

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Fiabilidad absoluta de las pruebas *sit and reach* modificado y *back saber sit and reach* para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala

Francisco Ayala^{a,*} y Pilar Sainz de Baranda^b

^a Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Católica San Antonio de Murcia, Murcia, España

^b Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España

Recibido el 7 de octubre de 2010; aceptado el 3 de enero de 2011

Disponible en Internet el 12 de marzo de 2011

PALABRAS CLAVE

Coefficiente de variación;
Fiabilidad absoluta;
Error típico;
Sit and reach;
Fútbol sala

Resumen

Introducción: Las pruebas de valoración *sit and reach* son probablemente las herramientas de estimación de la flexibilidad isquiosural más utilizadas en el ámbito físico-deportivo. Sin embargo, existe una limitada evidencia científica que justifique su uso como herramientas de precisión. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar la fiabilidad absoluta de las pruebas *sit and reach* modificado (MSR) y *back saber sit and reach* (BSSR) para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala.

Material y métodos: Un total de 30 participantes completaron 4 sesiones de evaluación de la flexibilidad isquiosural empleando las pruebas MSR y BSSR, con un intervalo de tiempo de 2 semanas entre sesiones consecutivas. La fiabilidad absoluta intersesión fue examinada a través del error típico de la medida (ET), el coeficiente de variación (CV) y el índice de correlación intraclase (ICC). Así mismo, para cada una de las pruebas de valoración examinadas se establecieron los intervalos de referencia del 68 y del 95% asociados con lo que podría ser considerado un cambio real en la flexibilidad isquiosural.

Resultados: Altos valores de fiabilidad absoluta fueron encontrados para la prueba BSSR (ET = 1,50 cm; CV = 3,47%; ICC = 0,97) en contraposición a los valores observados para la prueba MSR (ET = 3,54 cm; CV = 10,25%; ICC = 0,84).

Conclusiones: La prueba de valoración BSSR presenta una fiabilidad absoluta aceptable (CV < 10%). La fiabilidad absoluta de la prueba MSR queda bajo tela de juicio. Un cambio observado mayor del 6,94% en los valores iniciales de flexibilidad isquiosural tras la aplicación de un tratamiento podría indicar que dicho cambio es real, más allá del error típico de la medida, si se emplea como prueba de valoración el BSSR.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fayala@pdi.ucam.edu (F. Ayala).

KEYWORDS

Coefficients of variation;
Absolute reliability;
Typical error;
Sit and reach test;
Futsal

Absolute reliability of modified sit and reach and back-saver sit and reach tests for estimating hamstring flexibility in futsal players

Abstract

Introduction: The sit and reach tests are probably the most common measurement tools for estimating hamstring flexibility in the sport setting. However, there is little scientific evidence on whether sit and reach tests are accurate tools. The purpose of this study was to determine the absolute reliability of the modified sit and reach (MSR) and back-saver sit and reach test (BSSR) for estimating hamstring flexibility in futsal (5-a-side indoor football) players.

Material and methods: A total of 30 participants completed 4 hamstring flexibility measurement sessions using MSR and BSSR with a two-week interval between consecutive sessions. Absolute reliability was examined using typical measurement error (TE), coefficient of variation (CV) and intraclass correlation coefficient (ICC). In addition, the 68% and 95% reference intervals associated with what might be considered a real change in hamstring flexibility were established for each measurement test.

Results: High reliability measures were found for BSSR (TE = 1.50 cm; CV = 3.47%; ICC = 0.97) in contrast with the values observed for MSR (TE = 3.54 cm; CV = 10.25%; ICC = 0.84).

Conclusions: BSSR reported acceptable absolute reliability measures. Absolute reliability of MSR is still questionable. An observed change greater than 6.94% of baseline hamstring flexibility scores after performing a treatment would indicate that a real improvement on hamstring flexibility was likely if BSSR were performed.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La condición poliarticular de la musculatura isquiosural, su diversidad de funciones, su carácter tónico-postural y el elevado número de fuerzas tensionales a las que se ve sometida¹ hacen que esta musculatura presente una fuerte tendencia al acortamiento^{2,3}. El acortamiento de la musculatura isquiosural ha sido relacionado con un incremento de la probabilidad de sufrir distensiones musculares^{4,5}, dolor lumbar⁶⁻¹⁰, desarrollo de tendinopatías del tendón rotuliano¹¹, dolor femoropatelar¹², así como una reducción del rendimiento físico-deportivo¹³⁻¹⁵. Por ello, la valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiosural es una práctica habitual en el ámbito de la salud físico-deportiva.

