



## Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2012;5(2):53-62

www.elsevier.es/ramd



### Revisión

## Fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach*: revisión sistemática

F. Ayala<sup>a</sup>, P. Sainz de Baranda<sup>b</sup>, M. de Ste Croix<sup>c</sup> y F. Santonja<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España.

<sup>b</sup>Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha. España.

<sup>c</sup>Faculty of Sports, Health and Social Care. University of Gloucestershire. Gloucester. United Kingdom.

<sup>d</sup>Departamento de Fisioterapia. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Murcia. España.

#### Historia del artículo:

Recibido el 1 de febrero de 2012

Aceptado el 18 de marzo de 2012

#### Palabras clave:

Sit and reach.

Flexibilidad.

Musculatura isquiosural.

Fiabilidad.

Validez.

### RESUMEN

Las pruebas de valoración "dedos planta" o *sit-and-reach*, son las que con mayor frecuencia, clínicos, entrenadores y preparadores físico-deportivos emplean para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Son varias las pruebas *sit-and-reach* descritas en la literatura científica, entre las que se destacan: a) el clásico *sit-and-reach* test, b) el V "sit-and-reach" test, c) el *back-saver sit-and-reach* test, d) el "modificado *sit-and-reach* test" y e) el *toe-touch* test. Existen ciertas diferencias entre ellas con respecto a la posición del sujeto (unilateral o bilateral, sedentación o bipedestación, posición de la pelvis) y el equipamiento necesario (evaluado con o sin cajón de medición, ejecutado en una camilla, banco o suelo). La elección de uno u otro test va a estar en función de: a) la funcionalidad de su metodología de evaluación; b) de su fiabilidad absoluta y relativa (intra- e interexaminador) así como c) de su validez para la estimación de la flexibilidad isquiosural. Todo este conocimiento permitirá a clínicos, entrenadores y profesionales del mundo de la actividad física disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué prueba de valoración *sit-and-reach* utilizar para categorizar a sus deportistas-pacientes (estudio de la validez) y/o monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados (estudio de la fiabilidad absoluta y relativa) para el mantenimiento o mejora de la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Los objetivos de esta revisión bibliográfica son analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach* para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural y lumbar.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### Reliability and validity of sit-and-reach tests: systematic review

The sit-and-reach tests are widely used for clinicians, coaches and sport scientist to estimate hamstring flexibility. Several sit-and-reach tests have been reported in the scientific literature, such as: a) classic sit-and-reach test, b) V sit-and-reach test, c) back-saver sit-and-reach test, d) modified sit-and-reach test and e) toe-touch test. There are some differences regarding the subject position (uni- or bilateral, sitting or standing, hip position) and the equipment used (measuring with or without a box, executed on the table or floor) among sit-and-reach tests. The choice of either test will be based on: a) the functionality of assessing methodology; b) the relative and absolute reliability (intra and inter tester); as well as c) the validity for estimating hamstring flexibility. This knowledge will allow clinicians, coaches and physical conditioning trainer to select an appropriate sit-and-reach test to categorize their athletes-patients (validity study) and to monitor the efficacy of the treatment performed (relative and absolute reliability study) for maintenance or improvement hamstring muscle flexibility. The main purposes of this systematic review are to analyze and compare the reliability and validity of sit and reach tests for estimating hamstring and low back flexibility.

© 2012 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

Un elemento destacable dentro del desarrollo de las actividades físicas y en el ámbito de la clínica es la puesta en práctica de una serie de pruebas que ofrezcan una valoración cuantitativa válida, fiable y reproducible de la flexibilidad de la musculatura isquiosural de un sujeto. Esta información es esencial para la puesta en práctica de programas específicos de trabajo o su modulación en función de la situación de partida<sup>1,2</sup>.

La exploración clínica de la extensibilidad de la musculatura isquiosural ha sido origen de controversia, por las diferentes maniobras utilizadas y por el establecimiento de los límites entre la normalidad y el grado de cortedad<sup>3</sup>. Las pruebas de valoración basadas en medidas longitudinales, comúnmente conocidas como pruebas “distancia dedos planta” o “sit-and-reach” (SR), son las que con mayor frecuencia, clínicos, entrenadores y preparadores físico-deportivos emplean para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural y de la espalda baja<sup>4,5</sup>. De hecho, estas pruebas han sido incluidas en numerosas baterías de tests de valoración de la condición física<sup>6-10</sup>. La razón principal de su gran popularidad reside en la sencillez y rapidez de su proceso de administración, pues consisten en la medición de la distancia existente entre la punta de los dedos de la mano y el suelo o la tangente a la planta de los pies al realizar la máxima flexión del tronco activa con rodillas extendidas.

Son varias las pruebas SR descritas en la literatura científica, siendo las más populares: a) el clásico “sit-and-reach” test<sup>11</sup> (CSR) (fig. 1), b) el V “sit-and-reach” test<sup>8</sup> (VSR) (fig. 2), c) el *back-saver* “sit-and-reach” test<sup>12</sup> (BSSR) (fig. 3), d) el modificado “sit-and-reach” test<sup>13</sup> (MSR) (fig. 4); y e) el “toe touch” test<sup>14</sup> (TT) (fig. 5). Aunque todos implican un movimiento global de flexión de tronco, existen ciertas diferencias entre ellos con respecto a la posición del sujeto (unilateral o bilateral, sedentación o bipedestación, posición de la pelvis) y el equipamiento necesario (evaluado con o sin cajón de medición, ejecutado en una camilla, banco o suelo)<sup>5</sup>. Estas diferencias en cuanto a su proceso de evaluación confieren a cada una de estas pruebas de valoración una serie de ventajas e inconvenientes. Esta especificidad metodológica, unida al análisis de la validez, fiabilidad y reproducibilidad de los distintos protocolos SR, puede repercutir en la decisión final de elección de uno u otro protocolo por parte de clínicos, entrenadores y preparadores físico-deportivos.

