

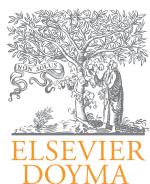


Revista Andaluza de Medicina del Deporte  
ISSN: 1888-7546  
ramd.ccd@juntadeandalucia.es  
Centro Andaluz de Medicina del Deporte  
España

Ayala, F.; Sainz de Baranda, P.; Cejudo, A.; Santonja, F.  
Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez  
Revista Andaluza de Medicina del Deporte, vol. 5, núm. 2, junio, 2012, pp. 67-74  
Centro Andaluz de Medicina del Deporte  
Sevilla, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327670005>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Revisión

## Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez

F. Ayala<sup>a</sup>, P. Sainz de Baranda<sup>b</sup>, A. Cejudo<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>Centro Deportivo INACUA-Murcia. Murcia. España.

<sup>d</sup>Facultad de Medicina. Universidad de Murcia.

### RESUMEN

*Historia del artículo:*

Recibido el 1 de diciembre de 2012

Aceptado el 25 de marzo de 2012

*Palabras clave:*

Reproducibilidad.

Rango de movimiento.

Prueba de exploración.

Validez de criterio.

Test angulares.

Las pruebas de valoración basadas en medidas angulares son empleadas frecuentemente en el ámbito clínico y científico para estimar y monitorizar la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Son varias las pruebas angulares descritas en la literatura científica, entre las que destacan: a) la prueba de elevación de la pierna recta; b) la prueba del ángulo poplitéo y c) las pruebas que estudian la disposición de la pelvis y la porción caudal del raquis lumbar en posición de máxima flexión de tronco, diferenciando entre "pruebas lumbo-vertical en flexión" y "pruebas lumbo-horizontal en flexión". Se han descrito limitaciones e inconvenientes en todos los protocolos, fundamentalmente en cuanto a la posible participación de pelvis y raquis, la posición de la articulación del tobillo (en flexión dorsal o flexión plantar), diferentes límites de normalidad en las exploraciones, aplicación de distinta velocidad y fuerza en la realización de los test, existencia o no de calentamiento previo y variabilidad de los instrumentos empleados. La elección de uno u otro test debe estar basada en: a) la funcionalidad de su metodología de evaluación; b) su fiabilidad absoluta y relativa (intra- e interexaminador) y c) su validez para la estimación de la flexibilidad isquiosural. Todo este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué prueba de exploración angular 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. Por ello, los objetivos de esta revisión bibliográfica son analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas angulares para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

*Key words:*

Reproducibility.

Range of motion.

Measurement tests.

Criterion-related validity.

Angular test.

### Angular tests for estimating hamstring flexibility: reliability and validity analysis

The angular measurement tests are widely used to assess and monitor hamstring muscle flexibility in both clinic and scientific settings. Several angular measurement tests have been reported in the scientific literature, such as: a) straight leg raise test; b) knee extension test; and c) hip joint angle or sacrum angle test. Several limitations have been reported regarding the precision of these tests to asses hamstring flexibility, such as: the influence of pelvis and spine movements, the position of the ankle joint (plantarflexion vs. dorsi-flexion), the use of different cut off values, the magnitude of the strength and speed used to perform the tests, the warm-up design and the variability of the measurement tools used. 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) and c) the validity for estimating hamstring flexibility. This knowledge will allow to select an appropriate angular 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. Therefore, the main purposes of this systematic review are to analyze and compare the reliability and validity of angular tests for estimating hamstring.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

*Correspondencia:*

F. Ayala.

Campus de los Jerónimos, s/n.

30107 Guadalajara (Murcia).

Correo electrónico: [Fayala@pdi.ucam.edu](mailto: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 y fiable de la flexibilidad. Esta información es esencial para la puesta en práctica de programas específicos de trabajo o su modulación según la situación de partida<sup>1</sup>.

La valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiosural es una práctica habitual en el ámbito de la salud físico-deportiva porque su acortamiento ha sido relacionado con un incremento de la probabilidad de sufrir alteraciones músculo-esqueléticas<sup>2-4</sup> así como con una reducción del rendimiento físico-deportivo<sup>5</sup>.

Las pruebas de valoración basadas en medidas angulares son utilizadas en el ámbito clínico-científico y físico-deportivo para valorar y monitorear el estado de la musculatura isquiosural tras la aplicación de programas de intervención (por ejemplo, estiramientos). La razón principal de su gran popularidad reside en que, a diferencia de otras pruebas exploratorias (*sit-and-reach*), tan solo involucran el movimiento de una articulación (cadera y rodilla principalmente) y no están influidas por factores antropométricos (por ejemplo, longitud de brazos y piernas)<sup>6</sup>, lo cual las hace más precisas<sup>7,8</sup>. Por el contrario, una de sus principales desventajas es la complejidad de sus procesos exploratorios, que a menudo requieren de cierto entrenamiento previo.

En la literatura científica se pueden encontrar descritas un gran número de pruebas de recorrido angular para la valoración de la flexibilidad isquiosural, entre las que cabe destacar: a) la prueba de elevación de la pierna recta (EPR)<sup>9</sup>, b) la prueba del ángulo poplítico (AP)<sup>10</sup> y c) las pruebas que estudian la disposición de la pelvis y la porción caudal del raquis lumbar en posición de máxima flexión de tronco, diferenciando entre "pruebas lumbo-vertical en flexión" (Lv) y "pruebas lumbo-horizontal en flexión" (Lhfx)<sup>11</sup>.

