

Carrasco, M.; Sanz-Arribas, I.; Martínez-de-Haro, V.; Cid-Yagüe, L. y Martínez-González-Moro, I. (2013) ¿El test "sit and reach" mide la flexibilidad? Un estudio de casos / Does the "sit and reach" test measures flexibility? A case study. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 13 (52) pp. 749-770. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista52/arttest425.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista52/arttest425.htm)

## ORIGINAL

### ¿EL TEST "SIT AND REACH" MIDE LA FLEXIBILIDAD? UN ESTUDIO DE CASOS

### DOES THE "SIT AND REACH" TEST MEASURES FLEXIBILITY? A CASE STUDY

Carrasco, M.<sup>1</sup>; Sanz-Arribas, I.<sup>2</sup>; Martínez-de-Haro, V.<sup>2</sup>; Cid-Yagüe, L.<sup>2</sup> y Martínez-González-Moro, I.<sup>3</sup>

1 Universidad Católica de Murcia. Murcia (España) [mcpoyatos@gmail.com](mailto:mcpoyatos@gmail.com)

2 Grupo de investigación "Actividad Física, Educación y Salud-UAM" Universidad Autónoma de Madrid. Madrid (España) [Ismael.sanz@uam.es](mailto:Ismael.sanz@uam.es); [vicente.martinez@uam.es](mailto:vicente.martinez@uam.es); [lourdes.cid@uam.es](mailto:lourdes.cid@uam.es)

3 Grupo de investigación Ejercicio Físico y Rendimiento Humano. Universidad de Murcia. Murcia (España). [igmartgm@um.es](mailto:igmartgm@um.es).

#### AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud a la Universidad de Murcia por facilitarnos el uso de su equipamiento. Agradecemos a los sujetos voluntarios su participación.

**Código UNESCO / UNESCO code:** 2411.06 Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology.

**Clasificación del Consejo de Europa / Classification Council of Europe:** 6. Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology.

**Recibido** 6 de septiembre de 2011 **Received** september 6, 2011

**Aceptado** 6 de septiembre de 2013 **Accepted** september 6, 2013

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es determinar la activación de la musculatura implicada en la ejecución del test sit and reach. Se ha seleccionado un sujeto con cortedad isquiosural (S1) y otro sin ella (S2). Se ha realizado el test sit and reach, electromiograma superficial y medición del ángulo de la cadera.

Los resultados obtenidos son que los valores lineales y angulares son mayores en el sujeto sin cortedad isquiosural (S2), la actividad electromiográfica durante la ejecución del test sit and reach (SR) de la musculatura anterior se incrementa, que únicamente disminuye la actividad electromiográfica de la musculatura sacrolumbar del sujeto S2 y que la actividad electromiográfica del resto de la musculatura posterior se incrementa.

Por lo que el test sit and reach mide linealmente el resultado de la fuerza que genera la musculatura agonista responsable de la ejecución del test y la resistencia al estiramiento que oponen los músculos antagonistas.

**PALABRAS CLAVE:** EMG, goniometría, contracción excéntrica, extensibilidad, elongación, estiramiento, resistencia al estiramiento, tensión del tejido nervioso.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine muscular activity during the Sit and Reach development. Two subjects were selected, one with hamstring shortness (S1) and the other without hamstring shortness (S2). Sit and Reach test was developed and superficial electromyography and hip angle were measured.

Results shows that linear and angular values are higher in S2. In both subjects electromyographic activity got increased in anterior and posterior muscles. Only dorsal lumbar activity decreased in S2.

We can conclude that Sit and Reach test measures agonist muscles strength and antagonist muscles resistance to stretching.

**KEY WORDS:** Electromyography, goniometry, eccentric contraction, extensibility, stretching, resistance to stretching, nervous tension.

## INTRODUCCIÓN

Según Hayward (Heyward, 2008) la flexibilidad (flexibility) es la capacidad de una articulación para moverse fluidamente en toda su amplitud de movimiento (ROM).

Una de las pruebas lineales más empleadas para evaluar la flexibilidad en el ámbito de la actividad física es el test sit and reach (SR), que en muchos casos se ha empleado con la intención de medir la flexibilidad global (Kobel, Swank, & Shelburne, 1992). Aunque Wells y Dillon señalaban que con el test sit and reach se medía la flexibilidad (flexibility) de la espalda y la extremidad inferior (Wells & Dillon, 1952). Jackson y Baker (Jackson y Baker, 1986) y Arregui (2008) afirmaban que la prueba, mide principalmente la flexibilidad isquiosural y en menor medida la flexibilidad de la zona lumbar. Jackson y Langford (Jackson & Langford, 1989) indicaron que el test “sit and reach” (SR) es válido para medir la flexibilidad de los músculos isquiosurales en hombres y mujeres y de la zona lumbar en hombres. Heyward (Heyward, 2008) citaba a la ACSM (2006) y el CSEP (2003) para indicar que estas entidades recomendaban la utilización de la prueba estándar de flexión de tronco, para evaluar la flexibilidad lumbar e isquiosural.