Por lo tanto, los objetivos principales de esta revisión sistemática fueron: analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach* para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural y musculatura lumbar.

## Análisis de la fiabilidad y validez de las pruebas de valoración *sit-and-reach*

Para la realización de esta revisión sistemática fueron seleccionados 38 ensayos científicos con diseños pre-test y post-test, así como ensayos con diseños correlacionales, cuyo objetivo fue analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas de valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiosural.

La localización de artículos se realizó en las bases de datos informatizadas *online* más importantes en el ámbito de las áreas de la Salud y de la Educación Física, empleando como palabras clave: *sit-and-reach test*, *hamstring flexibility*, *validity*, *reliability*, *reproducibility*, *pre-test* y *post-test*, *low back flexibility* (tabla 1).

La expresión *sit-and-reach test* fue siempre utilizada como criterio de búsqueda, de tal forma que, en las diversas exploraciones bibliográficas

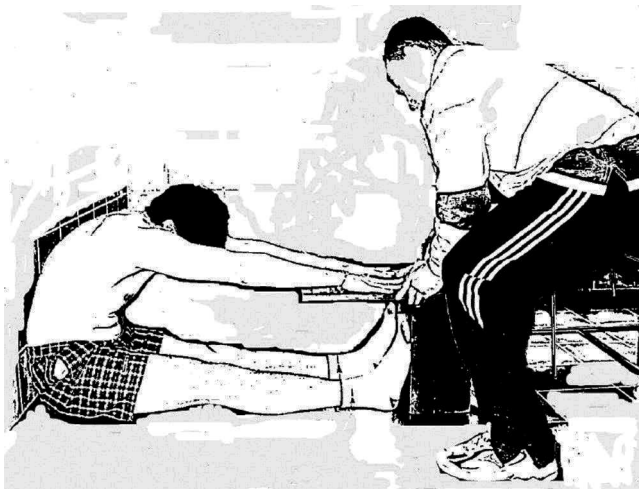


Fig. 1. Clásico *sit-and-reach* test (CSR).

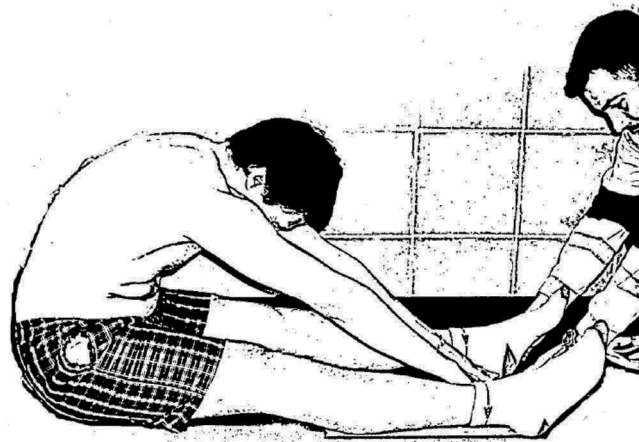


Fig. 2. V *sit and reach* test (VSR).



Fig. 3. *Back-saver sit-and-reach* test (BSSR).

efectuadas, el término *sit-and-reach test* siempre estuvo presente en uno de los campos de búsqueda, quedando el resto de campos subordinados con la preposición “and” y completados por una de las palabras clave anteriormente expuestas. No fue aplicada limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en septiembre de 2010.

Como criterios de inclusión de obligado cumplimiento se establecieron: a) artículos con enlace a texto completo (gratuito y bajo suscrip-



Fig. 4. Modificado *sit and reach test* (MSR) (posición inicial izquierda; posición final derecha).



Fig. 5. *Toe touch test* (TT).

Tabla 1

Bases de datos y estrategias de búsqueda utilizadas

Base de datos	Estrategias de búsqueda
PubMed	- Sit-and-reach tests
SportsDiscus	- Hamstring flexibility
OVID	- Validity
Cochrane Library	- Low back flexibility
	- Reliability
	- Reproducibility
	- Pre-test y post-test
	- Within-subjects variation

ción); b) artículos que incluyeran en el título los descriptores *hamstring*, *sit and reach*, *flexibility*, *reliability* y/o *validity*; c) artículos originales, comunicaciones cortas y resúmenes; d) estudios en hombres y mujeres de todo rango de edad y condición física; e) ensayos clínicos controlados; y f) estudios en idioma inglés o español.

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios no controlados; b) redactados en idioma distinto al inglés o español; c) cuyos procedimientos exploratorios no estuviesen perfectamente descritos; y d) en los que los instrumentos de medida de la flexibilidad no fuesen habituales del ámbito clínico y deportivo (por ejemplo análisis cinemático, dispositivos isocinéticos).

#### Fiabilidad de las pruebas de valoración sit-and-reach

El concepto de fiabilidad hace referencia a la consistencia o repetibilidad de una medida, esto es, si la aplicación del instrumento de evaluación reporta consistentemente los mismos resultados bajo las mismas condiciones. En este sentido, la evaluación más precisa de la fiabilidad de un instrumento o procedimiento de valoración se determina al realizar diferentes tests en cortos (consistencia interna o fiabilidad relativa) y moderados (estabilidad o fiabilidad absoluta) periodos de tiempo, empleando el clásico diseño test-retest<sup>15</sup>.

La fiabilidad de una medida puede verse afectada por ciertos factores, tales como: a) la complejidad del movimiento evaluado (sesgo de aprendizaje); b) si la valoración es llevada a cabo por el mismo examinador (fiabilidad intraexaminador) o por diferentes examinadores (fiabilidad interexaminadores); c) los factores ambientales como temperatura y momento del día; d) la realización o no de calentamiento previo; e) e incluso por las características propias de la población a la que va dirigida (escolares, adultos jóvenes sanos, personas con enfermedades)<sup>1</sup>.