La valoración eficaz del estado de una musculatura requiere la selección de pruebas diagnósticas que posean un elevado grado de validez y fiabilidad, así como un reducido gasto humano y material. Sin embargo, aunque la prueba más precisa o *gold standard* para la valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiosural es la radiografía^{2,7}, su uso en los ámbitos científico, clínico y deportivo es extremadamente limitado debido a su elevado coste económico, a la necesidad de personal altamente cualificado, así como a la elevada sofisticación del procedimiento de exploración. Por ello, en base a los conocimientos anatómicos, se han descrito en la literatura científica diferentes métodos indirectos de exploración de la musculatura posterior del muslo que requieren menor gasto humano y material. En este contexto, las pruebas de valoración «distancia dedos planta» o «*sit and reach*» son probablemente las herramientas de estimación de la flexibilidad isquiosural más utilizadas por clínicos y especialistas del ámbito físico-deportivo¹⁶⁻¹⁸, debido principalmente a su facilidad de uso y al escaso material necesario para su desarrollo, y en menor medida a la evidencia cien-

tífica existente con respecto a su grado de validez y de fiabilidad.

Entre la gran variedad de pruebas *sit and reach* descritas en la literatura científica, las pruebas *sit and reach* modificado¹⁹ (MSR) y *back saver sit and reach* (BSSR)⁷ han presentado en los últimos años un gran auge en su popularidad. Las principales razones de este aumento de popularidad residen en que:

- El MSR controla la posible alteración en los resultados obtenidos por parte de sujetos con factores antropométricos extremos^{19,20}.
- El BSSR permite una evaluación unilateral de los miembros inferiores^{21,22}.

La literatura científica sugiere que las pruebas MSR y BSSR poseen una moderada validez (correlación significativa [$p < 0,05$], con un valor medio del estadístico r entre 0,41 y 0,60)²³ para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural en escolares^{21,22,24-26}, adultos jóvenes^{22,27-29} y adultos mayores^{30,31}.

Sin embargo, por lo que respecta al grado de fiabilidad de las pruebas MSR y BSSR, no se han encontrado estudios científicos que analicen la fiabilidad absoluta intersesión, definida como la estabilidad de la medida a lo largo del tiempo (reproducibilidad test-retest). En este sentido, el conocimiento de la fiabilidad absoluta de las diferentes pruebas «distancia dedos planta» es una información muy importante para clínicos y especialistas del ámbito físico-deportivo, ya que podría ser empleada para estimar la magnitud necesaria en la variación de los niveles iniciales de flexibilidad isquiosural en respuesta a un tratamiento, lo que podría ser considerado como un «cambio real» más allá del

error de la medida (debido a variación técnica o biológica). 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^{32,33}.

Por todo ello, el objetivo principal de este estudio fue determinar la fiabilidad absoluta de las pruebas MSR y BSSR para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala. La hipótesis inicial fue que las pruebas MSR y BSSR presentan límites de fiabilidad absoluta aceptables desde el punto de vista clínico.

Método

Participantes

Un total de 40 deportistas (altura: $173,3 \pm 4,88$ cm; peso: $70,04 \pm 9,88$ kg) sin alteraciones del sistema musculoesquelético que comprometieran la integridad del raquis y de las extremidades inferiores participaron en este estudio. Los deportistas fueron 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 h por sesión). Todos los participantes jugaban en la primera (división de honor) o segunda (división de plata) 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 a utilizar, así como de los propósitos y posibles riesgos del estudio, y cada uno de ellos firmó un consentimiento informado. El presente estudio fue aprobado

por el Comité Ético y Científico de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (España).