Laubach y McConville (Laubach & McConville, 1966a, 1966b) indicaban que el test sit and reach (SR) era más fiable que otras mediciones simples para evaluar la flexibilidad de la flexión de tronco, tanto en jóvenes como en adultos. Según Ayala y cols. (Sanz Arribas, 2002), las pruebas de valoración “dedos planta” o *sit-and-reach* (*sit-and-reach test*, el *V “sit-and-reach” test*, el *back-saver sit-and-reach test*, el “modificado *sit-and-reach test*” y el *toe-touch test*), son las que con mayor frecuencia se emplean para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural. La elección de uno u otro test varía según la funcionalidad de su metodología de evaluación; de su fiabilidad absoluta y relativa (intra e interexaminador) así como de su validez para la estimación de la flexibilidad isquiosural.

Liehmonh y cols. (Liemohn, Sharpe, & Wasserman, 1994), decían que el estiramiento de la musculatura isquiosural está estadísticamente relacionada con las marcas obtenidas en el test sit and reach (SR). Magnusson y cols. (1997) hicieron un trabajo de flexibilidad y midieron con el test de toque de dedos del pie y EMG, concluyeron que este test mide la flexibilidad de la musculatura isquiotibial, no encontraron diferencias significativas entre los sujetos con la musculatura acortada (n=10) y sin acortamiento (n=9), sólo hicieron EMG en la fase de contracción máxima (Magnusson et al., 1997). Simoneau (Simoneau, 1998) concluyó que el test sit and reach (SR) es una prueba que sirve para medir la flexibilidad de los músculos isquiosurales. Hui y cols. (Hui & Yuen, 2000; Hui, Yuen, Morrow, & Jackson, 1999) indicaron que todas las versiones del test sit and reach (SR) hablaban de la validez del test sit and reach con otras variaciones estableciendo que son moderadamente fiables para medir la flexibilidad (flexibility) isquiosural.

George y cols. (George, Garth, & Vehrs, 1996) consideraban que el test sit and reach (SR) es una prueba que estima la flexibilidad de la zona lumbar, los extensores de cadera y de los músculos flexores de rodilla.

Cornbleet y Woolsey (1996) mediante el test de sit and reach (SR) y la medición del ángulo de la cadera establecen que hay diferencias entre chicos y chicas, con mejores valores para las chicas, y que ambas medidas correlacionan ( $R= 0,76$ ;  $p<0,005$ ) (Cornbleet & Woolsey, 1996). Baltaci y cols.

(Baltaci y cols, 2003) (Baltaci, G.; , Un, Tunay, Besler, & Gerçeker, 2003) comparaban diferentes variantes del sit and reach (SR, ChairSTR, BSSR) para la medida de la flexibilidad de los isquiosurales (hamstring flexibility) y con la goniometría, las correlaciones entre el sit and reach y el goniómetro (siguiendo el protocolo de la American Academy of Orthopaedic Surgeons) con el Test de elevación de pierna extendida izquierda fueron de 0,63  $p < 0,01$  y para la derecha de 0,53  $p < 0,01$ .