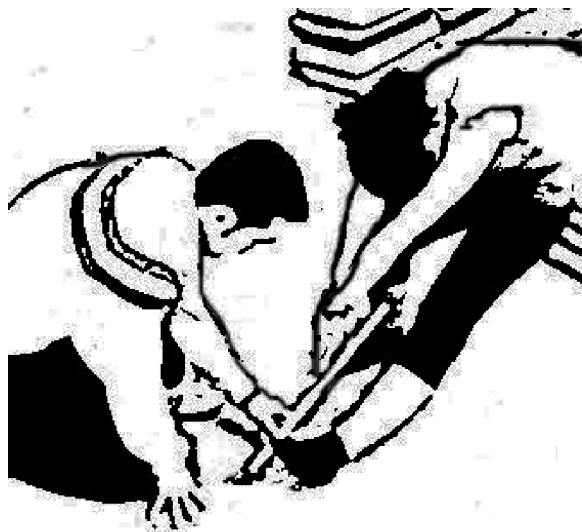
Las pruebas de valoración SR han demostrado poseer de forma generalizada una elevada fiabilidad relativa intraexaminador, medida a través del índice de correlación intraclase (ICC), con valores en torno a 0,89-0,99 independientemente del sexo y del protocolo utilizado (tabla 2). En este sentido, cabe destacar que los protocolos SR más analizados con relación a su fiabilidad relativa intraexaminador han sido el CSR<sup>16-23</sup> y el BSSR<sup>18-22,24</sup>, quedando en un segundo plano el MSR. VSR<sup>18,19</sup> y TT<sup>25,26</sup> y prácticamente inéditos son los estudios que analizan la fiabilidad relativa intraexaminador del *chair sit and reach test* (ChSRT) (fig. 6)<sup>20</sup> y modificado BSSR (MBSSR) (fig. 7)<sup>19</sup>.

Además, las poblaciones más estudiadas han sido escolares<sup>17,24</sup> y de adultos jóvenes sanos<sup>16,18,19,21,22</sup>, siendo muy limitados los estudios que

**Tabla 2**Estudios científicos que analizan la fiabilidad relativa de los protocolos *sit-and-reach* a través del índice de correlación intraclase

Referencia	Prueba <i>sit and reach</i>	Intraexaminador	
		Hombres	Mujeres
Jackson & Baker <sup>17</sup> M (n = 100) Edad escolar	SRT	-	0,99
Gauvin et al. <sup>25</sup> H (n = 47) M (n = 26) Adultos con patología lumbar	TT	0,98	0,95
Liemohn et al. <sup>21</sup> H (n = 20) M (n = 20) Adultos jóvenes	SRT BSSR	0,97 0,97	0,97 0,97
Patterson et al. <sup>24</sup> H (n = 42) M (n = 46) Edad escolar	BSSR	0,99	0,99
Jones et al. <sup>20</sup> H (n = 32) M (n = 48) Adultos mayores	CHSR SRT BSSR	0,92	0,96
Hui et al. <sup>18</sup> H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	BSSR SRT VSR MSR	0,98 0,98 0,96 0,97	0,97 0,96 0,89 0,91
Hui & Yuen <sup>19</sup> H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	SRT MBSSR BSSR VSR	0,98 0,97 0,98 0,96	0,96 0,91 0,97 0,89
Perret et al. <sup>26</sup> H (n = 4) M (n = 6) Adultos con patología lumbar	TT	0,99	0,89
Perry et al. <sup>23</sup> H (n = 23) M (n = 10) Adolescentes alto nivel tenis	SRT	0,91	
Davis et al. <sup>16</sup> H (n = 42) M (n = 39) Adultos jóvenes	SRT	0,94	
López-Miñarro et al. <sup>22</sup> H (n = 76) M (n = 67) Adultos jóvenes	SRT BSSR	0,97 0,97	0,98 0,97
Bozic et al. <sup>27</sup> H (n = 84) Adultos físicamente activos	SRT	0,98	-

H: hombre; M: mujer; SRT: *sit-and-reach* test; VSR: V *sit-and-reach* test; BSSR: *back-saver sit -and-reach* test; MSR: modificado *sit-and-reach* test; TT: *toe touch* test; MBSSR: modificado *back-save sit-and-reach* test

**Fig. 6.** Chair sit and reach test (ChSR).

emplean adultos de edad avanzada<sup>20</sup>, personas físicamente activas o deportistas<sup>27</sup> y sujetos con dolencias en la columna<sup>25,26</sup>.

Con relación a la fiabilidad relativa interexaminador, son muy reducidos los estudios que la han examinado<sup>25,26,28</sup>. Así Gauvin, Riddle y Roths-tein<sup>25</sup> y Perret et al.<sup>26</sup> observaron una fiabilidad relativa interexaminador de 0,95 y 0,99 para el TT respectivamente, en sujetos con dolencia lumbar. Por su parte, Gabbe et al.<sup>28</sup> informaron de valores de fiabilidad relativa interexaminador de 0,97 para el CSR en adultos jóvenes asintomáticos.

A pesar de los limitados estudios científicos existentes relacionados con el análisis de la fiabilidad relativa intra- e interexaminador, los diversos protocolos SR parecen poseer una elevada fiabilidad relativa en sus resultados cuando se emplean en escolares y adultos jóvenes sanos, independientemente del sexo. Esto sea debido, quizás, a su carácter activo y a la sencillez de su proceso de administración.

El análisis de la fiabilidad absoluta, definida como la variabilidad de la medida durante periodos prolongados de tiempo (más de un día de intervalo entre test y retest)<sup>29</sup>, puede ser considerado como el tipo de análisis de fiabilidad más importante para entrenadores, clínicos y



Fig. 7. Modificado *back-saver sit-and-reach test* (MBSSR).

profesionales del ámbito de la actividad física porque informa de la precisión en la estimación del cambio de la variable evaluada en los distintos controles efectuados a lo largo del tiempo<sup>30</sup>. En este sentido, la fiabilidad absoluta informa de la variación media producida en una variable tras la aplicación de un programa de intervención libre del error de la medida<sup>1</sup>. Así, conocer la magnitud del error de la medida de las pruebas SR nos permitirá identificar a partir de qué intervalo de valores podríamos considerar que la eficacia de un programa de intervención (ejemplo, un programa de estiramientos para la musculatura isquiosural) se debe a un error de la medida o si, por el contrario, refleja un cambio real en la variable evaluada (distancia alcanzada en las pruebas SR)<sup>1,30</sup>.

