



Revisión

Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia

F. Ayala^a, P. Sainz de Baranda^b, A. Cejudo^c y F. Santonja^d

^aCentro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández. Elche. ISEN formación universitaria. Centro adscrito a la Universidad de Murcia. Murcia. España.

^bFacultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia. Murcia. España.

^cCentro Deportivo INACUA-Murcia. Murcia. España.

^dFacultad de Medicina. Universidad de Murcia. Departamento de Traumatología. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia. España.

Historia del artículo:

Recibido: el 2 de junio de 2012

Aceptado: el 1 de septiembre de 2012

Palabras clave:

Test elevación de la pierna recta.

Test del ángulo poplíteo.

Acortamiento.

Rango de movimiento.

Longitud muscular.

RESUMEN

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 se destacan: a) la prueba de elevación de la pierna recta; b) la prueba del ángulo poplíteo; 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 para todos los protocolos, fundamentalmente en cuanto a la posible participación de pelvis y raquis, posición de la articulación del tobillo (en flexión dorsal o posición neutra), diferentes límites de normalidad en las exploraciones, aplicación de distinta velocidad y fuerza en la realización de los tests, existencia o no de calentamiento previo y variabilidad de los instrumentos empleados. Esta especificidad metodológica puede repercutir en la decisión final de elección de una u otra prueba por parte de científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito de las Ciencias del Deporte. Por ello, los objetivos principales de esta revisión bibliográfica son: describir la metodología de valoración de las pruebas angulares más empleadas en el ámbito clínico y científico; así como aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales para categorizar la flexibilidad isquiosural como normal o acortamiento.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Angular tests for estimating hamstring flexibility: description of their measurement method and reference values

The assessment tests based on angular measurements are widely used to estimate and monitor hamstring muscle flexibility in both clinic and scientific settings. Several angular assessment tests have been described in the scientific literature, among which stand out: a) the straight leg raise test; b) the knee extension test; and c) the assessment tests that study the hip position and the caudal portion of lumbar spine at maximal trunk flexion position, distinguishing between "vertical hip joint angle" and "horizontal hip joint angle". Several limitations have been reported regarding the precision of these tests to estimate hamstring flexibility, such as: the influence of pelvis and spine movements, the position of the ankle joint (neutral position vs. dorsi-flexion), the use of different cut off values, the magnitude of the strength and speed used to carry on the tests, the warm-up design and the variability of the measurement tools used. This variability in the assessment methodologies might affect the final decision of choosing one or another assessment test by scientists, clinicians, and sport practitioners. Therefore, the main purposes of the current literature review are: to describe the assessments methodology of the most common angular tests used in clinic and scientific settings, as well as to report the cut-off values, which could be used for practitioners in order to categorize the hamstring flexibility as normal or limited.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

F. Ayala

C/ Huerto Manú, n° 5, 3°E.

30009 Murcia

E-mail: Franciscoayalarodriguez@gmail.com

INTRODUCCIÓN

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^{1,2} así como una reducción del rendimiento físico-deportivo³.

La valoración eficaz del estado de esta musculatura requiere de la selección de pruebas diagnósticas que posean un procedimiento exploratorio sencillo, con un reducido gasto humano y material, así como un elevado grado de validez y fiabilidad⁴. La prueba más válida o "gold standard" para la valoración de la flexibilidad isquiosural es la radiografía⁵, sin embargo su uso en el ámbito científico, clínico y deportivo es extremadamente limitado debido a su elevado coste económico, la necesidad de personal altamente cualificado, así como a la elevada sofisticación del procedimiento de exploración. Por ello, en base a los conocimientos anatómicos, se han descrito en la literatura científica diferentes métodos indirectos de exploración de la musculatura isquiosural que requieren menor gasto humano y material.

Las pruebas de valoración basadas en medidas angulares son las que los estudios científicos utilizan con mayor frecuencia para valorar y monitorizar el estado de la musculatura isquiosural tras la aplicación de programas de intervención (por ejemplo estiramientos)⁶. La razón principal de su gran popularidad en el ámbito científico reside en que, a diferencia de otras pruebas exploratorias (*sit-and-reach*), tan sólo involucran el movimiento de una articulación (cadera y rodilla principalmente) y no están influenciadas por factores antropométricos (por ejemplo longitud de brazos y piernas)⁶, lo cual las hace más precisas⁷.

En este sentido, 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)⁸, b) la prueba del ángulo poplíteo (AP)⁹ 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)¹⁰.

Se han descrito limitaciones e inconvenientes en todos los protocolos, fundamentalmente en cuanto a la posible participación de pelvis y raquis^{11,12}, posición de la articulación del tobillo (en flexión dorsal o posición neutra)^{13,14} y el establecimiento de diferentes límites de normalidad en las exploraciones¹⁵⁻¹⁹. Estas diferencias en cuanto a su proceso de evaluación confieren a cada una de estas pruebas de valoración una serie de ventajas e inconvenientes, las cuales podrían repercutir en la decisión final de elección de una u otra por parte de científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito de la medicina del deporte.

En base a lo expuesto, los objetivos principales de esta revisión bibliográfica son: a) describir la metodología de valoración de las pruebas angulares más empleadas en el ámbito clínico y científico; así como b) aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales para categorizar la flexibilidad isquiosural como normal o acortamiento.

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS DE LAS PRUEBAS DE RECORRIDO ANGULAR

Prueba de elevación de la pierna recta

La prueba EPR estima la flexibilidad de la musculatura isquiosural a través del ángulo de la flexión de cadera con rodilla extendida. En este sen-



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

tido, el sujeto a explorar se situará en decúbito supino sobre una camilla. Se colocará a) el goniómetro a nivel del eje de giro de la cabeza femoral (ligeramente por encima del extremo proximal del trocánter mayor) y se extenderá el brazo telescópico del mismo hasta la punta del maléolo peroneo¹⁹; o b) el inclinómetro próximo al maléolo peroneo con la varilla telescópica en la línea que representa la bisectriz de la pierna²⁰. Entonces, el examinador realizará una lenta y progresiva flexión de la cadera con rodilla extendida, tomándose el valor angular de la máxima flexión que tolera el individuo o el momento en el cual la pelvis comience a bascular en retroversión. Se considerará 0° en posición de reposo y 90° cuando el miembro inferior está completamente perpendicular a la camilla (fig. 1).