López Miñarro y cols. (López Miñarro y cols. 2009) (López-Miñarro, Sáinz de Baranda Andújar, & Rodríguez-García, 2009) comparaban el sit and reach tradicional (SR) y el test backsaver sit and reach (BSSR) con el test de elevación de pierna extendida, los resultados mostraron que el tradicional SR correlaciona más que el test backsaver sit and reach (BSSR), los valores de correlación fueron  $p = 0,01$  con el ángulo pélvico en el test de elevación de pierna extendida;  $r = 0.66$  a  $0.76$  en mujeres y  $r = 0.51$  a  $0.59$  en hombres. Mier (Mier, 2011) decía que el test sit and reach (SR) correlacionaba moderadamente con el test de elevación de pierna recta (passive straight-leg-raise) en mujeres pero no en hombres y aseguraba que es un test altamente fiable. Ayala y cols. (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix, & Santonja, 2011) decían que el test sit and reach (SR) tiene una correlación moderada con el test de elevación de pierna recta en mujeres profesionales de fútbol sala pero no en hombres profesionales de fútbol sala. López-Miñarro y cols. (López-Miñarro, Muyor, & Alacid, 2011) decían que los sujetos con buenos resultados (más de  $86^\circ$ ) en el test de elevación de pierna recta correlacionan mejor en los test lineales que aquellos que tienen valores bajos (inferior a  $76^\circ$ ). Muyor y cols. (Muyor, Alacid, Rodríguez-García, & Lopez-Miñarro, 2012) afirmaban que los buenos resultados en deportistas jóvenes (más de  $88^\circ$ ) en el test de elevación de pierna recta no afectan a la columna dorsal y los valores bajos (inferior a  $76^\circ$ ) estaban relacionados con una mayor cifosis torácica y retroversión pélvica en el sit and reach medido con el spinal mouse.

Marques y cols. (Marques, Vasconcelos, Cabral, & Sacco, 2009) señalaban que la ganancia en la extensibilidad isquiosural podría ser debida al aumento de la tolerancia al estiramiento en lugar de a un aumento de la flexibilidad (flexibility). Según estos autores, las ganancias en el ROM, tras unas semanas de entrenamiento de estiramiento (stretching) el músculo opone menos resistencia a éste (stretching), lo que podría explicar la reducción de la actividad EMG, basándose en los trabajos de Halbertsma y Göeken (Halbertsma & Göeken, 1994) y Shrier y Gossal (Shrier & Gossal, 2000).

Chillón y cols. (Chillon et al., 2010) afirmaban que en el test sit and reach (SR) el ángulo de la cadera explica el 42% del resultado, el ángulo lumbar el 30% y el ángulo dorsal un 4%. Y afirmaban que tanto el test backsaver sit and reach (BSSR) como el sit and reach clásico (SR) son válidos para valorar la movilidad de la cadera y de la zona lumbar (lumbar flexibility) en adolescentes, ya que sus resultados son comparables.

Nuestro equipo ha utilizado ampliamente esta prueba originaria de Wells y Dillon (Wells & Dillon, 1952) siguiendo el protocolo de evaluación EUROFIT que marca el valor cero a 15 cm antes del apoyo de los pies (Committee of

experts on sports research, 1988) y lo que se quiere conocer es lo que realmente mide el test sit and reach.

El objetivo de este estudio es conocer con la mayor precisión posible qué se está midiendo realmente en el test sit and reach (SR). Para ello se recogen los registros EMG y la angulación de la cadera desde la posición inicial a la posición final de la prueba.

Como se ha podido apreciar en los diferentes estudios mostrados se comparan entre sí las diferentes modalidades de sit and reach o el test sit and reach con el test de pierna recta y/o con goniometría de la articulación de la cadera pero hay escasos estudios electromiográficos (EMG). En realidad se sabe muy poco de cómo se comporta la musculatura en esta prueba.

## MÉTODOS

### Selección y descripción de los participantes

Es un estudio de casos realizado con dos jóvenes sujetos diferentes. El sujeto 1 era mujer, de 32 años sin acortamiento isquiosural. El sujeto 2 era un hombre de 27 años con acortamiento isquiosural. Fueron tomadas las medidas antropométricas: Peso, talla, envergadura, altura sentada y pliegues cutáneos, en cada sujeto. Se muestran en la tabla 1. El acortamiento isquiosural se midió utilizando el "test de la pierna recta" (Santonja, F.; & Martínez, 1992) (Santonja, F.; Ferrer, & Martínez, 1995). Para llevar a cabo la prueba, los sujetos se encuentran en decúbito supino sobre una camilla con un goniómetro unido a la extremidad inferior para facilitar la medición. La cadera estaba en una posición neutra y el goniómetro se alinea con el trocánter del fémur. El evaluador eleva una de las piernas del sujeto hasta que se pierde la alineación recta (figura 1). En esta posición, una angulación de cadera menos de 70 grados desde el plano horizontal indica acortamiento de la musculatura isquiosural (Santonja, F.; & Martínez, 1992) (Santonja, F.; et al., 1995).

### Medida de la electromiografía

Antes de comenzar la evaluación de electromiografía (EMG), se usó un marcador permanente para determinar el punto de ubicación de los electrodos sobre la piel. El procedimiento seguido fue la palpación de cada músculo durante una contracción resistida manualmente, delineando su longitud y el vientre de acuerdo a la información disponible de un atlas anatómico y señalando en la mitad del vientre del músculo (Hermens, Freriks, Disselhorst-Klug, & Rau, 2000; Rainoldi, Melchiorri, & Caruso, 2004).