Sorprendentemente, muy pocos estudios científicos han afrontado el estudio de la fiabilidad absoluta de las diferentes pruebas de valoración SR para monitorizar cambios reales en la flexibilidad isquiosural libres de error de la medida<sup>27,28</sup>. En este sentido, Bozic et al.<sup>27</sup> mostraron una fiabilidad absoluta expresada a través del coeficiente de variación (probabilidad del 68%) del 6,7% (95% intervalo de confianza = 5,8-8,0%) en los resultados obtenidos en el CSR tras dos sesiones de evaluación (separadas entre sí por una semana) en adultos jóvenes físicamente activos (n = 84). Por su parte, Gabbe et al.<sup>28</sup> informaron de variaciones en los resultados obtenidos en el CSR en torno a 1 cm (calculado a través del estándar error de la medida)<sup>1</sup> entre dos sesiones de exploración en adultos jóvenes. Dada la escasez de estudios científicos, parece clara la necesidad de abordar con urgencia el estudio de la fiabilidad absoluta de las principales pruebas de valoración *sit-and-reach* para dotar a entrenadores y clínicos de herramientas útiles para detectar cambios reales en el nivel de flexibilidad isquiosural.

#### **Validez de las pruebas de valoración *sit-and-reach* para estimar la flexibilidad isquiosural y de la musculatura lumbar**

La validez de un instrumento de medida podría ser definida como el grado de exactitud con el que un dispositivo mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado con el que cumple su objetivo<sup>15</sup>. Al igual que la fiabilidad, la validez de un instrumento puede verse comprometida por las características individuales de la población a la

que vaya dirigido. Así, fiabilidad y validez no son características que deban ir inevitablemente ligadas, pues un instrumento de evaluación puede ser muy fiable y consistente en su medida, y sin embargo no medir aquello que se propone.

Por ello, unido al análisis de la fiabilidad de la medida de los diversos protocolos SR, es preciso realizar un estudio minucioso de la validez de sus resultados para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural y de la espalda baja. En este sentido son numerosos los estudios que han analizado o comparado la validez de los diferentes protocolos SR (distancia alcanzada) para estimar la flexibilidad lumbar e isquiosural medida a través de un test angular (tabla 3). Los test angulares más utilizados como posibles criterios de referencia de la flexibilidad isquiosural y lumbar han sido el test pasivo de elevación de la pierna recta (PEPR) (fig. 8) (test criterio flexibilidad isquiosural) y test MacRae y Wright (test criterio flexibilidad lumbar). Los tests angulares anteriormente expuestos, aun no siendo pruebas *gold standard*, son ampliamente utilizados en el ámbito clínico y científico como criterios de referencia de la flexibilidad isquiosural y lumbar debido principalmente a que su procedimiento exploratorio únicamente implica el movimiento de una articulación, en comparación con las pruebas SR que suponen un movimiento global activo de todo el cuerpo.

Los resultados de los diversos estudios científicos a este respecto muestran como, de forma generalizada, los protocolos SR poseen una moderada validez para estimar la flexibilidad isquiosural, no siendo así para la estimación de la flexibilidad de la musculatura lumbar (tabla 3), todo ello en diferentes poblaciones: escolares<sup>17,24,31-35</sup>, adultos jóvenes<sup>16,18,19,21,22,26,36-40</sup>, adultos físicamente activos-deportistas<sup>39,41</sup> y adultos de edad avanzada<sup>20,40,42</sup>.

En un intento de identificar qué prueba SR podría ser más apropiada para estimar la flexibilidad isquiosural y de la musculatura lumbar, Hui et al.<sup>8</sup> y Hui y Yuen<sup>19</sup> analizaron y compararon la validez de los protocolos SR más populares en el ámbito clínico (CSR, BSSR, VSR y MBSSR) en adultos jóvenes. Estos autores observaron que todos los protocolos SR analizados presentaban valores moderados de validez para estimar la flexibilidad isquiosural, y una pobre correlación para la flexibilidad de la musculatura lumbar. Además, al comparar los diversos protocolos SR observaron que el VSR presentaba los valores de correlación más altos (aunque no significativos) para estimar la flexibilidad isquiosural y lumbar tanto en hombres como en mujeres; con ello instan a los clínicos a que lo empleen, alegando razones de validez y del escaso material requerido para su puesta en práctica.

Los resultados obtenidos por Hui et al.<sup>18</sup> y Hui y Yuen<sup>19</sup> no fueron en parte ratificados posteriormente por López-Miñarro et al.<sup>34</sup> con la misma población objeto de estudio, pero diferente diseño al analizar y comparar el CSR y el VSR. Así, López-Miñarro et al.<sup>34</sup> informaron de que ambos protocolos presentaban moderados valores de validez para medir la flexibilidad isquiosural, sin embargo, aunque no significativos, los valores de correlación del CSR fueron ligeramente superiores a los del VSR para hombres y mujeres.