Procedimiento

Una semana antes del comienzo de la fase experimental, todos los participantes fueron sometidos a una sesión de familiarización con el propósito de conocer la correcta ejecución técnica de las pruebas de valoración a utilizar mediante la realización práctica de cada una de ellas (fig. 1). Igualmente, otro propósito de esta sesión de familiarización fue la reducción del posible sesgo de aprendizaje sobre los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de valoración. 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 valoración fue llevada a cabo por los mismos dos experimentados clínicos (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 resultados³⁴.

Previo a cada sesión de valoración, todos los participantes realizaron 5 min de calentamiento aeróbico (carrera ligera) unido a una serie de ejercicios de estiramiento estandarizados (siguiendo las recomendaciones de Sainz de Baranda y Ayala³⁵), enfatizando la actividad de los músculos isquiosurales y flexores de tronco^{16,19,24,25,36,37}. El calentamiento aeróbico y la secuencia estandarizada de estiramientos fue llevada a cabo: a) porque todas las pruebas de valoración someten a la musculatura isquiosural a fuerzas tensionales máximas, y b) para tratar de minimizar la variabilidad y el error estándar de la medida mediante la reducción del efecto que la diferente temperatura muscular posee sobre las propiedades viscoelásticas del tejido blando³⁸.

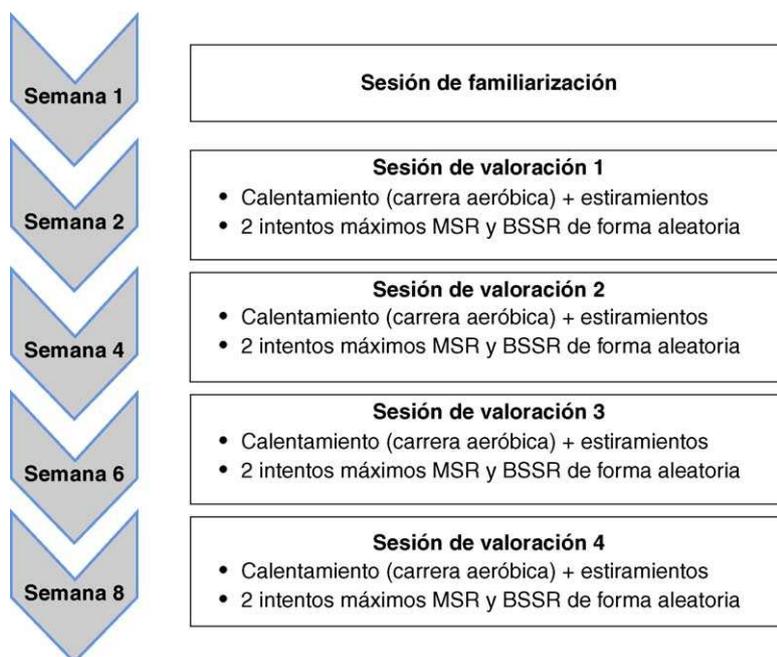


Figura 1 *Sit and reach* modificado (MSR). Izquierda: posición inicial; derecha: posición final.

Una vez finalizado el calentamiento y los estiramientos, los participantes fueron instados a realizar dos intentos máximos para cada una de las pruebas de valoración (MSR y BSSR) de forma aleatoria, empleándose el valor medio de cada par de intentos para cada prueba de valoración en el análisis estadístico^{19,25}. Cada participante fue examinado con ropa deportiva y sin calzado^{24,30,36}. Se permitió un periodo de descanso de 2-3 min entre pruebas de valoración^{18,36,37}, con un descanso de aproximadamente 30 s entre cada uno de los dos intentos para cada prueba.

Pruebas de valoración

Las pruebas de valoración MSR y BSSR fueron llevadas a cabo siguiendo el procedimiento establecido por el ACSM³⁹. Para llevar a cabo ambas pruebas de valoración se utilizó un cajón *sit and reach* con una regla milimetrada en su superficie superior externa. La regla milimetrada presentaba una marca situada a los 35 cm, la cual representaba el punto donde la yema de los dedos de las manos formaba una línea perpendicular a 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 los participantes que no fueron capaces de alcanzar la tangente al extremo más distal del pie^{36,40}.