Las señales mioeléctricas fueron recogidas de cada músculo usando un SX230 EMG sensor (Biometrics Ltd.). Este aparato portátil tiene unas dimensiones de 10x5x2 cm, incluyendo una batería y una tarjeta de memoria. Cuenta con ocho electrodos integrados con una distancia electrodo fijo de 20 mm. La impedancia de entrada del amplificador es >10.000.000 MOhm, lo que significa en la práctica que se necesita poca o ninguna preparación para la piel

y no son necesarios geles conductores porque la calidad de la señal grabada es alta para aplicaciones tanto estáticas como dinámicas. El aparato puede grabar simultáneamente dos tipos de entradas analógicas (goniometría eléctrica y EMG). Los registros fueron digitalizados y almacenados en un ordenador personal mediante Bluetooth.

Los electrodos se colocan en el punto de localización previamente marcado en la piel y orientado en paralelo a las fibras musculares, siguiendo las recomendaciones de Rainoldi et al (2003). Medición de la activación electromiográfica fue tomada en cada repetición de la prueba por el par de músculos (agonistas y antagonistas) y en el lado derecho e izquierdo del cuerpo al mismo tiempo. El goniómetro eléctrico se fija en el lado derecho de la cadera. En la figura 2 se ilustra la ubicación goniómetro y la colocación de electrodos para los músculos tibial anterior y gastrocnemio medial.

Los siguientes músculos fueron investigados: tibial anterior, gemelos, recto femoral, bíceps femoral, semitendinoso, glúteo mayor, músculo recto abdominal, dorsal, lumbar, dorsal ancho, pectoral mayor, trapecio superior, bíceps braquial y tríceps espinal.

#### Test de sit and reach

Una vez que los puntos de los electrodos fueron localizados y fijados estos en los músculos agonistas y antagonistas de la extremidad inferior derecha y el goniómetro fijado en la cadera se realice el test sit and reach.

Antes de la prueba, se realizaba un período de calentamiento. Constaba de tres ejercicios diferentes. En el primero, el sujeto en una posición de pie tuvo que flexionar el tronco tratando de tocar el suelo con las manos. El mismo movimiento se realiza en el segundo ejercicio, pero cruzando una pierna delante de la otra. El tercero consistió en sentarse y probar la prueba en esa posición. Se realizaron cinco repeticiones de diez segundos para cada ejercicio. Este procedimiento fue establecido por Sanz Arribas (Sanz Arribas, 2002, 2003, 2011) en un artículo previo.

Para la realización de la prueba, los sujetos se colocaron sentados en el suelo con las extremidades inferiores extendidas, descalzos y con las plantas de los pies apoyados sobre el cajón y llegar lo que puedan con las manos sobre la superficie de éste flexionando el tronco. Las dimensiones de la caja son 35x45x32 centímetros. Una regla de cálculo se adjunta en la parte superior de la caja con el 0 a 25 centímetros del borde donde se apoyan los pies (Committee of experts on sports research, 1988).

En la posición inicial, el sujeto 1 tenía el tronco extendido en el plano vertical con la cabeza alineada y los brazos estirados en el frente con una mano sobre la otra (figura 3). Fue necesario modificar la posición inicial del sujeto 2, tenía los brazos por detrás del plano de la espalda con las manos en el suelo (figura 4). Desde esta posición, el sujeto tenía que inclinarse hacia adelante tratando de alcanzar la máxima distancia con las manos. No se les

permitió la flexión de las rodillas durante el movimiento. La posición final tiene que ser mantenida durante 3 segundos. Las posiciones finales del ujeta 1 y 2 se muestran en las figuras 5 y 6. Se ha seguido las directrices de Wells y Dillon (Wells y Dillon, 1952) el desarrollo de la prueba.

Para hacer más fácil la recolección de datos, y teniendo en cuenta que la velocidad de ejecución no modifica los resultados de la electromiografía (Cramer et al, 2002;. Jeon, Trimble, Brunt, y Robinson, 2001), el rendimiento de la prueba fue estandarizada para los sujetos en tres fases. La fase 1 fue la posición inicial. La fase 2 corresponde con el movimiento neto hacia delante. Y la fase 3, corresponde a la posición final. Cada una de ellas tuvo 3 segundos de duración con el fin de registrar la activación de los músculos durante el mismo tiempo. La duración de la fase fue indicada por el evaluador.