La elección final de una u otra prueba debe estar basada en la sencillez del procedimiento exploratorio, en la austereidad en los recursos humanos y materiales necesarios y, de forma principal, en su grado de validez y fiabilidad. Por ello, los objetivos principales de esta revisión sistemática son: analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas angulares más empleadas en el ámbito clínico y deportivo para la estimación de la flexibilidad isquiosural.

## Metodología

Para la realización de esta revisión bibliográfica fueron seleccionados ensayos científicos con diseños pre-test y pos-test, así como ensayos con diseños correlacionales, cuyos objetivos fueron analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas de valoración angular de la flexibilidad 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 (tabla 1). La expresión *hamstring flexibility 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 expuestas en la tabla 1. No se aplicó limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en febrero de 2011.

**Tabla 1**  
Bases de datos y estrategias de búsqueda utilizadas

Base de datos	Estrategias de búsqueda
PubMed	- Straight leg raising test
SportsDiscus	- Hamstring flexibility
OVID	- Validity
Cochrane Library	- Knee extensión test
Lilacs Teseo	- Sport measurement test
	- Reliability
	- Reproducibility
	- Pre-test y post-test
	- Hip joint angle test
	- Range of motion

Como criterios de inclusión se establecieron: a) artículos con enlace a texto completo (gratuito y bajo suscripción); b) artículos que incluyeran en el título los descriptores *hamstring*, *range of motion*, *flexibility*, *reliability* o *validity*; c) artículos originales, tesis doctorales, 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, portugués o español.

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios no controlados; b) redactados en idioma distinto al inglés, portugués o español; c) cuyos procedimientos exploratorios no estuviesen perfectamente descritos; 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) y e) que presentaran determinaciones, a través de las diferentes pruebas, de otros síndromes o dolencias que pudieran alterar la evaluación de la flexibilidad isquiosural (lumbociática, dolencia articular de cadera, rodilla, etc.).

## Fiabilidad de las pruebas de recorrido angular

El concepto de fiabilidad hace referencia a la 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 cuando se realizan diferentes test en cortos (consistencia interna intrasesión o fiabilidad relativa) y moderados (estabilidad intersesión o fiabilidad absoluta) períodos de tiempo, empleando el clásico diseño test-retest<sup>12</sup>.

En la práctica, el análisis de la fiabilidad absoluta presenta mayor interés debido a que permitirá valorar la "eficacia real" de programas de intervención sobre el nivel de flexibilidad de pacientes y deportistas. Igualmente, otro uso importante de la fiabilidad absoluta es la posibilidad de comparar entre diferentes pruebas diagnósticas e incluso, clínicos e investigadores podrían emplear esta información para determinar el tamaño muestral de sus estudios<sup>12</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 la lleva a cabo el mismo examinador (fiabilidad intraexaminador) o diferentes examinadores (fiabilidad interexaminadores); c) factores ambientales como temperatura y momento del día; d) la realización o no de calentamiento previo; e) e incluso por las características propias de la población a la que va dirigida (escolares, adultos jóvenes sanos, personas con enfermedades)<sup>12</sup>.

## Prueba de elevación de la pierna recta

La literatura científica informa de que la prueba EPR (fig. 1) presenta en sus resultados una buena consistencia intrasesión, medida esta a través del índice de correlación intraclass (ICC), con valores medios en torno a  $r=0,95^{13-15}$ . En este sentido, para Hui y Yuen<sup>15</sup> la fiabilidad intraclass es



**Fig. 1.** Prueba pasiva de elevación de la pierna recta medida con inclinómetro.

0,94 (miembro izquierdo) y 0,96 (miembro derecho) en varones, con un coeficiente de intervalos (CI) al 95% entre 0,90-0,96 y 0,93-0,98, respectivamente. En mujeres solo varía la fiabilidad intraclasa para el miembro derecho 0,94 (igual para el izquierdo).

Sin embargo, si se presta atención al análisis de la fluctuación de la medida durante períodos cortos de tiempo (<30 min) es posible observar una gran variabilidad en los resultados obtenidos por los diversos autores, oscilando el 95% IC para la diferencia entre 0,8°-14°, si bien gran parte de los estudios informan de valores medios en torno a los 6°-10° (tabla 2).

Aunque la magnitud de la variabilidad de la medida de la prueba EPR en una misma sesión no está nada clara, quizás del análisis de la literatura científica se podrían extraer ciertas hipótesis. Una primera conjetura podría ser la establecida por Hoehler y Tobis<sup>16</sup>, que tras analizar la fiabilidad intrasesión e interexaminador de la prueba EPR en sus modalidades activa y pasiva, informaron de menores valores de variabilidad para la prueba EPR activa (AEPR) (95% límite de confianza [LC]=9°) en comparación con su homónima pasiva (PEPR) (95% LC=11°). Asimismo, Gajdosik et al.<sup>17</sup> consideran que el empleo de un soporte lumbar durante la maniobra exploratoria podría ser una medida más apropiada para mejorar la fiabilidad intrasesión que el empleo de cinchas para fijar la cadera y la pierna contra-lateral (95% LC=6° y 8° para el PEPR con soporte lumbar y las cinchas respectivamente) en adultos jóvenes asintomáticos. Por su parte, Boland y Adams<sup>18</sup> estudiaron si la posición del tobillo (flexión plantar y flexión dorsal) podría afectar a la fiabilidad intrasesión, tanto en su vertiente interexaminador como intraexaminador. Estos autores no encontraron diferencias en la variabilidad de la medida como consecuencia de la modificación de la posición del tobillo en la maniobra exploratoria PEPR.