Sit and reach modificado

El MSR se realizó con el participante en sedestación, con cabeza, espalda y cadera apoyadas contra la pared (90° de flexión de cadera), con ambas piernas completamente extendidas y la planta del pie totalmente apoyada en la superficie del cajón de medición (90° de flexión dorsal). En esta posición, el participante fue instado a colocar una mano sobre la otra, y manteniendo la cabeza, la espalda y la cadera en contacto con la pared realizó un movimiento suave hacia delante valiéndose exclusivamente de una abducción escapular (fig. 2a). Entonces, la distancia de los dedos de ambas manos hasta el cajón de medición fue registrada como la distancia entre la yema de los dedos y el punto en el cual las plantas de los pies están apoyadas contra el cajón de medición. Esta distancia establece un «punto cero relativo» o «de referencia inicial» para cada



Figura 3 La planta del pie de la pierna evaluada se coloca perpendicular al suelo y en contacto con el cajón de medición *sit and reach*.

sujeto basado en las diferentes proporciones de longitud de miembros. Tras la fijación de este punto de referencia, el participante realizó una flexión máxima de tronco con las rodillas extendidas (fig. 2b). El resultado final de la prueba fue la distancia alcanzada en centímetros durante la máxima flexión de tronco, tomando como punto de partida la referencia inicial o cero relativo previamente establecida¹⁹.

Back saver sit and reach

La prueba se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas por el manual Prudential FITNESSGRAM⁴¹. Así, el participante se situó en sedestación, con una rodilla totalmente extendida y la otra con una flexión de cadera y rodilla de 135 y 90°, respectivamente. La planta del pie de la pierna evaluada se colocó perpendicular al suelo y en contacto con el cajón de medición *sit and reach* (fig. 3). Durante el movimiento de flexión de tronco, el participante podía adoptar una ligera abducción coxofemoral de la pierna no evaluada si ésta le incomodaba. La medición se efectuó en ambas piernas por separado de forma aleatoria.

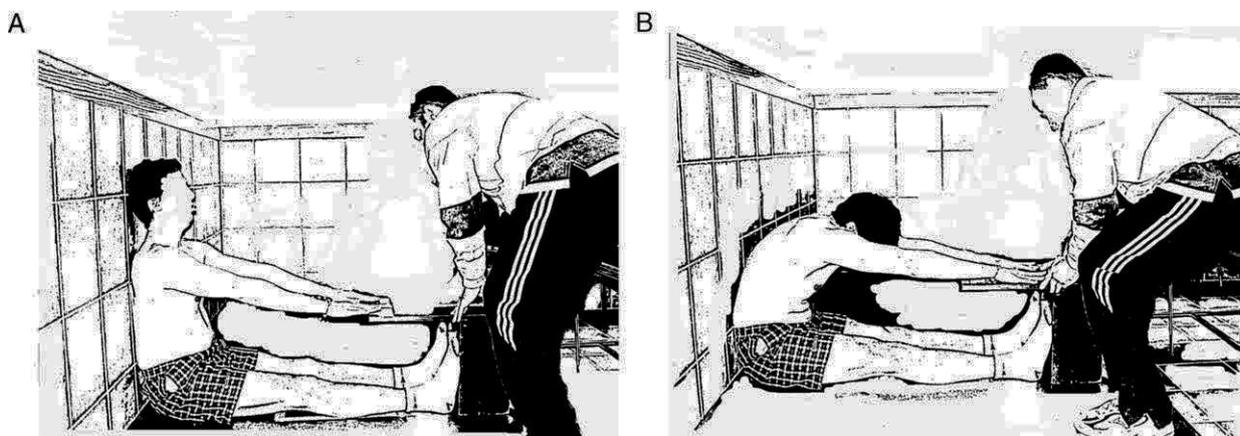


Figura 2 A y B Back saver sit and reach (BSSR).

Análisis estadístico

Previo a todo análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue comprobada a través de la prueba Kolomogorov-Smirnov. Una estadística descriptiva de todas las variables cuantitativas fue llevada a cabo a través del cálculo de la media y su correspondiente desviación típica. Una prueba *t* de Student para muestras relacionadas fue empleada para determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores de la prueba BSSR derecha e izquierda.