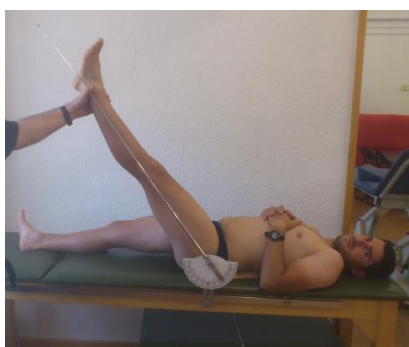
La limitación es que solo se mide la actividad de la musculatura más superficial.

**Tabla 1.** Características antropométricas de los sujetos.

	Acortamiento isquiorales	Género	Edad (años)	Estatura (m)	Peso (kg)	BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	Envergadura (m)	Talla sentado (m)	Grasa (%)
Sujeto S1	No	Mujer	32	1,63	54	20,20	1,67	80,5	25,85
Sujeto S2	Sí	Hombre	26	1,57	56	22,71	1,61	82	10,57

BMI = body mass index (índice de masa corporal IMC).

Porcentaje de grasa = obtenido utilizando los pliegues del biceps, triceps, subescapular y supraespinal.



**Figura 1.** Test de estiramiento de pierna.



**Figura 2.** Localización de electrodos y goniómetro.



**Figura 3.** Sit and Reach. Posición inicial y final del sujeto 1.



**Figura 4.** Sit and Reach. Posición inicial y final del sujeto S2.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se inicia este estudio con el propósito de conocer mediante EMG el grado de activación de la musculatura implicada en el sit and reach y comprobar lo afirmado por los diferentes autores.

Para ello se establece un protocolo de caso único, seleccionando un sujeto representante de una pésima flexibilidad (S1), con acortamiento isquiosural comprobado y otro representante de una buena flexibilidad (S2), para tener los casos extremos. El primer sujeto obtuvo una marca de 13,2 cm y el segundo de 25,2 cm en el cajón. Cornbleet y Woolsey (1996) consideraban la medida normal de la prueba sit and reach (SR) de 25 cm (en la escala de 23 cm hasta los pies) según la AAHPERD para todas las edades, y sin tener en cuenta valores antropométricos (Cornbleet & Woolsey, 1996). Baltaci y cols., mostraban unos valores de 21,9 cm de media en mujeres jóvenes (Baltaci, G., Un, Tunay, Besler, & Gerceker, Feb 2003), Martínez López daba valores