Si se aborda el estudio de la fiabilidad absoluta o intersesión, nos encontramos ante una importante laguna científica. Son muy pocos los estudios que abarcan su análisis, si bien lo que quizás sí podría ser establecido es que su variabilidad es mayor que cuando se emplea durante la misma sesión (fiabilidad intrasesión)<sup>13</sup>, con valores medios en torno a 12°-16° en adultos asintomáticos<sup>19,20</sup>.

Así, el establecer una hipótesis para la fiabilidad intersesión más allá de la efectuada anteriormente sería inapropiado, dada la reducida información a este respecto y lo limitado de los procedimientos exploratorios empleados.

Por otro lado, el error de la medida parece ser menor cuando el procedimiento exploratorio lo lleva a cabo el mismo examinador, en comparación con la participación de dos o más examinadores. En este sentido,

Boland et al.<sup>21</sup> y Hoehler y Tobis<sup>16</sup> evaluaron la fiabilidad absoluta interexaminador en sujetos sintomáticos, obteniendo un 95% LC de 13° y 11° respectivamente. Por su parte, Boland y Adams<sup>18</sup>, empleando el mismo procedimiento exploratorio para evaluar la fiabilidad absoluta intraexaminador, obtuvieron menores valores de variabilidad (95% LC=9°).

Si se centra la atención en aspectos procedimentales de la metodología de evaluación, se encuentra que Gajdosik et al.<sup>17</sup> y Li et al.<sup>22</sup> realizan ejercicios de estiramientos previos a la maniobra exploratoria. Así, parece existir menor variación en las medidas efectuadas por Li et al.<sup>22</sup> cuando se comparan con estudios similares que analizan la fiabilidad absoluta intersesión pero sin la ejecución de estiramientos previos. Quizás, la realización de estiramiento y la utilización del valor medio de varias mediciones como resultado final de la prueba podría ser la causa de las menores fluctuaciones encontradas en estos estudios.

### Prueba del ángulo poplítico

Tan solo Gajdosik et al.<sup>17</sup> y Worrell y Perrin<sup>23</sup> aportan resultados sobre la fiabilidad intrasesión de la prueba AP (fig. 2) en sus modalidades activa (APA) y pasiva (APP), ambos en adultos jóvenes asintomáticos (tabla 3). En este sentido, Gajdosik et al.<sup>17</sup> informaron de una buena consistencia en los resultados obtenidos en las pruebas APA (ICC = 0,86) y APP (ICC = 0,90).

Estos resultados fueron posteriormente ratificados por Worrell y Perrin<sup>23</sup>, quienes observaron altos valores de fiabilidad relativa intra- (ICC=0,98; 95% LC=5°) e interexaminador (ICC = 0.93; 95% LC=13°) para la prueba APA.

Por otro lado, Fredriksen et al.<sup>24</sup>, Decoster et al.<sup>25</sup> y Norris y Matthews<sup>26</sup> son los únicos autores que informan sobre la fiabilidad intersesión de la prueba AP, ambos en su vertiente interexaminador. Así, Fredriksen et al.<sup>24</sup> realizaron un estudio clínico empleando dos deportistas para estudiar la fiabilidad intersesión de la prueba APP con soporte lumbar y pierna evaluada a 120° de flexión de cadera. Los resultados mostraron como la prueba APP presentaba una variabilidad intersesión del 6,4%, medida a través del 95% ratio LC. Por su lado, Norris y Matthews<sup>26</sup> al evaluar la reproducibilidad de la prueba APA entre dos días consecutivos observaron una variabilidad de -15° +17° con un 95% de confianza. Finalmente, Decoster et al.<sup>25</sup> obtuvieron un valor del estadístico 95% LC para la fiabilidad intersesión de la prueba APA de 7,5° en adultos jóvenes.

### Prueba lumbo-vertical en flexión y prueba lumbo-horizontal en flexión

Únicamente López-Miñarro et al.<sup>14</sup> han abordado el estudio de la fiabilidad del ángulo Lhfx (fig. 3). Observaron unos valores de fiabilidad intrasesión en torno a 6°-9° y 7°-9° 95% LC para dicha prueba medida a través del clásico sit-and-reach (SRT) y back-saver sit-and-reach (BSSR) test respectivamente.

Por lo que respecta a la fiabilidad del ángulo Lv (fig. 4), no se han encontrado estudios científicos que hayan abordado dicha cuestión.