La fiabilidad absoluta de las pruebas de valoración MSR y BSSR fue determinada a través del cálculo del error típico (ET) de la medida, coeficiente de variación (CV) y a través del coeficiente de correlación intraclase (ICC) empleando el método previamente descrito por Hopkins^{32,33}. Así, 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 valoración. Así, un 2 (MSR y BSSR) × 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 (*systematic bias*) 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). Todos los datos mostraron ser homocedásticos. Así, el ET fue calculado usando la siguiente ecuación:

$$ET = SD_{diff} / \sqrt{2}$$

en la que SD_{diff} representa la desviación estándar de la diferencia entre sesiones de valoración consecutivas. El ET fue entonces utilizado para el cálculo del CV por medio de la representación del ET como porcentaje relativo del valor medio global para el MSR y BSSR:

$$CV = [(ET/X_{global}) \times 100](\%)$$

donde X_{global} representa el valor medio de los resultados conseguidos por los participantes en cada prueba^{32,33}. Un intervalo de confianza para todos los parámetros fue calculado con un nivel de probabilidad del 68 y del 95%. 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^{32,42}. El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v. 16.0

Tabla 1 Estadísticos de la fiabilidad absoluta para las pruebas Sit and reach modificado (MSR) y Back saber sit and reach (BSSR)

	MSR	BSSR
Sesión 1	32,12 ± 9,20	43,17 ± 8,30
Sesión 2	33,05 ± 8,73	41,76 ± 7,89
Sesión 3	36,75 ± 8,36	43,92 ± 8,65
Sesión 4	36,28 ± 7,58	43,66 ± 7,94
ET	3,54 (3,01-4,33)	1,50 (1,28-1,83)
CV (%)	10,25	3,47
ICC	0,84 (0,74-0,92)	0,97 (0,95-0,99)

ET: error típico; CV: coeficiente de variación; ICC: coeficiente de correlación intraclase.

para Windows; SPSS Inc, Chicago) y el programa Microsoft Excel 2000.

Resultados

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

La prueba *t* de Student para muestras relacionadas no informó de diferencias significativas ($p > 0,05$) en los resultados obtenidos en la prueba BSSR entre la pierna derecha e izquierda (diferencia media: 1,3 ± 2,04 cm). Por lo tanto, la media entre ambas piernas fue empleada para el consiguiente análisis de la fiabilidad absoluta.

La tabla 1 presenta la estadística descriptiva (resultado medio de cada sesión de valoración [$k = 4$] ± desviación estándar) de la muestra de estudio para cada prueba de valoración. Así mismo, los estadísticos para la fiabilidad absoluta de las pruebas MSR y BSSR están expuestos en dicha tabla. Únicamente la prueba de valoración BSSR obtuvo un CV menor del 5%. Igualmente, la prueba BSSR obtuvo un ICC más elevado que la prueba MSR (0,97 y 0,84, respectivamente). La prueba estadística Bonferroni post hoc no informó de *systematic bias* ($p > 0,05$) entre sesiones pareadas consecutivas para MSR y BSSR.

En la tabla 2 están expuestos los valores de referencia (media entre sesiones de valoración [$k = 4$]) y los intervalos de referencia al 68 y 95% de probabilidad asociados con lo que podría representar un cambio real más allá del error aleatorio (variación técnica y/o biológica).

Tabla 2 Valores de referencia e intervalos de referencia del 68 y del 95% asociados con lo que podría ser considerado un cambio real en la flexibilidad isquiosural

	Valor de referencia	Intervalos de referencia del 68%		Intervalos de referencia del 95%	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
MSR (cm)	34,55 ± 8,49	29,62	39,48	24,75	44,35
BSSR (cm)	43,13 ± 8,20	41,30	44,96	38,98	47,28

MSR: sit and reach modificado; BSSR: back saber sit and reach.

Discusión

La fiabilidad absoluta es un componente esencial para justificar el uso de técnicas de valoración de la condición física en el campo de las ciencias del deporte⁴³. En este sentido, las pruebas de valoración MSR y BSSR son frecuentemente empleadas como tests clínicos y de campo para la estimación de la flexibilidad isquiosural. Sin embargo, no se han encontrado estudios científicos que analicen la fiabilidad absoluta intersesión de las pruebas de valoración MSR y BSSR, quedando entonces su utilidad en tela de juicio. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar la fiabilidad absoluta de las pruebas MSR y BSSR en jugadores de fútbol sala.