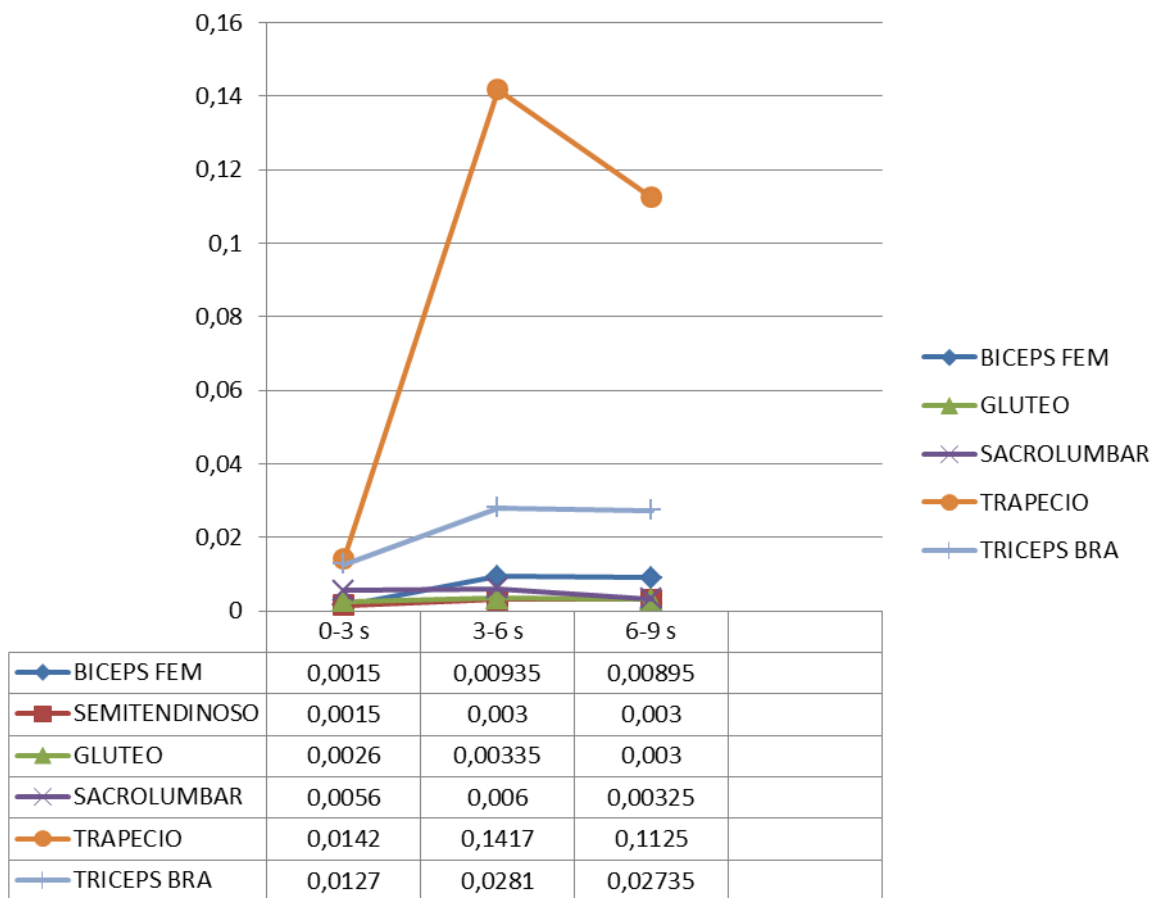


medios entre 14,49 cm y 20,80 cm para adolescentes (Martínez López, 2003), por lo que podemos afirmar que nuestros dos sujetos se sitúan respectivamente en el rango superior e inferior de la escala. A la vez el sujeto sin acortamiento (S2) logra una flexión de cadera de 74,8° y el sujeto con acortamiento logra una flexión de cadera de 57,4° medidos desde el plano frontal medio en posición anatómica. Cornbleet y Woolsey (1996) consideraban que el ángulo normal de la cadera según Kendall al realizar la prueba es de 80°; 60° sería pobre y 110° sería un buen estiramiento, siempre respecto al plano frontal (Cornbleet & Woolsey, 1996). Chillón y cols. encuentran que la angulación de la cadera explica el 50% de la marca en adolescentes (dan valores medios de 19,25 cm y 56° de flexión) (Chillón et al., 2010).

**Tabla 2.** Resultados del test y goniómetro.

	<b>Sit and reach</b>	<b>Ángulo de flexión de la cadera</b>
Sujeto con acortamiento (S1)	13,2 cm	57,4°
Sujeto sin acortamiento (S2)	25,2 cm	74,8°

## GRÁFICA MUSCULATURA POSTERIOR DEL SUJETO SIN ACORTAMIENTO (S2)



**Gráfico 1.** Activación de la musculatura posterior del sujeto sin acortamiento (S2)

Según lo que se puede ver en el gráfico (gráfico 3), de los músculos posteriores del sujeto sin acortamiento (S2), se pueden hacer los siguientes grupos de análisis:

### **Grupo 1: Músculos bíceps femoral, semitendinosos, glúteos, sacrolumbar, tríceps braquiales**

Estos músculos incrementan su actividad desde el principio hasta el final del movimiento o decaen muy poco en la última fase del test. Estos músculos pueden comportarse de este modo, porque se resisten a ser estirados cuando comienza el movimiento (en este caso se sabe que hay movimiento por el goniómetro ya que disminuye la angulación), por lo tanto, se genera una tensión importante en ellos y se activan para limitar el movimiento. Puede que los músculos que se estiran y que al mismo tiempo se activan, sean los que más limiten el resultado del test.

En la gráfica puede dar la impresión de que estos músculos no se activan demasiado, pero en realidad, si se analiza el bíceps femoral del sujeto sin acortamiento (S2) y se observan los valores:

**Tabla 3.** Valores EMG

	T1	T2	T3
Bíceps femoral	0.0015 mv	(x 6,2)* 0.00935 mv	(x 5,9)* 0.00895 mv

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

Se puede ver que el músculo mantiene el grado de activación más bajo en la posición inicial. Una vez que comienza la ejecución del test, su nivel de activación se incrementa más de seis veces y finalmente, cuando el sujeto se mantiene en el punto de máxima extensión, el nivel de activación disminuye levemente.

El músculo sacrolumbar muestra la misma tendencia que los demás, pero la caída de activación es muy importante, disminuye casi la mitad.