Algunos autores seleccionan la prueba EPR como el mejor método de exploración del grado de acortamiento de la musculatura isquiosural, por su fácil realización y mayor correlación entre sí y con las demás pruebas, siempre que se siga una cuidadosa y metódica exploración, así como una correcta identificación de las anomalías, diferenciando conceptos como tensión, presión, dolor neurológico, irradiado, referido, etc.²¹. Sin embargo, y unido a la habilidad del explorador, un aspecto que puede alterar la calidad del resultado final de la prueba EPR, y con ello la posibilidad de establecer un diagnóstico apropiado de acortamiento de la musculatura isquiosural es: a) la posición del tobillo, y b) la rotación de la pelvis.

Posición del tobillo (flexión plantar frente a flexión dorsal)

A pesar de que el tríceps sural no tiene relación anatómica pero sí funcional con la cadera (articulación requerida durante la maniobra de la prueba EPR), estos músculos pueden alterar el resultado final de la prueba EPR y, en general, de todas las pruebas diagnósticas de la flexibilidad isquiosural, porque tienen implicación sobre la rodilla. Así, cuando la cadera es flexionada con la rodilla extendida y el tobillo en flexión dorsal, toda la cadena muscular posterior del muslo y pierna está sometida a tensión¹⁷.

En este sentido, si se realiza la maniobra exploratoria de la prueba EPR con el tobillo en posición de flexión dorsal, el paciente podría sentir una gran sensación de tirantez en el tríceps sural, especialmente si esta musculatura se encuentra acortada²². Así, el sujeto podría no ser capaz de estirar su musculatura isquiosural al máximo porque la tensión a la que se encuentra sometido el tríceps sural le generaría una sensación de disconfort tal que le llevaría al cese de la prueba²².

Estos posicionamientos teóricos con respecto a la influencia de la posición del tobillo sobre el resultado final de la prueba EPR han sido ratificados a nivel cuantitativo por ciertos estudios previos^{14,23}. Así, Gajdosik et al.²³ examinaron y compararon el efecto de la posición del tobillo (flexión plantar frente a flexión dorsal) sobre el rendimiento en el test EPR activo (AEPR) y pasivo (PEPR) en participantes asintomáticos. Los resultados de este estudio claramente demuestran que los valores de flexión de cadera en ambas pruebas fueron menores con el tobillo en flexión dorsal, en torno a 10°. Asimismo, el análisis post hoc no mostró diferencias significativas entre la prueba AEPR y PEPR. Similares resultados fueron encontrados por Boland y Adams¹⁴, quienes indicaron que la flexión dorsal del tobillo reducía de forma significativa el rango de movimiento (ROM) de la flexión de cadera durante la maniobra del PEPR en torno a 9° en una población de pacientes con dolor lumbar.

Por lo tanto, para evitar la alteración negativa sobre el resultado final de la prueba EPR, que podría ser generada como consecuencia de un posible acortamiento de la musculatura del tríceps sural, se recomienda a científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito físico deportivo la colocación de la articulación del tobillo en posición neutra o ligera flexión plantar durante la realización de la maniobra exploratoria EPR.

Rotación de la pelvis

Una de las principales desventajas descritas en la literatura científica sobre el uso de la prueba EPR radica en la gran cantidad de rotación pélvica (plano sagital) que se produce durante su maniobra exploratoria, lo cual podría alterar la validez de los resultados obtenidos^{11,12,24,25}. Además, Bohannon et al.^{12,24} y Santonja²⁶ informan de movimientos laterales de la pelvis que incrementan los resultados obtenidos en la máxima flexión de cadera, aunque tales movimientos no han sido medidos específicamente.

Se ha documentado que la rotación pélvica produce un aumento medio de 28° - 35° en el resultado final del test^{12,24}. Además, se ha observado que el inicio del movimiento de rotación de la pelvis se sitúa al comienzo de la maniobra (6°-9° con la horizontal) y continúa su aumento progresivo a lo largo de la misma^{12,24}. Bohannon et al.^{12,24} encuentran una elevada correlación ($r = 0,89 - 1,00$) entre el incremento de la rotación de la pelvis y el incremento pasivo del ángulo que forma la pierna con la horizontal, de tal forma que cada grado de incremento de la rotación de la pelvis venía acompañado de 2,8° de incremento medio de la pierna con la horizontal. Por tanto, del resultado final de la maniobra de la prueba EPR, un valor medio del 28 % (95 % intervalo de confianza [IC] = 24,4° - 36,2°) proviene del movimiento de rotación de la pelvis con respecto a la horizontal^{11,12,24,25}.

Por todo ello, ciertos autores consideran que en la prueba EPR la musculatura isquiosural presenta un origen no fijo, postulando con ello que el resultado obtenido podría no reflejar el cambio en la longitud de dicha musculatura^{11,12,24}.

Para intentar minimizar el inconveniente de la rotación pélvica, ciertos autores han propuesto determinadas variaciones en el procedimiento exploratorio de la prueba EPR, tales como: a) la aplicación de fijaciones-cinchas en pelvis y/o pierna contralateral^{9,11,27,28}; b) su realización de forma activa^{25,29} y/o bilateral²⁴; así como c) la modificación y/o fijación de la posición inicial de la pelvis^{6,17,25}.

Aplicación de fijaciones-cinchas en pelvis y/o pierna contralateral.

Bohannon¹¹, Cameron y Bohannon²⁷ y Gajdosik y Lusin⁹ proponen la aplicación de cintas inextensibles para fijar la pelvis y/o pierna contrala-

teral, y poder así intentar reducir la magnitud del incremento del movimiento pélvico. En este sentido, Bohannon¹¹ comparó la magnitud del incremento de la rotación de la pelvis con tres métodos distintos de fijación de la misma y/o pierna contralateral durante la maniobra PEPR. Este autor concluyó que la fijación de la pelvis, la fijación de pelvis y pierna contralateral y la fijación aislada de la pierna contralateral no modificaron la magnitud de la rotación en el plano sagital de la pelvis.

Naturaleza de la prueba exploratoria (pasiva-activa) y lateralidad (unilateral-bilateral).