Por su parte, Rodríguez-García et al.<sup>41</sup> analizaron y compararon la validez del CSR y del TT para estimar la flexibilidad isquiosural en sujetos adultos jóvenes físicamente activos. Este estudio concluyó que el TT es una alternativa válida para el CSR como estimación de la flexibilidad isquiosural, con valores de correlación ligeramente superiores. Esta conclusión no concuerda con estudios previos<sup>2,43</sup> aunque fue posteriormente ratificada por López et al.<sup>39</sup> con practicantes de kayak y canoa en edad escolar. Quizás una posible explicación a los mayores niveles de correlación mostrados por el TT en comparación al CSR pueda radicar en que: a) al realizar el TT el tronco sobrepasa la horizontal gracias a un movi-



**Tabla 3**

Estudios científicos que analizan la validez de las pruebas de valoración sit-and-reach para estimar la flexibilidad isquiosural

Referencia	Test criterio	Test que se valida	Flexibilidad isquiosural		Flexibilidad lumbar	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Jackson & Baker <sup>17</sup> M (n = 100) Edad escolar	PEPR M & W	SRT	-	0,64**	-	0,28**
Liemohn et al. <sup>21</sup> H (n = 20) M (n = 20) Adultos jóvenes	PEPR	SRT BSSR	0,72** 0,76**	0,70** 0,70**	0,29 0,32	0,40 0,38
Cornbleet & Woolsey <sup>32</sup> H (n = 199) M (n = 211) Edad escolar	HJA	SRT	0,76**	-	-	-
Patterson et al. <sup>24</sup> H (n = 42) M (n = 46) Edad escolar	PEPR M & W	BSSR	0,72**	0,52**	0,15	0,25
Ferrer <sup>43</sup> N = 122 Edad escolar	PEPR PKE	SRT TT	0,86** 0,71** 0,85** 0,71**	- - - -	- - - -	- - - -
Jones et al. <sup>20</sup> H (n = 32) M (n = 48) Adultos mayores	PEPR	CHSR SRT BSSR	0,76** 0,74** 0,70**	0,81** 0,71** 0,71**	- - -	- - -
Chung & Yuen <sup>37</sup> H (n = 52) Adultos jóvenes	PEPR M & W	SRT YMCA SRT MSR	0,71** 0,64** 0,77**	- - -	0,47* - -	- - -
Hui et al. <sup>18</sup> H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	PEPR M & W	BSSR SRT VSR MSR	0,44** 0,48** 0,63** 0,45**	0,39 0,53** 0,52** 0,47**	0,24 0,27* 0,42** 0,24	0,18 0,15 0,24* 0,22*
Hui & Yuen <sup>19</sup> H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	PEPR M & W	SRT MBSSR BSSR VSR	0,47** 0,45** 0,45** 0,63**	0,53** 0,47** 0,50** 0,52**	0,27* 0,24 0,27* 0,42**	0,24* 0,21* 0,18 0,24*
Perret et al. <sup>26</sup> H (n = 4) M (n = 6) Adultos con patología lumbar	Radiografía	TT	-0,96**	-	-	-
Hartman & Looney <sup>33</sup> H (n = 87) M (n = 92) Edad escolar	PEPR M. Schober AKE True Flexion	SRT M. Schober AKE BSSR	0,66** 0,67** 0,40* 0,47*	0,49* 0,48* 0,54* 0,57*	0,05 0,07 0,29 0,28	-0,7 -0,6 0,16 0,10

(Continúa)

miento de flexión de la pelvis, con lo que se logra mayor alcance con menor flexión vertebral<sup>44</sup> y b) en el TT hay menor limitación de movimiento de la pelvis al no estar apoyada en el suelo y además el papel de la fuerza de la gravedad es mayor<sup>21</sup>. No obstante, ningún estudio ha establecido si dichas teorías se confirman experimentalmente. Sin embargo, Cornbleet y Woolsey<sup>32</sup> consideran que la posición de sedentación adoptada en el CSR permite un mejor control de la rodilla y la pelvis, y aconsejan su empleo sobre el TT. Por otro lado, Sainz de Baranda, Rodríguez. Santonja y Andújar<sup>45</sup> sugieren el uso del TT en las exploraciones clínicas debido a que los movimientos de flexión de tronco en bipedestación son gestos muy realizados, sobre todo en actividades de la vida diaria así como en muchos gestos deportivos.

Por otro lado, López-Miñarro et al.<sup>35</sup> al analizar y comparar la validez del MBSSR. CSR y BSSR en adultos jóvenes establecieron que: a) todos ellos presentaban valores de correlación similares con respecto al PEPR, b) consideran más apropiado el empleo del MBSSR porque permite una valoración unilateral de la flexibilidad isquiosural sin la necesidad de adoptar posiciones excesivamente incómodas y su validez es ligeramente mayor a la del resto de los protocolos analizados.

### Limitaciones aportadas por la literatura científica sobre los protocolos sit-and-reach

#### Protagonismo de los diferentes protocolos sit-and-reach en a literatura científica

Son numerosos los estudios científicos que han analizado el criterio de validez y fiabilidad de los diferentes protocolos SR para estimar la flexibilidad isquiosural. La mayor parte de estos estudios se han centrado en el análisis de la validez de los protocolos CSR<sup>16-22,31-39,42</sup>, BSSR<sup>18-22,24,33,35,36,46</sup> y MSR<sup>18,19,31,37,42</sup>; son menos numerosos los estudios que evalúan la validez del VSR<sup>18,19,43</sup>, MBSSR<sup>19,35,46</sup>, ChSR<sup>20,36</sup> y TT<sup>26,39,41</sup>.

#### Test criterio de la flexibilidad isquiosural

El test pasivo de elevación de la pierna recta unilateral ha sido el criterio de referencia de la flexibilidad isquiosural más empleado por los diversos estudios científicos para analizar la validez de los diferentes protoco-

**Tabla 3**

Estudios científicos que analizan la validez de las pruebas de valoración sit-and-reach para estimar la flexibilidad isquiosural (Cont.)