**Tabla 4.** Valores EMG en mv

	T1	T2	T3
Sacrolumbar	0,0056	0,006	(x 0,5)* 0,00325

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

Esto podría deberse a que este músculo se elonga mucho en la última fase del test (porque el sujeto sin acortamiento S2 se inclina mucho hacia delante), por lo tanto, el peso del tronco, los brazos extendidos hacia delante y el cuello flexionado, provocan un aumento del torque o momento en la zona lumbar (se aleja el peso del eje de giro). A esto hay que sumarle la ayuda de la gravedad y la tracción de los flexores, que pueden provocar que el músculo se relaje para evitar la lesión. En el caso de los isquiosurales, no parece que se vean tan afectados por esa "hiperflexión" de tronco, por eso no se relajan tanto como lo hace el sacrolumbar en la última fase del test.

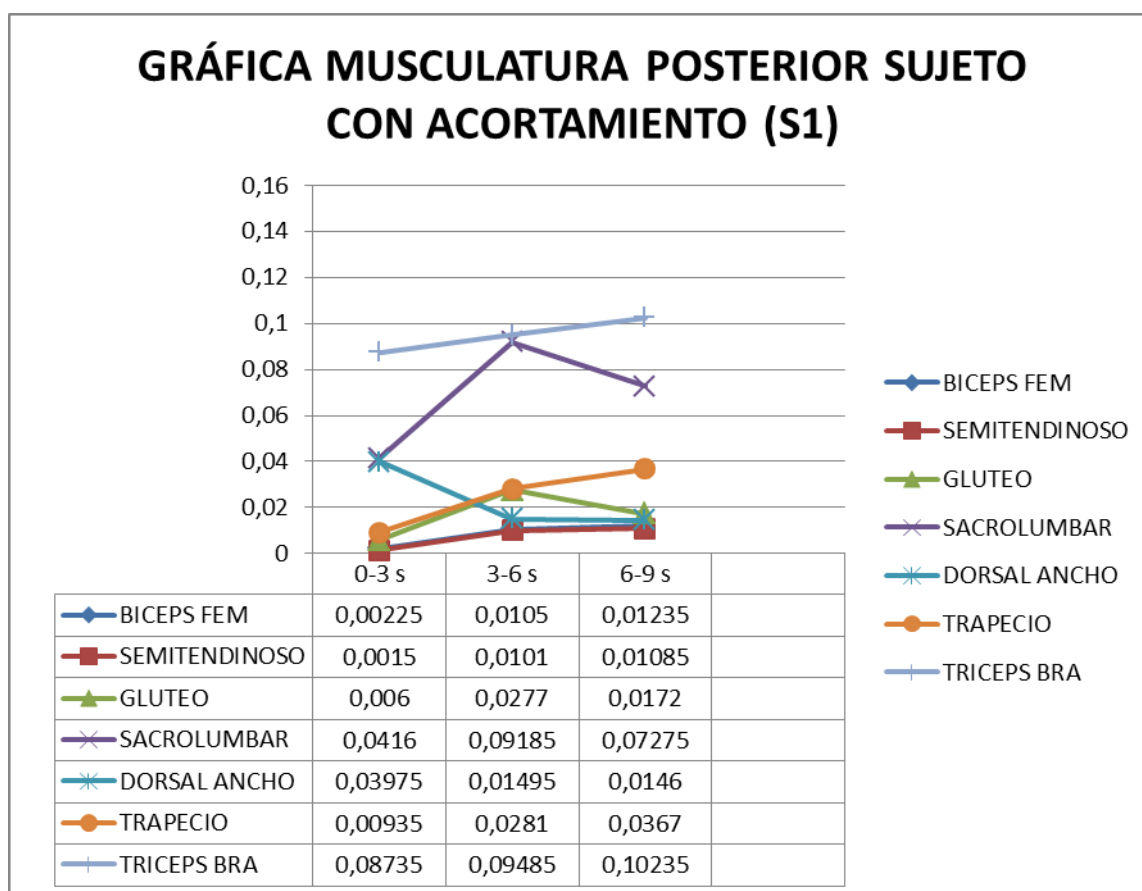
El músculo tríceps braquial, se ha dibujado en este gráfico porque es un músculo posterior, pero no es seguro que se estire, lo que sí que es seguro, es que se contrae para realizar la extensión de codo. Por lo tanto, es lo que aparece representado en la gráfica y esa tensión disminuye cuando se apoyan las manos en el cajón. También puede que el tríceps se estire en alguna de las porciones biarticulares.

## Grupo 2: Dorsal ancho

Este músculo disminuye su actividad desde el principio hasta el final en los dos sujetos. Puede que sea porque son los músculos que se dejan estirar en este test.