Una variabilidad menor del 10% para una herramienta de medida ha sido considerada como «aceptable» por la literatura científica^{32-34,44}. En este sentido, el análisis de la fiabilidad absoluta llevado a cabo en este estudio informó de bajos valores de variabilidad intrasujetos expresados como coeficientes de variación para la prueba BSSR (3,47%), no siendo así para la prueba MSR (10,25%), después de 4 sesiones de medida (con un intervalo de dos semanas entre sesiones consecutivas). Una posible explicación al hecho de que la prueba MSR mostrase un mayor CV respecto a la prueba BSSR podría residir en la mayor complejidad del procedimiento de administración de dicha prueba y/o a la posición de la pierna no evaluada en la prueba BSSR.

El resultado final de la prueba MSR es la combinación de dos posiciones distintas, lo que podría aumentar el número de variables que intervienen en el proceso, y con ello la variabilidad técnica. Dada la mayor complejidad del proceso metodológico de la prueba MSR, quizás el uso de 2 o más sesiones de familiarización podría reducir la variabilidad observada, y con ello justificar su uso como herramienta de estimación de la flexibilidad isquiosural.

Liemohn et al²¹ sugieren que al flexionar la pierna no evaluada durante la prueba BSSR se produce una retroversión de la pelvis que podría reducir el momento de inercia durante la máxima flexión de tronco. Además, Hui y Yuen²² consideran que la implicación de los abductores y del glúteo mayor de la pierna flexionada en la prueba BSSR podría limitar el movimiento de flexión de tronco. Por tanto, la flexión de 135° de la pierna no evaluada durante la prueba BSSR limita la influencia de la flexión vertebral en el resultado final, maximizando el movimiento de la pelvis³⁰, pudiendo con ello reducir la variabilidad de la medida.

Los resultados sobre la fiabilidad absoluta de las pruebas de valoración MSR y BSSR derivados de este estudio proporcionan una información muy útil para clínicos y demás miembros del ámbito físico-deportivo, pues permite la toma de decisiones justificada sobre si se ha producido un «cambio real» entre sesiones de valoración tras la aplicación de un tratamiento (p. ej., la aplicación de un programa de estiramientos para la mejora de la flexibilidad isquiosural) o si, por el contrario, el cambio observado es simplemente producto del error típico de la medida. Así, los valores superiores e inferiores aportados en este estudio podrían ser adecuados para indicar que se ha producido un cambio real.

Por otro lado, Hopkins³³ sugiere que un umbral en torno a 1,5-2 veces la magnitud del error típico podría también ser apropiado para indicar que se ha producido un cambio real en los niveles previos. Si se emplea la opción más conservadora como umbral (2 veces el error típico), un cambio

en la flexibilidad isquiosural mayor de 20,50% (MSR) y 6,94% (BSSR) tras la realización de un programa de intervención podría indicar que se ha producido un probable cambio real.

La comparación de los resultados obtenidos en este estudio con los observados en otras investigaciones no fue posible porque, desde nuestro conocimiento, el actual estudio es el primero que analiza la fiabilidad absoluta empleando métodos estadísticos actuales, como el propuesto por Hopkins³³.

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 Hopkins³², al final 30 participantes completaron el estudio, todos ellos homogéneos en edad y nivel de condición física, pudiendo con ello limitar levemente la validez externa de los resultados. Así mismo, los resultados obtenidos en este estudio no deberían ser extrapolados a otros deportes con características diferentes al fútbol sala. En este sentido, la especificidad de cada deporte en cuanto a sus gestos técnicos, posiciones corporales, métodos de entrenamiento y capacidades físicas relacionadas con el rendimiento deportivo podría generar adaptaciones musculoesqueléticas específicas en sus practicantes⁴⁵⁻⁴⁷. Por ejemplo, Osternig et al⁴⁷ encontraron que los practicantes de deportes de resistencia generaban una mayor actividad electromiográfica en los músculos isquiosurales ($p < 0,05$) durante la maniobra de extensión de rodilla con cadera flexionada a 90° en comparación con sus homónimos sedentarios. Además, Pastor⁴⁶, al analizar el morfotipo raquídeo de nadadores prepuberales, observó valores elevados de movilidad de la columna lumbar y torácica (hipercifosis dorsal) en el momento de máxima flexión de tronco. Todo ello —unido al hecho de que las pruebas *sit and reach* son consideradas tests activos de estimación de la musculatura isquiosural en donde el resultado final va a depender: a) del nivel de coordinación intermuscular (isquios-cuádriceps) del sujeto evaluado, b) de la capacidad de tolerar el estiramiento, así como c) de su movilidad toracolumbar— justificaría la necesidad de realizar análisis de la fiabilidad absoluta de las pruebas *sit and reach* específicos para cada modalidad deportiva.