Ciertos autores han propuesto la realización de la flexión de cadera de forma activa durante la maniobra de exploración de la prueba EPR, para tratar con ello de determinar si la rotación de la pelvis se minimizaba^{12,25}. Bohannon et al.¹² observaron que la contribución de la rotación de la pelvis en el resultado final de la prueba EPR era esencialmente la misma durante la maniobra activa y pasiva (menos del 4 % de diferencia en la pendiente a lo largo de todo el ROM). Sin embargo, Cameron et al.²⁵ informaron que la naturaleza de la prueba (activa o pasiva) afectaba significativamente ($p < 0,003$) al ángulo de rotación de la pelvis, con un incremento en la medida para la modalidad pasiva (+3°).

En esta línea, Bohannon¹² y Gajdosik y Lusin⁹ sugieren que las pruebas activas pueden ser más apropiadas para la valoración de la flexibilidad isquiosural que las pruebas pasivas, porque la fuerza aplicada por la musculatura flexora de cadera durante el AEPR podría ser más constante entre intentos. Así, cuando las pruebas pasivas son utilizadas para estimar la longitud muscular y los ángulos articulares, los resultados obtenidos son parcialmente dependientes de la fuerza que es aplicada durante la maniobra por el evaluador⁹. Sin embargo, Fredriksen et al.³⁰ recomiendan la elección de la modalidad pasiva, pues consideran que la realización de la prueba activa requiere de una elevada coordinación intermuscular cuádriceps-isquiosural (gran brazo de palanca), de tal forma que la flexión activa de cadera debe de ir acompañada de una relajación total de la musculatura isquiosural, habilidad ésta muy poco frecuente en personas sedentarias.

Por otro lado, Bohannon et al.²⁴ analizaron si existían diferencias en la magnitud de la rotación de la pelvis entre la prueba EPR unilateral y EPR bilateral, realizando sus modalidades activa y pasiva. Los resultados mostraron que las pruebas bilaterales obtuvieron mayores valores (aunque no significativos) de rotación de la pelvis (43,7° y 37,8° para la modalidad activa y pasiva respectivamente) que sus homónimos unilaterales (34,2° para la flexión activa y 35,4° para la flexión pasiva), con una diferencia mayor del 15 % en la inclinación de la línea de regresión.

Modificación y/o fijación de la posición inicial de la pelvis.

Por último, ciertas acciones han sido descritas en la literatura científica para tratar de modificar la posición inicial de la pelvis y/o la fijación de la misma durante toda la maniobra exploratoria. En este sentido, la ligera flexión de la pierna contralateral ha sido una maniobra propuesta por determinados autores^{17,25} para tratar de conseguir una retroversión inicial (10° - 12°) de la cadera.

En este sentido, Cameron et al.²⁵ examinaron la influencia de la posición inicial de la pierna contralateral (flexionada frente a extendida) sobre el ángulo obtenido en la prueba PEPR y rotación de la pelvis en personas adultas asintomáticas ($n = 22$). Los resultados de este estudio informaron que la posición de la pierna contralateral afecta al ángulo obtenido en la maniobra PEPR (flexionada > extendida) pero no influye significativamente en la cantidad de rotación pélvica producida, aunque sí se observó un ligero incremento en los valores cuando la cadera contralateral permaneció extendida (0,3° en el PEPR y 1,7° en el AEPR).



Fig. 2. Prueba pasiva de elevación de la pierna recta medida con inclinómetro, explorador auxiliar y soporte lumbar.

Fisk³¹ sugiere la utilización de dos exploradores de forma que uno de ellos realiza la prueba y mantiene la pelvis fija con la mano en la espina iliaca antero-superior y el otro efectúa la medición. Santonja et al.^{6,10} han descrito y diseñado un soporte lumbar o “Lumbosant”, estructura rígida que se coloca en la región lumbar amoldándose a la curva lordótica y evitando su inversión y la basculación de la pelvis.

La utilización de un explorador auxiliar y un soporte lumbar rígido podrían ser medidas apropiadas para minimizar la rotación de la pelvis (fig. 2), a diferencia de la propuesta de “presionar” activamente la zona lumbar contra la camilla. Esta última hipótesis está basada en factores empíricos, siendo necesarios más estudios científicos que avalen la misma.

Consideraciones generales

De todo lo anteriormente expuesto se podrían extraer las siguientes conclusiones en relación a los intentos de aislar el movimiento de flexión de cadera con rodilla extendida durante la maniobra exploratoria del test EPR y con ello, obtener un diagnóstico válido del nivel de flexibilidad de la musculatura isquiosural:

- 1) La articulación del tobillo debe de colocarse en posición neutra.
- 2) Se debería apostar por la modalidad pasiva y unilateral, debido a que presenta una mayor sencillez y ambas piernas pueden ser exploradas por separado.
- 3) Para minimizar los movimientos indeseados de la pelvis durante la maniobra exploratoria (rotación e inclinación lateral) se recomienda el empleo de un soporte lumbar rígido, así como de un explorador auxiliar entrenado que fije la pelvis contralateral (fig. 2).

Prueba del ángulo poplíteo

Esta maniobra de valoración de la flexibilidad isquiosural fue inicialmente diseñada para tratar de eliminar las limitaciones observadas durante la puesta en práctica de la prueba EPR, tales como: a) confusión sobre si el tejido que limita la prueba es muscular o neurológico; b) la considerable rotación de la pelvis que ocurre durante la maniobra de EPR, y que puede afectar a su criterio de validez; y c) el elevado brazo de palanca que podría dificultar la aplicación del EPR en personas con debilidad en los músculos flexores de cadera^{9,27}.