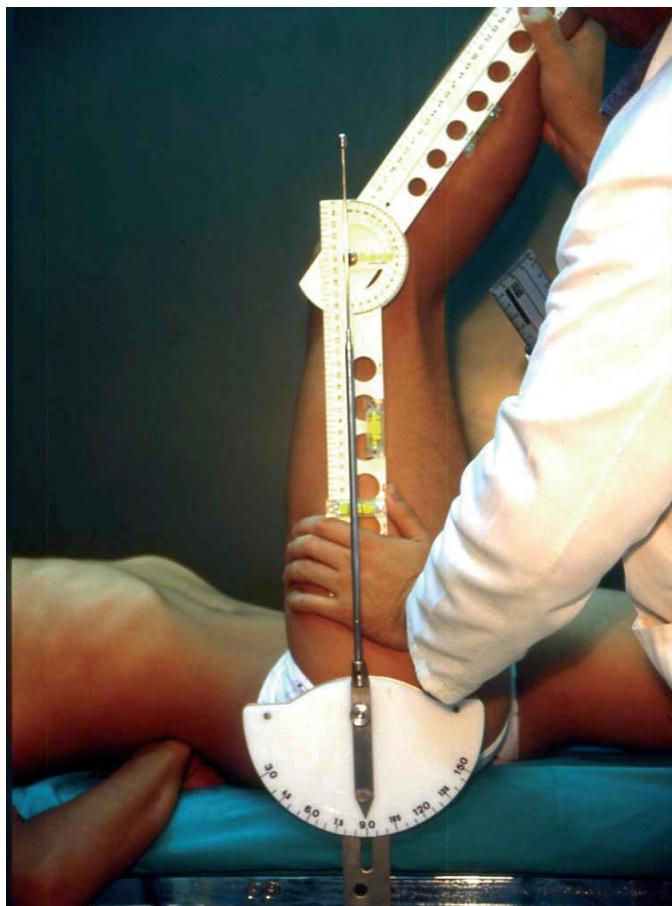
### Validez de las pruebas angulares para estimar la flexibilidad isquiosural

La validez de un instrumento de medida podría ser definida como el grado de precisión con el cual un dispositivo mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado con el cual se cumple su

**Tabla 2**

Estudios que analizan la fiabilidad de la prueba exploratoria de elevación de la pierna recta presentados por orden cronológico

Referencia	Procedimiento	Tipo de fiabilidad	Resultados
<b>Población</b>			
Troup et al. <sup>32</sup> H (n=13) M (n=11) Adultos asintomáticos	PEPR. Una medición	Intraexaminador Intersesión (3 semanas)	95% IC H=14° 95% IC M=12°
Macfarlane <sup>31</sup> H (n=11) M (n=9) Adultos con dolor lumbar	PEPR. No se mantuvo la extensión de rodilla. Cadera en 5° de rotación. Más de 5 intentos. Fiabilidad a partir de intentos adyacentes	Intraexaminador Intrasesión (90s)	95% IC=14°
Hoehler y Tobis <sup>16</sup> H <sup>a</sup> (n=8) / H <sup>b</sup> (n=5) M <sup>a</sup> (n=11) / M <sup>b</sup> (n=3) <sup>a</sup> Adultos con dolor lumbar <sup>b</sup> Adultos con dolor en el hombro	PEPR y AEPR hasta dolor con ambas piernas medido por dos examinadores	Interexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC PEPR=11° 95% IC AEPR=9°
Hsieh et al. <sup>13</sup> H (n=4) M (n=6) Adultos jóvenes asintomáticos	PEPR. Asistente realiza el test mientras el investigador determina el punto final de la prueba al inicio de la inclinación de la pelvis por palpación. Tres intentos para intrasesión y 3 sesiones con una semana para intersesión	Intraexaminador Intrasesión (1 min)	95% IC: Goniómetro=1 G. pendular=0,8 Cinta métrica=0,4 ICC: Goniómetro=0,95 G. pendular=0,97 Cinta métrica=0,99 95% IC: Goniómetro=3 G. pendular=3 Cinta métrica=6 ICC: Goniómetro=0,88 G. pendular=0,88 Cinta métrica=0,74
Rose <sup>19</sup> H (n=3) M (n=15) Adultos asintomáticos	PEPR	Interexaminador Intersesión (3 semanas)	95% IC pierna dcha.=15° 95% IC pierna izq.=16°
Gajdosik et al. <sup>17</sup> H (n=15) Adultos jóvenes asintomáticos	PEPR con pelvis y pierna opuesta cinchada y PEPR con soporte lumbar. Dos intentos de cada uno separados 30 min. Cinco ejercicios de estiramiento de isquiosurales previos al test. Dos investigadores	Intraexaminador Intrasesión (30min)	PEPR-CI: 95% IC=8° ICC=0,83 PEPR-SL: 95% IC=6° ICC=0,88
Chow et al. <sup>30</sup> H (n=11) M (n=5) Adultos con dolor lumbar	PEPR medido 6 veces. El estudio de la fiabilidad con la 1. <sup>a</sup> y la 6. <sup>a</sup> repeticiones	Interexaminador Intrasesión (3 min)	95% IC=6°
Boland et al. <sup>21</sup> H (n=10) M (n=10) Adultos con dolor lumbar	PEPR. Orden aleatorio de los examinadores	Interexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC=13°
Li et al. <sup>22</sup> H (n=9) M (n=11) Adultos asintomáticos <70° EPR	Sujetos aleatoriamente distribuidos hacia grupo control o estiramientos. Tres intentos PEPR por sesión. Cinco estiramientos de isquiosurales (10s cada uno) antes de la prueba	Intraexaminador Intersesión (3 semanas)	
Boland y Adams <sup>18</sup> H (n=22) M (n=13) Adultos con dolor lumbar	PEPR con tobillo en flexión dorsal y PEPR con tobillo en flexión plantar	Intraexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC PERP-FD=9-13° 95% IC PEPR-FD=13°
Lopez-Miñarro et al. <sup>14</sup> H (n=76) M (n=67) Adultos jóvenes	PEPR con tobillo en flexión plantar y cadera en posición neutra controlada a través de un inclinómetro. Tres intentos para cada pierna	Interexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC PEPR-FP=9-13° 95% IC PEPR-FP=12
<b>95% IC:</b> 95% intervalo de confianza para la diferencia; APER: elevación de la pierna recta activa; Dch: derecha; FD: flexión dorsal; FP: flexión plantar H: hombres; ICC: índice de correlación intraclass; Izq: izquierda; M: mujeres; PEPR: elevación de la pierna recta pasiva.			



