶.

El análisis del 95% del límite de concordancia entre las pruebas DDP y DDS fue utilizado para comprobar si el resultado de la máxima flexión del tronco alcanzado por ambas pruebas fue diferente y si los mismos valores de normalidad pueden ser usados para detectar casos de cortedad isquiosural. El análisis de regresión mostró una alta correlación entre las pruebas DDP y DDS ($r = 0,89$). Sin embargo, el análisis de la concordancia entre ambas pruebas mostró un sesgo error significativo (5,01 cm) con un 95% de error aleatorio de \pm 7,46 cm. Por lo tanto, aunque el coeficiente de correlación entre las pruebas DDP y DDS fue alto, el 95% límite de concordancia mostró considerables discrepancias entre las dos pruebas y, por ello, el grado de concordancia podría no ser aceptable desde el punto de vista clínico. Así, son necesarios diferentes criterios de normalidad para cada una de las pruebas de valoración, sin que pueda emplearse en la prueba DDS el previamente establecido para la prueba DDP.

Una de las potenciales limitaciones de este estudio fue la población utilizada. Aunque el diseño contempló 40 participantes y 4 sesiones de evaluación, lo cual responde a las demandas mínimas establecidas por Hopkins³⁹ (50 participantes y 3 sesiones de evaluación), al final 30 participantes completaron el estudio, todos ellos homogéneos en edad y nivel de condición física, lo que limita levemente la validez externa de los resultados. Igualmente, para promover la consistencia entre las pruebas de valoración, el grado de estiramiento durante el movimiento máximo de flexión de tronco fue determinado por los participantes en lugar de por el clínico. Futuras investigaciones deberían considerar establecer un criterio de estiramiento normalizado en función del peso corporal para intentar aplicar la misma fuerza de estiramiento²⁵, así como el empleo de un mayor número de sujetos y de sesiones de evaluación.

Por lo tanto, los resultados del actual estudio establecieron que: a) las medidas de fiabilidad absoluta calculadas a partir del método previamente descrito por Hopkins³⁹ mostraron aceptables valores de variabilidad intra-sujetos ($< 10\%$) y cambios en la media, así como altos valores de ICC en ambas pruebas de valoración (DDP = 4,48% error típico, 0,84% cambio en la media y 0,95 ICC; DDS = 5,89% error típico, 2,31% cambio en la media y 0,89 ICC); y b) las pruebas de valoración DDP y DDS necesitan diferentes valores de normalidad para la detección de casos de acortamiento isquiosural en jugadores profesionales de fútbol sala.

Financiación

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.