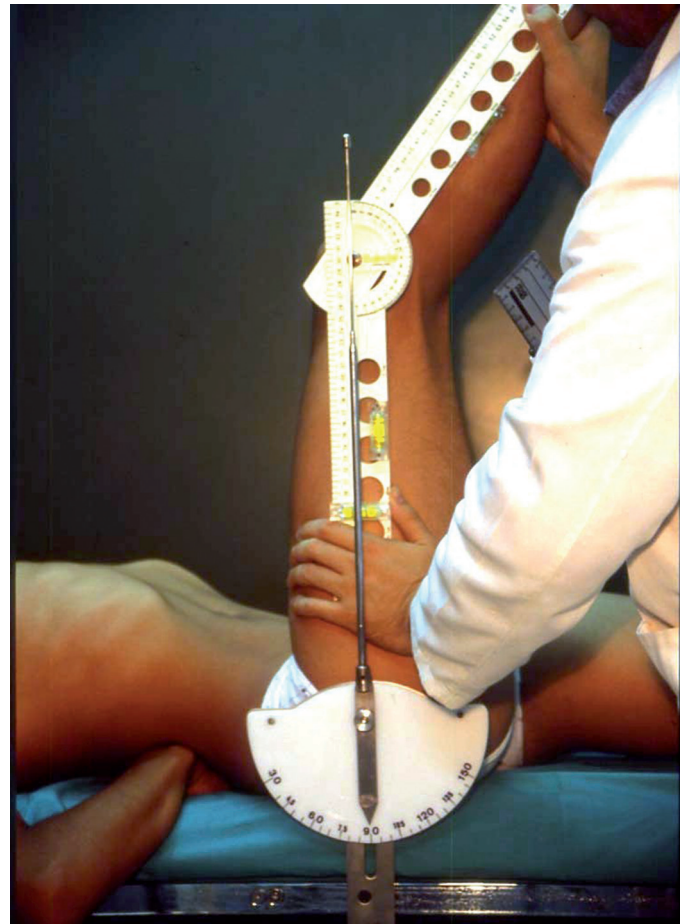


Fig. 3. Prueba pasiva del ángulo poplíteo.

Es una maniobra basada en la medida angular alcanzada por la extensión de rodilla con cadera flexionada^{9,21,32-34}. En decúbito supino se coloca al paciente con cadera y rodilla flexionada a 90° con tobillo en posición neutra, haciendo coincidir el centro del goniómetro con el eje de movimiento de la rodilla o el inclinómetro próximo al maléolo peroneo con la varilla telescópica en la línea que representa la bisectriz de la pierna (fig. 3). A partir de esa posición, se efectúa una extensión a) pasiva (prueba del ángulo poplíteo pasivo [APP]) o b) activa por parte del paciente (prueba del ángulo poplíteo activo [APA]), lenta y progresiva de la rodilla hasta que se alcance una sensación tolerable de estiramiento^{6,9} o se produzca retroversión de la pelvis y corrección de la lordosis lumbar. La cadera debe quedar flexionada a 90° durante toda la maniobra y la pierna contralateral en extensión (fig. 3). La medición se realiza en grados, pudiendo determinarse el ángulo entre tibia y fémur, o más habitualmente, su suplementario considerando cero la extensión completa^{6,9,21,33}.

Sin embargo, la literatura científica ha sugerido que esta prueba presenta inconvenientes similares a los descritos en la maniobra del EPR^{6,9,35}. Al llegar a un determinado grado de extensión de rodilla se produce una basculación pélvica con rectificación de la lordosis lumbar, que haría aumentar el valor de la prueba si no se tiene en cuenta³⁵, aunque para Gajdosik y Lusin⁹ este movimiento podría ser menor que en el EPR al estar la pelvis menos implicada en la ejecución de la prueba. En este sentido, Frediksen et al.³⁰ observaron un movimiento medio de rotación de la pelvis de 4° tras la realización de la prueba APP, lo cual podría no ser clínicamente relevante.

A pesar de ello, ciertos autores recomiendan colocar cinchas en el muslo contra-lateral y pelvis^{9,27} o la participación de un segundo explorador³⁶ para ayudar a su estabilización. En este sentido, Bado³⁷ controla este movimiento con la ayuda de una mano colocada bajo el segmento lumbar.

El grado de flexión de cadera y la velocidad de extensión de la rodilla también podría influir sobre la medición del ángulo³⁸. Otra dificultad añadida estriba en que para aquellas personas que posean más de 90° de flexión de cadera con rodilla extendida no podría precisar su grado exacto de flexibilidad isquiosural, no siendo por tanto una prueba precisa para ellos³⁹. Para tratar de solucionar este problema, Frediksen et al.³⁰ propusieron que la posición inicial de la cadera de la pierna evaluada pasara de los 90° a los 120° de flexión. Igualmente, sujetos que no puedan activamente flexionar la cadera y extender la rodilla no son candidatos para llevar a cabo la prueba APA²⁷.

Otro aspecto que podría influir en la valoración de la flexibilidad isquiosural es la disposición del tobillo durante la maniobra exploratoria de la prueba del AP. En este sentido, Russell et al.⁴⁰ compararon los resultados obtenidos en la prueba APA con tobillo en flexión plantar y con tobillo en flexión dorsal en adultos activos. Los resultados mostraron un mayor ROM activo de la extensión de rodilla cuando la disposición del tobillo fue en flexión plantar ($102,9^\circ \pm 12,6$) en comparación con la posición de flexión dorsal ($96,9^\circ \pm 11,5^\circ$), con un 95 % IC que giró en torno a los $3,6^\circ - 8,3^\circ$.

Finalmente, esta prueba de valoración presenta una gran dificultad técnica para el explorador (afirmación establecida bajo la experiencia clínica de los autores), pues éste debe de prestar atención tanto a la correcta colocación de la articulación de la cadera (90 o 120 grados de flexión) como al movimiento de flexión de rodilla (activo o pasivo), sin que se produzcan en ningún momento movimientos de rotación interna de la cabeza del fémur o tibia.

Por lo tanto, para tratar de obtener un diagnóstico válido del nivel de flexibilidad isquiosural a través del empleo de la prueba exploratoria AP, se recomienda a científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo:

- 1) Seleccionar la prueba AP en su modalidad pasiva debido a su menor complejidad en comparación con la modalidad activa.
- 2) En pacientes que presenten elevados niveles de flexibilidad disquiosural se recomienda colocar la articulación de la cadera fija en 120° de flexión.
- 3) La articulación del tobillo debe de colocarse en posición neutra.
- 4) Emplear un soporte lumbar fijo, así como un explorador auxiliar entrenado que limiten los movimientos indeseados de la pelvis.