**Fig. 2.** Prueba pasiva del ángulo poplítico.

objetivo<sup>12</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



**Fig. 3.** Medición del ángulo lumbo-horizontal en flexión.

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, es preciso realizar un estudio minucioso de la validez de sus resultados para estimar la flexibilidad isquiosural.

Con relación al estudio de la validez de un test se deben diferenciar dos conceptos: a) la validez de criterio y b) la validez concurrente. En este sentido, la prueba más válida o *gold standard* para la valoración de la flexibilidad isquiosural es la radiografía<sup>27</sup>. Así, la validez de las distintas pruebas de valoración angular de la flexibilidad isquiosural debería ser establecida a través de estudios de correlación que empleen como prueba criterio la radiografía (validez de criterio). Sin embargo, dado su elevado coste personal y económico, tan solo Ferrer<sup>28</sup> ha analizado la validez de criterio de las pruebas de recorrido angular para estimar la flexibilidad isquiosural medida a través del empleo de proyecciones radiográficas (test criterio).

**Tabla 3**

Estudios que analizan la fiabilidad de la prueba exploratoria del ángulo poplítico presentados por orden cronológico

Referencia	Procedimiento	Tipo de fiabilidad	Resultados
<b>Muestra</b>			
Worrell y Perrin <sup>23</sup> H y M (n=22) Adultos asintomáticos	APA con cadera a 90°	Intrasesión Intraexaminador Intrasesión Interexaminador	ICC=0,98 95% LC=5° ICC=0,93 95% LC=13°
Gajdosik et al. <sup>7</sup> H (n=15) Adultos jóvenes asintomáticos	APA con cadera a 90° activamente. APP con rodilla 90°. Cinco ejercicios de estiramiento isquiosural previo a la prueba. Dos investigadores	Intrasesión (30 min)	APA: ICC=0,86 APP: ICC=0,90
Fredriksen et al. <sup>24</sup> H (n=1) M (n=1) Deportistas	APP con soporte lumbar. La pierna evaluada a 120° de flexión de cadera medido con goniómetro y fijada con correa. La pierna no evaluada, cinchada. Un examinador mide mientras el otro realiza la maniobra de extensión de rodilla	Interexaminador (2-3 min)  Intersesión (no especificado)	ICC=0,99 1% CV para medidas pareadas  CV en mujer=0,8-2,0% CV en hombre=2,7-3,2%
Decoster et al. <sup>25</sup> H y M (n=9) Adultos jóvenes asintomáticos	APA con rodilla a 90° activa. Un solo intento. Sin calentamiento. Investigador ciego	Interexaminador Intersesión (3 semanas)	ICC=0,89 95% LC=7,5 °
Norris y Matthews <sup>26</sup> H (n=7) M (n=13) Adultos asintomáticos	APA con rodilla a 90° activa sin cinchas Dos intentos, uno de familiarización y otro de medición. Mantener 5 s la posición y se mide a los 2 s.	Interexaminador Intersesión (1 día)	CM=3,6° (±2,3) p=0,59 ICC=0,761 95% LC=-15° + 17°

APA: ángulo poplítico activo; APP: ángulo poplítico pasivo; CM: cambios en la media; CV: coeficiente de variación; H: hombres; ICC: índice de correlación intraclass; LC: límite de confianza; M: mujeres.



**Fig. 4.** Medición del ángulo lumbo-vertical en flexión.

En este estudio, Ferrer<sup>28</sup>, tras analizar a 71 niños y adolescentes mediante las pruebas SRT y *toe touch* (TT), APP y PEPR, y tras un análisis radiológico para valorar las repercusiones que presentaban en la columna vertebral mediante la radiografía tómica II, observó correlaciones que oscilan entre 0,76 y 0,63 cuando se compararon los resultados entre los test lineales y angulares que valoran la musculatura isquiosural y el ángulo Lhrx en ( $L_4-L_5$ ). Destaca que la mayor correlación fue para el test PEPR izquierdo ( $r=0,76$ ) y test PEPR derecho ( $r=0,74$ ), seguido del test APP ( $r=0,66$  en pierna derecha e izquierda) y del test SRT ( $r=0,64$ ) y test TT ( $r=0,63$ ). Tras el análisis de los resultados este autor concluye que el test PEPR es la maniobra de exploración clínica más adecuada para la valoración de la musculatura isquiosural.

Por otro lado, y debido a la dificultad de la realización de estudios que utilicen la medida *gold standard* mediante la radiografía, la mayoría de los estudios han evaluado la validez concurrente (definida como el grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones) entre las distintas pruebas de recorrido angular (tabla 4)<sup>11,14,17</sup>.