Referencia	Test criterio	Test que se valida	Flexibilidad isquiosural		Flexibilidad lumbar	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
<b>Población</b>						
Baltaci et al. <sup>36</sup> M (n = 102) Adultos jóvenes	PEPR	SRT CHSR	–	0,53** 0,16	–	–
Lemmink et al. <sup>42</sup> H (n = 76) M (n = 67) Adultos mayores	PEPR M & W	SRT MSR	0,74* 0,54*	0,57* 0,57*	0,13 0,21	0,31* 0,26*
Davis et al. <sup>16</sup> H (n = 42) M (n = 39) Adultos jóvenes	PEPR PKE	SRT	0,42** 0,28** 0,41**	–	–	–
López-Miñarro et al. <sup>35</sup> H (n = 120) M (n = 100) Adultos jóvenes	PEPR	MBSSR SRT BSSR	0,58** 0,50** 0,59**	0,75** 0,68** 0,74**	–	–
López-Miñarro et al. <sup>34</sup> H (n = 102) M (n = 96) Adultos jóvenes	PEPR	SRT VSR	0,59** 0,55**	0,74** 0,65**	–	–
López et al. <sup>38</sup> H (n = 44) M (n = 22) Kayak y Canoa en edad escolar	PEPR	SRT TT	0,66** 0,73**	0,85** 0,81**	–	–
Rodríguez-García et al. <sup>41</sup> H (n = 125) M (n = 118) Deportistas	PEPR	SRT TT	0,59** 0,62**	0,74** 0,75**	–	–
Castro-Piñero et al. <sup>31</sup> H <sup>1</sup> (n = 29) H <sup>2</sup> (n = 16) M <sup>1</sup> (n = 27) M <sup>2</sup> (n = 15) <sup>1</sup> Edad escolar (6-12 años) <sup>2</sup> Edad escolar (13-17 años)	PEPR	SRT MSR	<sup>1</sup> 0,37** <sup>1</sup> 0,33** <sup>2</sup> 0,37* <sup>2</sup> 0,25	–	–	–
López-Miñarro et al. <sup>22</sup> H (n = 76) M (n = 67) Adultos jóvenes	PEPR	SRT BSSR	0,59** 0,51**	0,76** 0,66**	–	–

H: hombre; M: mujer; PEPR: test pasivo de elevación de la pierna recta; M & W: MacRae & Wright; PKE: *passive knee extension test*; AKE: *active knee extension test*; HJA: *hip joint angle test*; SRT: *sit-and-reach test*; VSR: *V sit-and-reach test*; BSSR: *back-saver sit-and-reach test*; MSR: *modificado sit-and-reach test*; TT: *toe touch test*; MBSSR: *modificado back-save sit and reach test*; \*: p < 0,05; \*\* p < 0,01.

**Fig. 8.** Test pasivo de elevación de la pierna recta (PEPR).

los SR. Variables relativas al proceso de aplicación del test PERP, como la posición y estabilidad de la pelvis<sup>47,48</sup>, unidas a la posición del tobillo (flexión dorsal o flexión plantar)<sup>49-51</sup>, podrían afectar al resultado final obtenido y, con ello, a su correlación con respecto a los protocolos SR.

Probablemente la ausencia de control de estas variables (pelvis y tobillo) durante la maniobra del test PEPR podría explicar la gran variabilidad en los resultados obtenidos por los diferentes autores que emplean

el mismo protocolo SR sobre la misma población. Son escasos los estudios que informan de la adecuada estabilización de la pelvis (evitando la inclinación lateral y retroversión de la misma) y posición del tobillo durante la maniobra de evaluación del test PEPR<sup>22,33-35,38,39</sup>.

Así, los estudios que controlan la disposición de la pelvis<sup>34,35,38,39,41</sup> parecen presentar valores más elevados de correlación de los protocolos SR que aquellos que no estabilizan la pelvis<sup>13,16-21,24-26,31,36,37</sup>. Por ejemplo, en adultos jóvenes universitarios, los autores que controlaron la estabilización de la pelvis obtuvieron, de forma general, valores de validez del CSR más altos para hombres y mujeres que sus homólogos que no la estabilizaron. Por tanto, para obtener un criterio preciso de validez de los protocolos SR, quizás sería necesaria la correcta estabilización de la pelvis para evitar fallos en la estimación real de la flexibilidad isquiosural medida a través del PEPR, mientras que la posición del tobillo durante el PEPR podría depender de si el protocolo SR que se evalúa requiere de una posición en flexión dorsal (test que necesitan cajón de medición) o en posición relajada (test que no precisan de cajón de medición).

Otro aspecto destacable de la metodología de evaluación del test PEPR es la utilización de un goniómetro o inclinómetro para la obtención del resultado final en grados. Ambos instrumentos presentan una gran fiabilidad<sup>52,53</sup>. Sin embargo, la Asociación Médica Americana<sup>53</sup> recomienda el uso del inclinómetro sobre el goniómetro al considerar que el inclinómetro es una herramienta más precisa y fiable. No obstante, la mayor

parte de los estudios emplean un goniómetro para la obtención de la máxima flexión pasiva de la cadera<sup>17-20,24,31-33,41</sup>, y son escasos los que emplean un inclinómetro<sup>22,34,35,46</sup>.

### Aspectos procedimentales de los protocolos sit-and-reach

Los factores antropométricos son una de las principales variables que podrían desvirtuar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas SR<sup>13,54,55</sup>. En este sentido, Hoeger y Hopkins<sup>55</sup> consideran que niños con elevada longitud de piernas y reducida longitud de tronco, por ejemplo, podrían presentar valores de cortedad en el CSR aunque tuviesen una aceptable flexibilidad isquiosural medida a través de un test angular. Sin embargo, en el contexto clínico y deportivo, las personas con importantes desalineaciones en longitud de brazos y piernas son muy escasas. En esta línea argumental, Cornbleet y Woolsey<sup>32</sup> encontraron que tan solo un 8% de los escolares evaluados (n=410) presentaban unos valores en el test CSR influidos por factores antropométricos (longitud de brazos, piernas y tronco) o por la flexibilidad (elevada o deficiente) de la columna vertebral.

Independientemente de los factores antropométricos, las principales variables que podrían influir en el resultado final de las pruebas SR podrían ser: las curvaturas del raquis<sup>5,22</sup>, la posición de la articulación del tobillo<sup>50,56</sup> y la posición de la cabeza<sup>57</sup>.

Las diferencias metodológicas existentes entre todos los protocolos SR afectan a la magnitud de las curvaturas lumbar y torácica durante el movimiento de máxima flexión de tronco, y con ello, al resultado final obtenido<sup>5</sup>. Esto podría ayudar a explicar la diferencia existente en el resultado final alcanzado en centímetros durante la realización de diferentes maniobras exploratorias SR, de ahí la necesidad de establecer límites de normalidad específicos para cada una de ellas.