Bibliografía

- Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002;30:199-203.
- Sexton P, Chambers J. The importance of flexibility for functional range of motion. *Athl Ther Today.* 2006;3:13-7.
- Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003;31:41-6.
- Biering-Sorensen F. Physical measurements as risk indicator for low-back trouble over a one year period. *Spine.* 1984;9:106-19.
- Cailliet R. Low back pain syndrome. Philadelphia: Davis, FA; 1988.
- Mierau D, Cassidy JD, Yong-Hing K. Low-back pain and straight in children and adolescents. *Spine.* 1989;14:526-8.
- Somhegyi A, Ratko I. Hamstring Tightness and scheuermann's disease. *Am J Phys Med Rehabil.* 1993;72:44.
- Wherenberg WB, Costello M. Clinical evaluation of the backmate lower lumbar rehabilitation system. Results of a preliminary study. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1993;17:185-90.
- Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Dannels L, Cambier D. Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2001;29:190-5.
- Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Cambier D, Vanderstraeten G. Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2000;28:480-9.
- Andersen JC. Flexibility in performance: Foundational concepts and practical issues. *Athle Ther Today.* 2006;3:9-12.
- Kovacs M. The argument against static stretching before sport and physical activity. *Athle Ther Today.* 2006;2:6-8.
- Shehab R, Mirabelli M, Garenflo D, Fettes MD. Pre-exercise stretching and sports related injuries: Knowledge, attitudes and practices. *Clin J Sport Med.* 2006;16:228-31.
- Baltaci G, Un N, Tunay V, Besler A, Gerceker S. Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *Br J Sports Med.* 2003;37:59-61.
- Holt LE, Pelham TV, Burke DG. Modifications to the standard sit-and-reach flexibility protocol. *J Athle Train.* 1999;34:43-7.
- López PA, Sainz de Baranda P, Rodríguez PL, Ortega E. A comparison of the spine posture across several sit-and-reach test protocols. *J Sci Med Sport.* 2007;10:456-62.
- Wells KF, Dillon EK. The sit-and-reach. A test of back and leg flexibility. *Res Q.* 1952;23:115-8.
- American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance. AAHPERD Health Related Physical Fitness Test Manual. Reston, VA: Author; 1980.
- Council of Europe Committee for the Development of Sport. EUROFIT: Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness. Strasbourg: Council of Europe; 1993.
- Castro-Piñero J, Chillón P, Ortega FB, Montesinos JL, Sjöström M, Ruiz JR. Criterion-related validity of sit-and-reach and modified sit-and-reach test for estimating hamstring flexibility in children and adolescents aged 6-17 years. *Int J Sports Med.* 2009;30:658-62.
- Cornbleet S, Woolsey N. Assessment of hamstring muscle length in school age children using the sit and reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Phys Ther.* 1996;8:850-5.
- Hartman JG, Looney M. Norm-reference and criterion-referenced reliability and validity of the back-saver sit-and-reach. *Meas Phys Educ Exer Sci.* 2003;7:71-87.
- Jackson AW, Baker A. The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Res Q Exerc Sport.* 1986;57:183-6.
- Chung PK, Yuen CK. Criterion-related validity of sit-and-reach tests in university men in Hong Kong. *Percept Mot Skills.* 1999;88:304-16.
- Davis DS, Quinn RO, Whiteman CT, Williams JD, Young CR. Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2008;22:583-8.
- López-Miñarro PA, Andújar PS, Rodríguez-García PL. A comparison of the sit-and-reach test and back-saber sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med.* 2009;8:116-22.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Rodríguez-García PL, Yuste JL. Comparison between sit-and-reach test and V sit-and-reach test in young adults. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med.* 2008;167:135-42.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Yuste JL, Rodríguez PL. Validez del test sin-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura, Ciencia y Deporte.* 2008;8:87-92.
- Hui SC, Yuen PY. Comparing the validity and reliability of the modified back saver sit-reach test and four other protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(5)suppl:320.
- Hui SC, Yuen PY. Validity of modified back-server sit and reach test: a comparison with other protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1655-9.
- Perret C, Poiradeau S, Fermanian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1566-70.
- Youdas JW, Krause DA, Hollman JH. Validity of hamstring muscle length assessment during the sit-and-reach test using an inclinometer to measure hip joint angle. *J Strength Cond Res.* 2008;22:303-9.
- López PA, Ferragut C, Alacid F, Yuste JL, García A. Validez de los test dedos-planta y dedos suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *Apunts.* 2008;157:24-9.
- Rodríguez-García PL, López-Miñarro PA, Yuste JL, Sainz de Baranda P. Comparison of hamstring criterion-related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt and score between sit-and-reach and toe-touch tests in athletes. *Med Sport.* 2008;61:11-20.
- Jones CJ, Rikli RE, Max J, Noffal G. The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69:338-43.
- Liemohn W, Sharpe GL, Wasserman JF. Criterion related validity of the sit-and-reach test. *J Strength Cond Res.* 1994;8:91-4.
- Lemmink K, Kemper H, de Greef M, Rispen P, Stevens M. The validity of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in middle-aged to older men and women. *Res Q Exerc Sport.* 2003;74:331-6.
- Hopkins WG. Calculating the reliability intraclass correlation coefficient and its confidence limits (Excel spreadsheet). 2009. Disponible en: news-tats.org/xlcc.xls.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30:1-15.
- American Psychological Association. Standards for educational and psychological testing. Washington (DC): APA; 1995.
- Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998;4:217-38.
- Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week stretching program utilizing the ACSM recommendations: Hamstring flexibility. *Int J Sports Med.* 2010;31:1-8.
- Hemmatinezhad MA, Afsharnezhad T, Nateghi N, Damirchi A. The relationship between limb length with classical and modified back saver sit-and-reach tests in student boys. *Int J Fitness.* 2009;5:69-78.
- Hoeger WWK, Hopkins DR, Button SP. Comparing the sit and reach with the modified sit and reach in measuring flexibility in adolescents. *Pediatric Exer Sci.* 1990;2:156-62.
- Ford P, McChesney J. Duration of maintained hamstring ROM following termination of three stretching protocols. *J Sports Rehabil.* 2007;16:18-27.
- Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1389-96.
- Dixon J, Keating JL. Variability in straight leg raise measurements. *Physiotherapy.* 2000;86:361-70.
- Patterson P, Wiksten DL, Ray L, Flanders C, Sanphy D. The validity and reliability of the back saver sit-and-reach test in middle school girls and boys. *Res Q Exerc Sport.* 1996;67:448-51.
- American College of Sports Medicine. Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:992-1008.
- Schabert EJ, Hopkins WG, Hawley JA. Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *Int J Sports Med.* 1998;19:48-51.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
- Vincent J. Statistics in kinesiology. Champaign (IL): Human Kinetics Books; 1994.