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

Descritos inicialmente por Santonja y Martínez¹⁹ y posteriormente desarrollados por Kendall et al.¹⁷, los ángulos "lumbo-vertical" (Lv) y "lumbo-horizontal" (Lhfx) en flexión máxima de tronco o "hip joint angle" (HJA) miden la basculación de la pelvis o su retroversión (en caso de acortamiento), con la vertical u horizontal, lo que nos da información sobre las posibles repercusiones del acortamiento isquiosural en dicha región⁶.

La justificación anatómica de su utilización radica en que al estar la musculatura isquiosural insertada en la tuberosidad isquiática de la pelvis, su flexibilidad debería tener una influencia directa sobre los movimientos de flexión máxima de tronco^{41,42}. En este sentido, Santonja et



Fig. 4. Medición del ángulo lumbo-horizontal en flexión.

al.¹⁰ consideran de gran interés medir el ángulo lumbo-horizontal en flexión, porque evidencia las dificultades de la pelvis para mantener su verticalidad en posiciones de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas, cuantificándose así su retroversión y, del mismo modo, la influencia de la musculatura isquiosural sobre la pelvis.

Estos ángulos suelen ser medidos durante las maniobras de evaluación de las pruebas *sit-and-reach*, es decir, con la posición de partida del paciente sentado (Lhfx) o de pie (Lv) con las piernas extendidas y tobillos a 90° de flexión, solicitándole que flexione al máximo su tronco hacia adelante para alcanzar/sobrepasar la punta de los pies. En la posición de máxima flexión obtenida se mide el ángulo de apertura anterior existente entre el sacro y la porción más caudal del raquis lumbar con la vertical (fig. 4) u horizontal (fig. 5), aunque en la actualidad se utiliza la medición del ángulo suplementario para que un mayor ángulo se corresponda con un mayor nivel de flexibilidad, y con ello unificar criterios con el resto de pruebas exploratorias¹⁰. Esto es, se ha de apoyar una de las ramas del goniómetro sobre las espinosas de L5 a S2 manteniendo vertical (Lv) u horizontal (Lhfx) la otra, por lo que se ha de restar 180° al ángulo obtenido (por ejemplo, medimos un Lhfx = 60°; al ser el suplementario $180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$)^{6,10}.

Al igual que ocurría con la prueba EPR, la posición del tobillo podría alterar el resultado final del ángulo Lhfx y Lv. Puesto que dicho ángulo suele ser medido durante las maniobras exploratorias de las pruebas clásicas *sit and reach* y *toe touch*, la posición del tobillo es de 90° de flexión dorsal. Por ello, y siguiendo la misma argumentación que en apartados anteriores, personas con acortamiento del tríceps sural podrían obtener un diagnóstico erróneo del grado de flexibilidad isquiosural.

En este sentido, Cardoso et al.⁴³ proponen la medición del ángulo de inclinación de la pelvis con el tobillo en posición neutra para evitar la

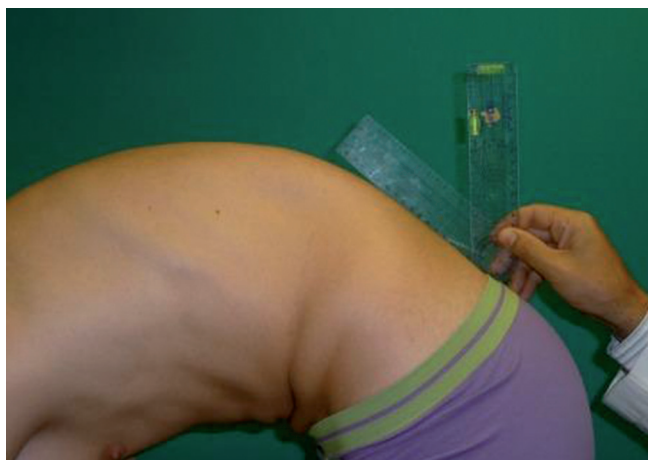


Fig. 5. Medición del ángulo lumbo-vertical en flexión.

posible influencia negativa del tríceps sural. Posteriormente, Kawano et al.²² informan que la posición del tobillo altera significativamente el resultado final de la máxima flexión de tronco, siendo mayores los valores obtenidos cuando el tobillo se coloca en posición neutra (95 % IC de la diferencia media = 3,5° - 4,9°). Además, la magnitud de la diferencia media no difiere entre sexos.

Estas pruebas exploratorias son un intento de realizar una valoración más sencilla de la flexibilidad isquiosural, sin las limitaciones del resto de pruebas angulares (necesidad de dos exploradores, rotación pélvica) y lineales (influencia de factores antropométricos y movimientos de articulaciones como la escapular y vertebral)⁴¹. Sin embargo, estas pruebas exploratorias podrían ser menos apropiadas que las pruebas anteriormente descritas porque involucran un movimiento global de todo el cuerpo (flexión máxima de tronco), a diferencia de las pruebas EPR y AP que únicamente solicitan el movimiento monoarticular de flexión de cadera o extensión de rodilla respectivamente⁴¹. Además, la prueba Lhfx podría no ser válida en aquellos sujetos que por poseer un excesivo acortamiento de la musculatura isquiosural o debilidad de la musculatura del tronco no son capaces de mantener una posición de sentado sobre una superficie plana durante varios segundos⁴³.

VALORES DE REFERENCIA DE LAS DIFERENTES PRUEBAS DE RECORRIDO ANGULAR

Hoy en día, no existe unanimidad al fijar los límites de normalidad y acortamiento de las diferentes pruebas de recorrido angular (tabla 1).

Tabla 1
Intervalos de normalidad y cortedad para los test PEPR, APP, APA, Lhfx y Lv

Flexibilidad isquiosural	PEPR	APP	APA	Lhfx	Lv
Normal	≥ 90° ^{17,48,49} ≥ 80° ^{17,39,44,45,46} ≥ 75° ¹⁵ ≥ 70° ^{47,48}	≤ 15° ^{6,21,34} ≤ 20° ⁵¹ ≤ 30° ⁴⁷	≤ 15°-20° ^{33,52}	≥ 80° ¹⁷ ≥ 71° ^{10,15}	≥ 65° ¹⁵
Grado I	61°-74° ¹⁵	16°-34° ¹⁵	≥ 20° ^{33,52}	70°-63° ^{10,15}	≤ 64° ¹⁵
Grado II	≤ 60° ¹⁵	≥ 35° ¹⁵		≤ 63° ^{10,15}	

PEPR: prueba pasiva de elevación de la pierna recta; APP: prueba pasiva del ángulo poplíteo; APA: prueba activa del ángulo poplíteo; Lv: prueba lumbo-vertical en flexión; Lhfx: prueba lumbo-horizontal en flexión; °: grados.