Futuras investigaciones deberían considerar el empleo de un mayor número de participantes, distintas muestras objeto de estudio, así como un mayor número de sesiones de evaluación para aumentar la evidencia científica respecto a la utilidad de las pruebas MSR y BSSR para la estimación de la flexibilidad isquiosural.

Por lo tanto, el actual estudio sugiere que la prueba BSSR presenta una fiabilidad absoluta aceptable ($CV < 10\%$), no siendo así para la prueba MSR ($CV > 10\%$), en jugadores de fútbol sala. Además, los resultados también proporcionan importante información sobre el umbral de fiabilidad para cada una de las pruebas, lo cual puede servir como guía para justificar si un cambio observado entre sesiones de valoración es real o simplemente un producto del error típico de la medida.

Financiación

Este trabajo se ha realizado con la ayuda concedida por la Fundación Séneca, en el marco del PCTRM 2007-

2010, con financiación del INFO y del FEDER de hasta un 80%.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Davis DS, Ashby PE, McCale KL, McQuain JA, Wine JM. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *J Strength Cond Res.* 2005;19:27–32.
- Sainz de Baranda P, Ferrer P, Santonja F, Rodríguez PL, Andujar P. *En: Actas del II Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad. Morfotipo del futbolista profesional.* 2001. p. 293–5.
- Santonja F, Martínez I. Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En: Santonja F, Martínez I, editors. *Valoración médico deportiva del escolar.* Murcia: Universidad de Murcia; 1992. p. 245–58.
- 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.
- 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 TW, Burke DG. Modifications to the standard Sit-and-Reach flexibility protocol. *J Athle Train.* 1999;34:43–7.
- López PA, Sáinz 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.
- 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.
- Hoeger WW, Hopkins DR. A comparison of the sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Res Q Exerc Sport.* 1992;63:191–5.
- Liemohn W, Sharpe GL, Wasserman JF. Criterion related validity of the sit-and-reach test. *J Strength Cond Res.* 1994;8:91–4.
- 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.
- Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33:159–74.
- Castro-Piñero J, Chillon 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 Suppl 5:P320.
- 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.
- 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.
- Lemmink K, Kemper H, de Greef M, Rispens 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). news-tats.org/xlCC.xls. 2009.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30:1–15.
- 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.
- López-Miñarro PA, Andújar PS, Rodríguez-García PL. A comparison of the sit-and-reach test and back-saver sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med.* 2009;8:116–22.
- Dixon J, Keating JL. Variability in straight leg raise measurements. *Physiotherapy.* 2000;86:361–70.
- American College of Sports Medicine. Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:992–1008.
- 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.

41. Cooper Institute for Aerobics Research. *The Prudential Fitnessgram: Test administration manual*. 3rd ed Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
42. Schabert EJ, Hopkins WG, Hawley JA. Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *Int J Sports Med*. 1998;19:48–51.
43. Peeler JD, Anderson JE. Reliability limits of the modified Thomas test for assessing rectus femoris muscle flexibility about the knee joint. *J Athl Training*. 2008;43:470–6.
44. Vincent J. *Statistics in kinesiology*. Champaign (IL): Human Kinetics Books; 1994.
45. Chandler TJ, Kibler WB, Uhl TL, Kiser A, Stone E. Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *Am J Sports Med*. 1990;18:134–6.
46. Pastor A. Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite españoles. [PhD dissertation.] Murcia: Universidad de Murcia; 2000.
47. Osternig L, Robertson R, Troxel R, Hansen P. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation stretch techniques. *Med Sci Sports Exerc*. 1989;22:106–11.