En este sentido, López et al.<sup>5</sup> compararon las curvaturas lumbar y torácica del raquis entre las diferentes pruebas SR, tanto en hombres (n=58) como en mujeres (n=47) adultos jóvenes universitarios. Los resultados obtenidos mostraron que: a) las mujeres tenían menores ángulos torácicos que los hombres en todas las pruebas SR ( $p < 0,05$ ); b) no existían diferencias entre sexos en la curvatura lumbar; c) en la prueba VSR la curvatura torácica fue la mayor ( $75,3^\circ$  en hombres y  $65,8^\circ$  en mujeres) y en la prueba TT se observaron los menores valores ( $61,7^\circ$  en hombres y  $53,1^\circ$  en mujeres); d) la prueba VSR presentó los mayores valores de curvatura lumbar cuando se compara con el resto de las pruebas ( $30,5^\circ$  en hombres y  $32,0^\circ$  en mujeres); y e) la prueba MBSSR obtuvo los menores valores de curva lumbar en hombres ( $24,2^\circ$ ) y mujeres ( $23,9^\circ$ ).

Al igual que en las pruebas de recorrido angular, la posición del tobillo de la pierna evaluada afecta al resultado final<sup>50,56</sup>. Así, Kawano et al.<sup>56</sup> informaron de que existía una diferencia en torno a 3,9-4,8cm (95% IC) a favor de la prueba CSR realizada con el tobillo en posición relajada en comparación con su homónima con el tobillo en  $90^\circ$  de flexión plantar.

Otro factor propuesto en la literatura científica que podría alterar, si no se controla, los resultados de las pruebas SR es la posición de la cabeza de la persona evaluada<sup>57</sup>. Smith y Miller<sup>57</sup> consideran que la posición de la cabeza en flexión podría estresar la musculatura erectora del raquis, la cual es su parte superior se inserta en la zona cervical, al reducir la capacidad de flexionar activamente el tronco durante las maniobras de valoración de las pruebas de recorrido lineal. Aunque sin importancia clínica, estos autores encontraron diferencias en el resultado final entre la prueba CSR con cabeza flexionada y CSR con cabeza erecta.

A pesar de que teóricamente las variables expuestas podrían influir en el grado de validez de las diferentes pruebas SR, la evidencia científica

existente parece mostrar que los test que no están influidos por factores antropométricos (MSR) así como aquellos con menor restricción de la curvaturas lumbar y torácica durante la máxima flexión de tronco (TT y CSR) no poseen valores de validez significativamente mayores ni clínicamente más relevantes que el resto de las pruebas SR<sup>18,19,22</sup>.

### Población objeto de estudio

Las poblaciones más empleadas como objeto de estudio por los diversos autores han sido escolares<sup>17,24,31-33</sup>, adultos jóvenes<sup>16,18,19,21,22,26,34-37,40,46</sup> y adultos de edad avanzada<sup>20,40,42</sup>.

Los deportistas y sujetos físicamente activos son una población muy importante en la que la aplicación de los protocolos SR podría ser de extremada utilidad porque: a) el procedimiento es simple de administrar; b) es fácil para los deportistas seguir las instrucciones y observar los resultados; c) requiere escaso aprendizaje técnico y d) un gran número de deportistas puede ser evaluado en un periodo corto de tiempo. Sin embargo, son muy escasos los estudios que emplean deportistas como sujetos objeto de estudio<sup>39,41</sup>. Las características de cada modalidad deportiva en lo referente a acciones técnicas, especificidad de movimientos, métodos de entrenamiento y capacidades físicas más importantes podrían producir en el deportista adaptaciones músculo-esqueléticas propias de la modalidad deportiva practicada<sup>58</sup>.

En este sentido, Pastor<sup>59</sup> observó que los nadadores de alto nivel tenían un gran rango de movimiento de la flexión dorsal y lumbar del raquis, con elevados valores de cifosis torácica, y por lo tanto, el empleo del CSR podría no ser apropiado. Un fallo en la detección del riesgo de lesión como consecuencia del uso de un test con baja validez (resultado final alterado) podría evitar la prescripción de un apropiado programa de estiramientos, con lo que se incrementaría el riesgo de dolencias como consecuencia de una limitada flexibilidad isquiosural<sup>60</sup>. Por tanto, el análisis de la validez de los diferentes protocolos SR para estimar la flexibilidad isquiosural debería ser específico para cada modalidad deportiva.

### Conclusiones

Sobre la fiabilidad se puede concluir que:

- Las pruebas SR han demostrado poseer de forma generalizada una elevada fiabilidad relativa intraexaminador, medida a través del ICC, con valores en torno a 0,89-0,99.

- Son reducidos los estudios que han examinado la fiabilidad relativa interexaminador. Tan solo se han encontrado dos estudios que observaron una fiabilidad de  $r=0,95-0,99$  para el test TT.

- El estudio de la fiabilidad absoluta de las pruebas de valoración SR ha sido abordado únicamente por dos estudios, que informaron de variaciones intersesión (libres del error de la medida) en los resultados obtenidos en el CSR del 6,7%.

- Son necesarios más estudios que analicen principalmente la fiabilidad absoluta de las diferentes pruebas de valoración SR. Este conocimiento permitirá a entrenadores y clínicos monitorizar y detectar cambios reales (más allá del error de la medida) en el nivel de flexibilidad isquiosural tras la aplicación de programas de intervención (por ejemplo, rutinas de estiramientos).

Sobre la validez se puede concluir que:

- De forma generalizada, los protocolos SR poseen una moderada validez para estimar la flexibilidad isquiosural, con valores que oscilan



entre  $r=0,37-0,77$  para los hombres y entre  $r=0,37-0,85$  para las mujeres.