Hay que tener en cuenta, que sería necesario conocer qué valores de referencia se pueden utilizar como indicadores de "buena" flexibilidad o "mala" flexibilidad, con el objetivo de determinar el nivel de flexibilidad de una persona y determinar si es necesario introducir un programa de intervención que mejore esos valores.

Con relación a la musculatura isquiosural, Santonja²⁶ expone que existen dos grados de acortamiento. El grado I o leve, el más frecuente, y la marcada o grado II, que en una altísima proporción produce repercusiones sobre el raquis lumbar y en ocasiones sobre el raquis dorsal.

Por lo que respecta a la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la prueba EPR, determinados autores^{17,39,44-46} establecen como valores de normalidad aquellos que superen los 80° de flexión pasiva de cadera con rodilla extendida. Bandy e Irion⁴⁷ y Li et al.⁴⁸ disminuyen la cifra anterior, pues consideran valores normales aquellos que superen los 70° de flexión de cadera con rodilla extendida. Por su parte, Cosentino⁴⁹ y Kapandji⁵⁰ marcan la normalidad en los 90° de flexión de cadera con rodilla extendida. Sin embargo, ninguno de los autores anteriores^{17,49,50} establece límites en los casos de acortamiento, ni una graduación de acuerdo a su gravedad. Tan sólo Ferrer¹⁵ establece los límites de dos grados de acortamiento isquiosural, basándose en los resultados obtenidos en la prueba PEPR y siguiendo la terminología establecida años antes por Santonja²⁶. En este sentido, Ferrer¹⁵ establece como valor normal los mayores o iguales a 75° de flexión de cadera, acortamiento leve o moderado o de grado I aquellos que se sitúan entre 61°-74° y marcado acortamiento o de grado II si los valores son menores o iguales a 60°.

Para la prueba APP han sido considerados valores normales entre 0° - 15° de flexión de la rodilla, acortamiento moderado entre 16° - 34°; y marcado si los valores son iguales o superiores a 35°^{6,21,34}. Otros estudios establecen el acortamiento isquiosural como 30° hasta la extensión de rodilla con la cadera a 90° de flexión⁴⁷, e incluso otros reducen el ángulo hasta 20° para la extensión de rodilla⁵¹. Por su parte, para la maniobra APA, valores por encima de 15° - 20° de flexión de rodilla han sido considerados como normales⁵².

Por último, como valores de referencia para el Lhfx (medido a través de la prueba *sit and reach*), Santonja et al.⁶ consideran valores normales hasta 71°, acortamiento grado I entre 70° y 63°, y acortamiento grado II cuando dicho grado es menor o igual a 62°. Por su parte, Kendall et al.¹⁷ consideraron valores de normalidad los superiores a 80° de inclinación de pelvis, lo cual equivalía a valores mayores de 80° en la prueba PEPR. Para el ángulo Lv (medido a través de la prueba *toe touch*), valores iguales o superiores a 65° son considerados normales, indicando acortamiento los valores por debajo de 64°^{6,15}.

Recientemente, el ángulo de inclinación de la pelvis ha sido descrito en el momento de máxima flexión de tronco medida a través de las pruebas de recorrido lineal V *sit and reach*⁷, modificado *back saver sit and reach*⁷ y *back saver sit and reach*⁵³. En este sentido, las diferentes posiciones de ejecución de los distintos protocolos *sit and reach* (unilateral o bilateral, en sedentación o bipedestación, con más o menos flexión de la cadera no evaluada, con abducción coxofemoral o no, así como por el uso o no de un cajón de medición) utilizados para la valoración del ángulo de inclinación de la pelvis generan diferencias significativas en los resultados obtenidos⁷. Por tanto, no sería apropiado el uso de similares valores de referencia de normalidad y acortamiento isquiosural en el ángulo de inclinación de la pelvis obtenido a través de los diferentes protocolos *sit and reach*.

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Son numerosas las variaciones que, de las distintas pruebas de recorrido angular, han sido propuestas por determinados autores a lo largo de los años. Todas estas variaciones han tratado de minimizar aquellos movimientos que podrían afectar al movimiento “puro” de máxima flexión de cadera con rodilla extendida y al movimiento “puro” de máxima extensión de rodilla con cadera flexionada 90°. Sin embargo, las posibles ventajas atribuidas a las diferentes propuestas con respecto a sus originarios son, en muchos casos, fruto de posicionamientos empíricos y del establecimiento de hipótesis puramente teóricas. Por ello, se requiere de más estudios de análisis cinemático que valoren si la magnitud de los movimientos perturbadores de las diferentes maniobras exploratorias se ven reducidos como consecuencia de la introducción de una nueva variante propuesta. En este sentido, sería muy interesante un estudio

detallado del movimiento de la cadera (rotación e inclinación en el plano sagital) durante la prueba PEPR medida con soporte lumbar y un explorador auxiliar que fijase la pelvis con la mano.

CONCLUSIONES

Todas las pruebas de estimación de la flexibilidad isquiosural anteriormente descritas han sido ampliamente empleadas en la literatura científica como herramientas para a) categorizar el estado de la musculatura isquiosural de un sujeto o grupo de ellos y b) evaluar la eficacia de la respuesta ante programas de mejora de la flexibilidad isquiosural.