El análisis de los estudios que establecen correlaciones entre las distintas pruebas angulares muestra como, de forma generalizada, la naturaleza (activa o pasiva) de la prueba afecta directamente al grado de validez concurrente. En este sentido, se ha observado como la validez concurrente es mayor cuando se comparan distintas pruebas con la misma naturaleza (activa-activa o pasiva-pasiva), y es menor cuando se comparan pruebas con distinta naturaleza (activa-pasiva). Un ejemplo claro que sustenta esta hipótesis se encuentra en los trabajos de Gajdosik et al.<sup>17</sup> y Davis et al.<sup>29</sup>. Así, Gajdosik et al.<sup>17</sup> al analizar la validez concurrente entre las pruebas EPR y AP tanto en su modalidad activa como pasiva, observaron cómo la modalidad pasiva de la prueba AP obtuvo mayor coeficiente de correlación con la modalidad pasiva de la prueba EPR ( $r=0,66$ ) en comparación con su homónima activa ( $r=0,43$ ) en hombres adultos jóvenes. Por su parte, Davis et al.<sup>29</sup> observaron cómo la correlación entre las pruebas de valoración de igual naturaleza, PEPR y APP fue mayor ( $r=0,57$ ) que al comparar cada una de las pruebas de valoración pasiva con la prueba activa del ángulo de inclinación de la pelvis ( $r=0,41$  PEPR-Lhfx;  $r=0,27$  APP-Lhfx).

Por otro lado, en un intento de identificar la prueba de recorrido lineal con la que se conseguía un mayor grado de correlación entre el ángulo de inclinación de la pelvis durante la máxima flexión de tronco y la prueba PEPR, López-Miñarro<sup>8</sup> analizó y comparó la validez concurrente entre el ángulo de inclinación de la pelvis evaluado a través de las pruebas de recorrido lineal más populares (SRT, TT, BSSR, V *sit-and-reach* [VSR]; y modificado BSSR [MBSSR]) y la prueba PEPR. Así, López-Miñarro<sup>8</sup> concluyó que: a) la validez concurrente del ángulo Lhfx es moderada-baja, siendo menor en los hombres; b) si se decide utilizar el ángulo Lhfx como medida de estimación de la flexibilidad isquiosural, es aconsejable utilizar los test SRT y TT en hombres, y el test MBSSR en mujeres, al obtener mayor validez concurrente con el test PEPR.

## Estado actual del problema

### Fiabilidad de las pruebas angulares para estimar la flexibilidad isquiosural

El análisis de los estudios que han abordado el cálculo de la fiabilidad de las distintas pruebas de recorrido angular ha revelado que su variabilidad no está bien establecida. Esta afirmación se sustenta, en primer lugar, en el hecho de que son muy limitados los estudios dedicados a este fin y, en segundo lugar, en las grandes diferencias metodológicas existentes entre ellos.

En este sentido, dentro de las diferentes pruebas de recorrido angular, el estudio de la fiabilidad de la prueba EPR presenta el mayor protagonismo<sup>13,14,16-19,21,22,30-32</sup>, mientras que son muy reducidos los estudios que emplean la prueba AP<sup>17,23,24,26</sup> y casi inéditos aquellos que analizan la fiabilidad de la prueba Lhfx<sup>14</sup>. Asimismo, los estudios que abordan la fiabilidad intersesión son muy limitados y metodológicamente inadecuados, pues emplean tamaños muestrales muy reducidos (entre 1 y 50 participantes), así como escasas sesiones de valoración ( $k=2$ ) y períodos de separación entre ellas muy cortos (<3 semanas)<sup>13,19,22,24,26,28,32</sup>.

Además, entre los diversos estudios de fiabilidad, no existe consistencia metodológica clara en cuanto a: a) el tipo de sujeto evaluado (asintomático frente a dolor lumbar); b) el tipo de fiabilidad investigada (intra- frente a interexaminador, intra- frente a intersesión); c) la modalidad de la prueba empleada (activa frente a pasiva); d) la colocación del sujeto durante ellas y e) la fijación del punto final de la prueba (sensación ligera de tirantez frente a fuerte tensión en la parte posterior del muslo frente a inicio de la inclinación de la pelvis).

Por lo tanto, parece clara la necesidad de abordar el estudio de la fiabilidad (especialmente la variabilidad intersesión) de las principales pruebas de valoración de recorrido angular empleando procedimientos exploratorios estandarizados que permitan su comparación, todo ello utilizando diferentes poblaciones y diseños de medidas repetidas.

### Validez de las pruebas angulares para estimar la flexibilidad isquiosural

Los estudios que analizan la validez concurrente entre pruebas de valoración similares muestran resultados muy dispares, quizás debidos, en gran medida, a que emplean diferentes metodologías de exploración para la misma prueba<sup>11,17,33-35,38</sup>. Por ello, sería necesario fijar un procedimiento de exploración concreto para cada prueba, científica y empíricamente justificado, que ahondara en aspectos tales como: a) el instrumento de medida que se utiliza (goniómetro, inclinómetro); b) el empleo de cinchas que fijen la pierna contra-lateral; c) el uso de un explorador auxiliar para estabilizar la pelvis y d) la utilización de un soporte lumbar.

Igualmente, las poblaciones más empleadas por los diversos estudios han sido escolares<sup>2,35,29,32</sup> y adultos jóvenes<sup>11,14,17,19,34-38</sup> mientras que son muy limitados los estudios que emplean sujetos físicamente activos y deportistas<sup>39,40</sup>. Con respecto a qué modalidad presenta los mayores grados de correlación, no existen estudios que comparan la validez concurrente entre las mismas pruebas en sus dos vertientes, activa y pasiva.