– Los protocolos SR no se deben utilizar para estimar la flexibilidad de la musculatura lumbar, ya que los valores de validez oscilan entre  $r=0,13-0,47$  para los hombres y entre  $r=0,15-0,40$  para las mujeres.

– Existe una laguna importante en el estudio de la validez con muestras de deportistas y sujetos físicamente activos.

– La moderada y, en algunos casos, reducida validez de los protocolos SR para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural parece impedir su utilización como única herramienta de evaluación y diagnóstico de posibles casos de acortamiento (especialmente en el ámbito deportivo), por lo que es necesaria la adopción de pruebas exploratorias más específicas (test angulares como el PEPR) para llevar a cabo tales acciones con rigor y precisión.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

### Agradecimientos

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

### Bibliografía

- 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. Educación física y actividad extraescolar: programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad isquiosural en Primaria. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 2002.
- Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*. 1995;4:81-91.
- Holt LE, Pelham TW, Burke DG. Modifications to the standard sit-and-reach flexibility protocol. *J Athle Train*. 1999;34(1):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.
- Australian Council for Health Physical Education and Recreation (ACHPER). Handbook for the Australian Fitness Education Award manual. South Australia: ACHPER Publications; 1996.
- Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). The Canadian Physical Activity. Fitness & Lifestyle Approach (CPAFLA): CSEP-Health & Fitness Program's Health-Related Appraisal and Counselling Strategy, 3rd ed. Ottawa: CSEP; 2003.
- Cooper Institute for Aerobics Research. The Prudential Fitnessgram: Test administration manual, 3rd ed. Champaign. IL: Human Kinetics; 2004.
- Council of Europe Committee for the Development of Sport. EUROFIT: Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness. Strasbourg: Council of Europe; 1993.
- The President's Council on Physical Fitness and Sports. The President's Challenge: The Health Fitness Test. Disponible en: [www.presidentschallenge.org](http://www.presidentschallenge.org); 2007.
- Wells KF, Dillon EK. The sit-and-reach. A test of back and leg flexibility. *Res Q*. 1952;23:115-8.
- Cailliet R. Low back pain syndrome. Philadelphia: Davis. FA; 1988.
- Hoeger WW, 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.
- Kraus H, Eisenmenger-Weber S. Evaluation of posture based on structural and functional measurements. *Phys Ther Rev*. 1945;25:267-71.
- Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasising reliability and validity. *Phys Ther*. 1987; 67:1867-72.
- 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.
- 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.
- Hui SC, Yuen PY, Morrow JR, Jackson AW. Comparison of the criterion-related validity of sit-and-reach tests with and without limb length adjustment in Asian adults. *Res Q Exerc Sport*. 1999;70:401-6.
- 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.
- 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.
- 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.
- Perry AC, Wang X, Feldman B, Ruth T, Signorile J. Can laboratory-based tennis profiles predict field tests of tennis performance? *J Strength Cond Res*. 2004;18:136-43.
- 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(4):448-51.
- Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther*. 1990;70(7):443-7.
- 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.
- Bozic PR, Pazin NR, Berjan BB, Planic NM, Cuk ID. Evaluation of the field tests of flexibility of the lower extremity: reliability and the concurrent and factorial validity. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2523-31.
- Gabbe BJ, Bennell KL, Wajswelner H, Fincha CF. Reliability of common lower extremity musculoskeletal screening tests. *Phys Ther Sport*. 2004; 5:90-7.
- Baumgartner TA. Norm-referenced measurement: reliability. En: Safrin MJ, Wood TM, editores. Measurement concepts in physical education and exercise science. Champaign (IL): Human Kinetics. 1989, p, 45-72.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30:1-15.
- 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.
- 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.
- Baltaci G, Un N, Tunay V, Besler A, Gecerker 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.
- 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.
- López PA, Alacid F, Ferragut C, García A. Valoración y comparación de la extensibilidad isquiosural entre kayakistas y canoístas de categoría infantil. *Motricidad. Eur J Hum Movement*. 2008;20:97-111.
- 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.
- 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.
- Rodríguez-García PL, López-Miñarro PA, Yuste JL, et al. 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.

42. 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.
43. Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 1998.
44. Kippers V, Parker AW. Posture related to myoelectric silence of erector spinae during trunk flexion. *Spine*. 1984;9:740-5.
45. Sainz de Baranda P, Rodríguez PL, Santonja F, Andújar P. La columna vertebral del escolar. Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva; 2006.
46. López-Miñarro PA. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Cultura. Ciencia y Deporte*. 2010;5:25-31.
47. Bohannon R, Gajdosik R, LeVeau BF. Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Phys Ther*. 1985;65:474-6.
48. Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V, Maehlum S. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. *Scand J Med Sci Sports*. 1997;7:279-82.
49. Boland RA, Adams D. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Australian J Phys*. 2000;46:191-200.
50. Liemohn WP, Martin SB, Pariser GL. The effect of ankle posture on sit-and-reach test performance. *J Strength Cond Res*. 1997;11:239-241.
51. Gajdosik RL, LeVeau BF, Bohannon RW. Effects of ankle dorsiflexion on active and passive unilateral straight leg raising. *Phys Ther*. 1985;65:1478-82.
52. Leighton JR. Instrument and technic for measurement of range of joint motion. *Arch Phys Med Rehabil*. 1955;36:571-8.
53. American Medical Association. Guides to the evaluation of permanent impairment, 4th ed. Milwaukee, WI: Author; 2001.
54. 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.
55. 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.
56. Kawano MM, Ambar G, Oliveira BIR, Boer MC, Cardoso AP, Cardoso JR. Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14:10-5.
57. Smith JF, Miller CV. The effect of head position on sit-and-reach performance. *Res Q Exerc Sport*. 1985;56:84-5.
58. Chandler TJ, Kibler WB, Uhl TL, Wooten B, Kiser A, Stone E. Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *Am J Sports Med*. 1990;18:134-6.
59. Pastor A. Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite españoles. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 2000
60. Sexton P, Chambers J. The importance of flexibility for functional range of motion. *Athl Ther Today*, 2006;3:13-7.