Tras el análisis de la bibliografía y teniendo en cuenta parámetros procedimentales se puede concluir que:

Tabla 2

Propuesta metodológica, descripción de las ventajas e inconvenientes y valores de referencia de las pruebas exploratorias de la flexibilidad isquiosural

Prueba exploratoria	Ventajas e inconvenientes	Valores de referencia
<p><i>Prueba de elevación de la pierna recta</i> El sujeto a explorar se situará en decúbito supino sobre una camilla, con sus piernas estiradas y la articulación del tobillo en posición neutra. Un soporte lumbar rígido será empleado para mantener la curva lordótica dentro de los valores de normalidad. Un explorador auxiliar entrenado deberá mantener la pierna contralateral estirada (mano izquierda) y fijar la pelvis (mano derecha) para minimizar los movimientos de rotación e inclinación lateral de la misma. Entonces, el administrador de la prueba colocará el inclinómetro próximo al maléolo peroneo con la varilla telescópica en la línea que representa la bisectriz de la pierna (mano derecha) y la mano libre (izquierda) será colocada sobre la rodilla de la misma pierna para evitar la flexión de rodilla. A partir de aquí, la cadera del paciente será pasivamente movida por el administrador del test hasta su máxima flexión. El resultado final de la prueba en grados será determinado por uno o ambos de los siguientes criterios: a) cuando el administrador del test y/o paciente perciban una fuerte resistencia y/o b) cuando el explorador auxiliar palpe el inicio de la retroversión o inclinación lateral de la pelvis (fig. 2).</p>	<p><i>Ventajas:</i> Permite la evaluación de ambas piernas por separado Gran precisión en el diagnóstico Todos los pacientes pueden ser evaluados, independientemente de su nivel de flexibilidad isquiosural</p> <p><i>Inconvenientes:</i> Precisa de dos exploradores entrenados Posibles movimientos perturbadores de rotación e inclinación lateral de la pelvis</p>	<p>Normalidad: $\leq 75^\circ$ Acortamiento grado I: $61^\circ - 74^\circ$ Acortamiento grado II: $\leq 60^\circ$</p>
<p><i>Prueba del ángulo poplíteo</i> En decúbito supino se colocará al paciente con cadera y rodilla flexionada a 90°, con tobillo en posición neutra, quedando la cadera y rodilla contralateral extendidas. Un soporte lumbar rígido será empleado para mantener la curva lordótica dentro de los valores de normalidad. Un explorador auxiliar entrenado deberá mantener la pierna contralateral estirada (mano izquierda) y fijar la pelvis (mano derecha) para minimizar los movimientos de rotación e inclinación lateral de la misma. El administrador del test hará coincidir el centro del goniómetro (con burbuja de nivel incorporada) con el eje de giro de la rodilla (mano izquierda). A partir de esa posición, se efectuará una extensión pasiva de rodilla lenta y progresiva (mano derecha) hasta que el paciente alcance una sensación tolerable de estiramiento o se produzca retroversión de la pelvis y corrección de la lordosis lumbar (explorador auxiliar) (fig. 2).</p>	<p><i>Ventajas:</i> Permite la evaluación de ambas piernas por separado Gran precisión en el diagnóstico Mínimos movimientos perturbadores de rotación e inclinación lateral de la pelvis</p> <p><i>Inconvenientes:</i> Precisa de dos exploradores entrenados Prueba no válida para pacientes con elevado nivel de flexibilidad isquiosural Gran dificultad técnica</p>	<p>Normalidad: $\leq 15^\circ$ Acortamiento grado I: $16^\circ - 34^\circ$ Acortamiento grado II: $\geq 35^\circ$</p>
<p><i>Prueba lumbo-vertical (Lv) y lumbo-horizontal (Lhfx) en flexión</i> El paciente a explorar se situará en posición de sentado (Lhfx) o de pie (Lv) con ambas piernas estiradas y tobillos en posición de 90° de flexión dorsal. A partir de aquí, el paciente realizará un movimiento de flexión de tronco lento y progresivo con rodillas extendidas hasta alcanzar una sensación tolerable de estiramiento. En este momento, el administrador del test colocará el extremo anterior del goniómetro en la primera vértebra sacra, apoyando la rama del mismo directamente sobre las apófisis espinosas lumbo-sacras, mientras que la otra rama del goniómetro (con burbuja de nivel incorporada) se situaba horizontalmente (Lhfx) o verticalmente (Lv), obteniéndose el valor angular. El resultado final de la prueba será determinado como el ángulo suplementario al leído en el goniómetro ($180^\circ - \text{ángulo del goniómetro}$) (figs 3 y 4).</p>	<p><i>Ventajas:</i> Precisa un único explorador Gran sencillez metodológica No movimientos perturbadores de rotación e inclinación lateral de la pelvis</p> <p><i>Inconvenientes:</i> No permite la evaluación de ambas piernas por separado Moderada precisión en el diagnóstico por ser un movimiento global y estar influenciado por el posible acortamiento del tríceps sural Pacientes con debilidad de la musculatura abdominal y pobres valores de flexibilidad no podrán ejecutar la prueba Lhfx por no ser capaces de mantener la posición de sentado.</p>	<p>Lhfx Normalidad: $\geq 71^\circ$ Acortamiento grado I: $70^\circ - 63^\circ$ Acortamiento grado II: $\leq 63^\circ$ Lv Normalidad: $\geq 65^\circ$ Acortamiento: $\leq 64^\circ$</p>

- 1) Las pruebas de recorrido angular EPR y AP podrían ser las más apropiadas para estimar la flexibilidad isquiosural, debido principalmente a que una única articulación es requerida durante la exploración (cadera o rodilla), a diferencia de las pruebas Lhfx y Lv que implica un movimiento global activo del cuerpo.
- 2) La prueba AP presenta un menor movimiento de rotación e inclinación lateral de cadera que la maniobra EPR, lo cual permite una mejor valoración de la flexibilidad isquiosural. Sin embargo, el empleo de dos exploradores y un soporte lumbar durante la prueba EPR podría minimizar estas diferencias. Además, para aquellas personas que posean más de 90° de flexión de cadera con rodilla extendida la prueba AP no puede precisar su grado exacto de flexibilidad isquiosural.
- 3) Son necesarios más estudios cinemáticos que analicen las diferentes variantes que de las pruebas EPR y AP han sido propuestas por la literatura científica.

Finalmente, en la tabla 2 se presenta una propuesta metodológica y valores de referencia de cada una de las tres pruebas exploratorias de estimación de la flexibilidad isquiosural analizadas. Dicha propuesta está basada en las conclusiones obtenidas tras el análisis de la literatura científica y pretende ser un primer marco de referencia a partir del cual se desarrollen diferentes estudios científicos que ratifiquen su validez.