**Tabla 4**

Validez de las pruebas de recorrido angular para estimar la flexibilidad isquiosural (estudios presentados por orden cronológico)

Referencia	Test criterio	Ángulo	Validez	
			Hombres	Mujeres
<b>Población</b>				
Cameron y Bohannon <sup>34</sup> H (n=13) M (n=10) Adultos jóvenes	AEPR	APA		-0,71 <sup>†</sup>
Gajdosik et al. <sup>17</sup> H (n=30)	PEPR-CI	APA APP	-0,43* -0,66 <sup>†</sup>	- -
Adultos jóvenes	PEPR-RA	APA APP	-0,37* -0,65 <sup>†</sup>	- -
Ferrer et al. <sup>7</sup> H (n=98) M (n=24) Edad escolar	PEPR-SL	APP		-0,73 <sup>†</sup>
Santonja et al. <sup>11</sup> H y M (n=126) Adultos jóvenes	PEPR	Lhfx-SRT		0,73 <sup>†</sup>
Rodríguez <sup>33</sup> H (n=61) M (n=47) Edad escolar	PEPR-SL	Lhfx - SRT Lv - TT		0,73 <sup>†</sup> 0,71 <sup>†</sup>
Davis et al. <sup>29</sup> H (n=42) M (n=39) Adultos jóvenes	PEPR APP PEPR	Lhfx Lhfx APP		0,41 <sup>†</sup> 0,27 <sup>†</sup> 0,57 <sup>†</sup>
López-Miñarro et al. <sup>35</sup> H (n=102) M (n=96) Adultos jóvenes	PEPR-SL	Lhfx – SRT Lhfx – VSR	0,55 <sup>†</sup> 0,48 <sup>†</sup>	0,68 <sup>†</sup> 0,60 <sup>†</sup>
López-Miñarro et al. <sup>36</sup> H y M (n=66) Piragüistas de categoría infantil	PEPR-SL	Lhfx – SRT LV - TT		0,72 <sup>†</sup> 0,76 <sup>†</sup>
Rodríguez-García et al. <sup>40</sup> H (n=125) M (n=118) Adultos jóvenes activos	PEPR-SL	Lhfx-SRT Lhfx-TT	0,55 <sup>†</sup> 0,54 <sup>†</sup>	0,67 <sup>†</sup> 0,68 <sup>†</sup>
Youdas et al. <sup>38</sup> H (n=106) M (n=106) Adultos	PEPR	Lhfx		0,59 <sup>†</sup>
López-Miñarro et al. <sup>14</sup> H (n=76) M (n=67) Adultos jóvenes	PEPR-SL	Lhfx – SRT Lhfx - BSSR	0,59 <sup>†</sup> 0,49 <sup>†</sup>	0,64 <sup>†</sup> 0,51 <sup>†</sup>
López-Miñarro <sup>37</sup> H (n=108) M (n=96) Adultos jóvenes	PEPR-SL	Lhfx – SRT Lv - TT Lhfx – VSR Lhfx – MBSSR Lhfx - BSSR	0,58 <sup>†</sup> 0,56 <sup>†</sup> 0,48 <sup>†</sup> 0,52 <sup>†</sup> 0,47 <sup>†</sup>	0,63 <sup>†</sup> 0,63 <sup>†</sup> 0,60 <sup>†</sup> 0,68 <sup>†</sup> 0,57 <sup>†</sup>

AEPR: test de elevación de la pierna recta activo; APA: ángulo popliteo activo; APP: ángulo popliteo pasivo; BSSR: *back-saver sit and reach*; CI: cinchas; MBSSR: modificado *back-saver sit and reach*; PEPR: test de elevación de la pierna recta pasivo; RA: retroversión activa; SL: soporte lumbar; SRT: *sit and reach*; TT: *toe touch*; VSR: *V sit and reach*.

\*p <0,01; †p <0,05.

## Conclusiones

Sobre la fiabilidad se puede concluir que:

– Las pruebas EPR han demostrado poseer una variabilidad intrasección que oscila entre 6 y 11°. Asimismo, la prueba EPR presenta una fiabilidad intersección en torno a 12-16°. De forma general los valores son mejores cuando se analiza la fiabilidad intraexaminador.

– Son muy escasos los estudios que han abordado la fiabilidad de la prueba AP, y muestran una variabilidad intrasesión e intersesión de 5-13° y de 15-17° respectivamente.

– Únicamente López-Miñarro et al.<sup>14</sup> han abordado el estudio de la fiabilidad del ángulo Lhfx. Observaron unos valores de fiabilidad intrasección en torno a 6-9°.

Sobre la validez se puede concluir que:

- Solo un estudio ha analizado la validez de criterio de los diferentes test angulares que valoran la musculatura isquiosural utilizando como prueba estándar la radiografía. Los resultados de este estudio muestran que el PEPR es la maniobra de exploración clínica más adecuada para la valoración de la musculatura isquiosural ( $r=0,76$  PEPR izquierdo;  $r=0,74$  PEPR derecho frente a  $r=0,66$  APP en ambas piernas).

- Los estudios que analizan la validez concurrente informan básicamente de que las pruebas EPR y AP correlacionan muy bien entre ellas, sobre todo cuando se correlacionan las variantes de la misma naturaleza (activa-activa; pasiva-pasiva); no sucede así cuando se correlacionan cualquiera de las dos pruebas anteriores con la prueba Lhfx.

Sobre el estado actual del problema se puede concluir que:

- Parece clara la necesidad de abordar el estudio de la precisión de las diferentes pruebas de recorrido angular, y de focalizar los esfuerzos en la determinación de la validez de criterio y la fiabilidad intersesión de sus medidas.

Por lo tanto, se recomienda a clínicos, fisioterapeutas, preparadores físicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo el empleo de la prueba exploratoria PEPR como herramienta para la estimación de la flexibilidad isquiosural debido a que: a) presenta los mejores valores de validez de criterio ( $r=0,74$ ); b) su fiabilidad es similar a la del resto de pruebas exploratorias (intrasesión=6-11°; intersesión=12-16°) y c) presenta un procedimiento exploratorio sencillo y austero en cuanto a los requisitos materiales se refiere.

## Conflictos 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.
- Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. Am J Sports Med. 2002;30(2):199-203.
- Cailliet R. Low back pain syndrome. Philadelphia: Davis, FA; 1988.
- 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.
- Andersen JC. Flexibility in performance: Foundational concepts and practical issues. Athle Ther Today. 2006;3:9-12.
- Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. Selección. 1995;4:81-91.
- Ferrer V, Santonja F, Carrión M, Martínez L. Comparación de dos tests (E.P.R. y poplitéo) para el diagnóstico del síndrome de isquiosurales cortos. Arch Med Deporte. 1994;30:247-54.
- López-Miñarro PA. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. Cult Cienc Deporte. 2010;5:25-31.
- Forst JJ. Contribution to the clinical study of sciatica. Neuro-logical Classics XXII. Arch Neurol. 1969;21:220-1.
- Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. Phys Ther. 1983;63:1085-8.
- Santonja F, Andújar P, Martínez I. Ángulo lumbo-horizontal y valoración de repercusiones del síndrome de isquiosurales cortos. Apunts. 1994;21:103-11.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. Sports Med. 2000;30:1-15.
- Hsieh C, Walker JM, Gillis K. Straight leg raising test: Comparison of three instruments. Phys Ther. 1983;63:1429-33.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, 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.
- Hui SS, Yuen PY. Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with other protocols. Med Sci Sports Exerc. 2000;32:1655-9.
- Hoehler FK, Tobias JS. Low back pain and its treatment by spinal manipulation: Measures of flexibility and asymmetry. Rheumatol Rehabil. 1982;21:21-6.
- Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, Wightman SE. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. J Orthop Sports Phys Ther. 1993;18:614-8.
- Boland RA, Adams D. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. Aust J Physiother. 2000;46:191-200.
- Rose MJ. The statistical analysis of the intra-observer repeatability of four clinical measurement techniques. Physiother. 1991;77:89-91.
- Troup JDG. Straight-leg-raising (SLR) and the qualifying tests for increased root tension: Their predictive value after back and sciatic pain. Spine. 1981;6:526-7.
- Boland R, Adams R, Traiforis C, Tsang CY. The effect of ankle dorsiflexion on range and reliability of passive straight leg raising. Proceedings of the Ninth Biennial Conference of the Manipulative Physiotherapists Association of Australia, Gold Coast; 1995. p. 11-4.
- Li Y, McClure PM, Pratt N. The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. Phys Ther. 1996;76:836-49.
- Worrel TW, Perrin DH. Hamstring muscle injury: the influence of strength, flexibility warm-up and fatigue. J Orthop Sports Phys Ther. 1992;16:12-8.
- Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V, Maeahlum S. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. Scand J Med Sci Sports. 1997;7:279-82.
- Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, Cleland J. Standing and supine hamstring stretching are equally effective. J Athle Train. 2004;39:330-4.
- Norris CM, Matthews M. Inter-tester reliability of a self-monitors active knee extension test. J Bodywork Mov Ther. 2005;9:256-9.
- Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasising reliability and validity. Phys Ther. 1987;67:1867-72.
- Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 1998.
- 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.
- Chow R, Adams R, Herbert R. Straight leg raise test high reliability is not a motor memory artefact. Aust J Physiother. 1994;40:107-11.
- Macfarlane A. Test retest reliability of SLR as determined by P1. Unpublished postgraduate diploma dissertation. La Trobe University. Melbourne; 1981.
- Troup JD, Hood CA, Chapman AE. Measurements of the sagittal mobility of the lumbar spine and hips. Part B. Ann Phys Med. 1968;9:308-21.
- Rodríguez PL. Educación física y salud del escolar: Programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada; 1998.
- Cameron DM, Bohannon R. Relationship between active knee extension and active straight leg raise test measurements. J Orthop Sports Phys Ther. 1993;17:257-60.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Rodriguez-Garcia 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, Rodríguez-García PL, Yuste JL, Alacid F, Ferragut C, García A. Validez de la posición del raquis lumbo-sacro en flexión como criterio de extensibilidad isquiosural en deportistas jóvenes. Arch Med Deporte. 2008;25:103-10.
- López-Miñarro PA. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. Cult Cienc Deporte. 2010;5:25-31.
- 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.
- Gómez S. Estudio sagital del raquis en bailarinas de danza clásica y danza española. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 2007.
- 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.