Financiación

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 %.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Cailliet R. Low back pain syndrome. Philadelphia: Davis, FA; 1988.
2. 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.
3. Andersen JC. Flexibility in performance: Foundational concepts and practical issues. *Athle Ther Today.* 2006;3:9-12.
4. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30(1):1-15.
5. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion: Review of goniometry, emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.* 1987; 67:1867-72.
6. Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección.* 1995;4(2):81-91.
7. 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.
8. Forst JJ. Contribution to the clinical study of sciatica. *Neurological Classics XXII. Arch Neurol.* 1969;21:220-1.
9. Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther.* 1983;63(7):1085-8.
10. Santonja F, Andújar P, Martínez I. Ángulo lumbo-horizontal y valoración de repercusiones del síndrome de isquiosurales cortos. *Apunts.* 1994;21: 103-11.
11. Bohannon RW. Cinematographic analysis of the passive straight-leg-raising test for hamstring muscle length. *Phys Ther.* 1982;52(9):1269-74.
12. 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(4):474-6.
13. 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, 1995:11.*
14. Boland RA, Adams D. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Aust J Physiother.* 2000;46:191-200.
15. Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 1998.
16. Gajdosik RL, Albert CA, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20:213-9.
17. Kendall FP, McCreary EK, Provance, PG. *Muscle Testing and Function* (4th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1993.
18. Palmer ML, Epler ME. Fundamentos de las técnicas de la evaluación musculoesquelética. *Paidotribo.* 2002:315-416.
19. Santonja F, Martínez I. Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En: Santonja F, Martínez I editores. *Valoración médico deportiva del escolar.* Murcia: Universidad de Murcia; 1992. p. 245-58.
20. Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week stretching program utilizing the ACSM recommendations: Hamstring flexibility. *Int J Sports Med.* 2010;31:1-8.
21. Ferrer V, Santonja F, Carrión M. Síndrome de isquiosurales cortos y actividad física. En: Ferrer V, Martínez L, Santonja F, coords. *Escolar: Medicina y Deporte.* Albacete: Diputación Provincial de Albacete; 1996. p. 283-96.
22. Kawano MM, Ambar G, Oliveira BIR, Boer MC, Cardoso APRG, Cardoso JR. Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(1):10-5.
23. Gajdosik RL, LeVeau BF, Bohannon RW. Effects of ankle dorsiflexion on active and passive unilateral straight leg raising. *Phys Ther.* 1985;65(10): 1478-82.
24. Bohannon RW, Gajdosik RL, LeVeau BF. Relationship of pelvic and thigh motions during unilateral and bilateral hip flexion. *Phys Ther.* 1985;65(10): 1501-4.
25. Cameron DM, Bohannon R, Owen SV. Influence of hip position on measurements of the straight leg raise test. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(3): 168-72.
26. Santonja F. Exploración clínica v radiográfica del raquis sagital. Sus correlaciones [Premio SOMUCOT-91]. Murcia: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Murcia. 1993.
27. Cameron DM, Bohannon R. Relationship between active knee extension and active straight leg raise test measurements. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;17(5):257-60.
28. 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(5):614-8.
29. Hoehler FK, Tobis JS. Low back pain and its treatment by spinal manipulation: Measures of flexibility and asymmetry. *Rheumatol Rehabil.* 1982;21(1):21-6.
30. 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.
31. Fisk JW. The passive hamstring stretch test: Clinical evaluation. *NZ Med J.* 1979;89:209-11.
32. Bado JL, Barros PC, Ruiggiero A, Navillat M. Análisis estadístico de la frecuencia del síndrome de "retracción de los isquiotibiales" estudiado en colectividades infantiles sanas y su relación con el dorso curvo. *Anales de la Facultad de Medicina de Montevideo.* 1964;49(1-2):328-37.
33. 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(2):583-8.
34. Ferrer V, Santonja F, Carrión M, Martínez L. Comparación de dos tests (E.P.R. y Poplíteo) para el diagnóstico del síndrome de isquiosurales cortos. *Arch Med Deporte.* 1994;30(43):247-54.
35. Ledoux P. L'extensibilité des ischio-jambiers. *Kinésithérapie Scientifique.* 1992;313:6-8.
36. Reade E, Hom L, Hallum A, Lopopolo R. Changes in popliteal angle measurement in infants up to one year of age. *Develod Med & Child Neurology* 1984;26:774-80.
37. Bado JL. *Dorso Curvo.* Montevideo: Artecólor; 1977.
38. Katz K, Rosenthal A, Yosipovitch Z. Normal Ranges of Popliteal Angle in Children. *J Pediatr Orthop.* 1992;12:229-31.
39. Kuo L, Chung W, Bates E, Stephen J. The hamstring index. *J Pediatr Orthop.* 1997;17(1):78-88.
40. Russell PJ, Decoster LC, Enea D. Effects of gastrocnemius, hamstring, and combined stretching programs on knee extensibility. *Athle Train Sports Health Care.* 2010;2(2):67-73.
41. 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(124):103-10.
42. Congdon R, Bohannon R, Tiberio D. Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clin Biom.* 2005;20: 947-51.

43. Cardoso JR, Azevedo NCT, Cassano CS, Kawano MM, Ambar G. Intra and interobserver reliability of the angular kinematic analysis of the hip during the sit-and-reach test for measuring the length of hamstring muscles in university students. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11(2):119-23.
44. Hellsing AL. Tightness of hamstring and psoas mayor muscles. A prospective study of back pain in young men during their military service. *Ups J Med Sci.* 1988;93:267-76.
45. Goeken LN, Hof AL. Instrumental straight-leg raising: results in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74:194-203.
46. Travell T, Simons F. Dolor y disfunción miofascial. El manual de los puntos gatillo. Volumen 2. Extremidades inferiores. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004.
47. Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1994;74:845-50.
48. 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(8):836-49.
49. Cosentino R. Raquis: semiología con consideraciones clínicas y terapéuticas. Buenos Aires: El Ateneo; 1985.
50. Kapandji IA. Cuadernos de Fisiología Articular. Tronco y raquis. (Tomo 3°, 2ª edición). Barcelona: Masson; 2002.
51. Spornoga SC, Uhl TL, Arnol BL, Gonsneder BM. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *J Athl Train.* 2001;36:44-8.
52. Magee DJ. Orthopedic Physical Assessment. Philadelphia: Saunders, 2002.
53. 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.