### Grupo 3: Trapecio

El músculo trapecio muestra una figura muy diferente a las demás. Aunque es un músculo posterior y en teoría debería mantener o disminuir su activación durante el test, parece que el sujeto sin acortamiento (S2) lo activa mientras está elongado para que los brazos se mantengan elevados, en este caso es más evidente y necesario, porque el sujeto se inclina bastante hacia adelante con el tronco, por lo tanto, la porción media del trapecio ayudará a que no se caigan los brazos (junto con la porción anterior del deltoides). La caída posterior de los valores puede justificarse por el apoyo de las manos en el cajón, lo que alivia la tensión requerida para mantener los húmeros elevados.



**Gráfico 2.** Activación de los músculos posteriores del sujeto con acortamiento (S1)

### Análisis de los músculos posteriores del sujeto con acortamiento (S1)

Según el comportamiento de los músculos, se pueden hacer los siguientes grupos:

#### Grupo 1: Bíceps femoral, semitendinoso, trapecio, tríceps:

**Tabla 5.** Valores EMG en mv

MÚSCULO	T1	T2	T3
Bíceps femoral	0,0025	(x4)* 0,0105	(x5)* 0,01235

Semitendinoso	0,0015	(x6)* 0,0101	(x6)* 0,01085
Trapezio	0,00935	(x3)* 0,0281	(x4)* 0,0367
Tríceps braquial	0,08735	(x 1,1)* 0,09485	(x1,2)* 0,10235

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

Todos estos músculos incrementan su grado de activación desde el principio del test, hasta el final del mismo. Al mismo tiempo y según el goniómetro, tanto el músculo semitendinoso como el músculo bíceps femoral se han elongado. En definitiva, los músculos semitendinosos y bíceps femorales realizan una contracción excéntrica, es decir, se estiran a pesar de que se incrementa su grado de activación.

A pesar de que el músculo trapecio y el tríceps braquial incrementan el grado de activación desde el principio hasta el final del test, no parece que sea debido a una contracción excéntrica. De hecho, después de analizar el movimiento que realiza el sujeto con acortamiento durante el test, parece que ese incremento de activación se debe a las contracciones concéntricas que realiza el trapecio (para mantener elevados los hombros) y el tríceps para mantener extendidos los codos. El diferente comportamiento que describen los músculos del sujeto con acortamiento (S1) con respecto al sujeto sin acortamiento (S2) (los músculos trapecios y los tríceps braquiales del sujeto sin acortamiento, S2, incrementaban su grado de activación al principio del test y después disminuía esa activación) puede deberse a que el sujeto sin acortamiento (S2) conseguía apoyar los brazos sobre el cajón, en cambio el sujeto con acortamiento (S1) los mantiene en el aire.

Se hace la observación de que esta prueba es similar al test neurodinámico del nervio ciático en sedestación, al igual que la prueba de elevación de la pierna recta utilizada normalmente como prueba de contraste con el sit and reach, que buscan en qué posición se produce dolor por estiramiento de las estructuras nerviosas, por lo que la respuesta normal para evitar este estiramiento neural y el correspondiente dolor es una reacción de contracción de la musculatura para recuperar la posición neutra (Herrington, Bendix, Cornwell, Fielden, & Hankey, 2008). Según McHugh y cols. (McHugh, Johnson, & Morrison, 2012) (resistance to stretch) aumenta la actividad EMG cuando se añade tensión neural (flexión de tronco) a una posición neutra mientras se estiran los isquiosurales.

Pincivero y cols. en el ejercicio de “estocada hacia delante (forward lunge)” comprobaron que la activación muscular mediante EMG se producía simultáneamente en los músculos vasto lateral, vasto medial y bíceps femoral para estabilizar la rodilla pero no en el semitendinoso, desconociendo el motivo de este comportamiento (Pincivero, Aldworth, Dickerson, Petry, & Shultz, 2000).

Shrier y Gossal (Shrier & Gossal, 2000) afirmaban que para aumentar el estiramiento (stretching) y el rango de movimiento articular (ROM –range-of-motion) intervienen dos causas (Shrier & Gossal, 2000), una directa por

disminución de la “rigidez muscular” (definido como la fuerza necesaria para modificar la longitud del músculo) y una indirecta por inhibición de los reflejos por disminución de los puentes cruzados de actina-miosina. Afirman que la técnica de estiramiento facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) es la más efectiva porque aumenta la tolerancia al estiramiento y realmente experimenta el músculo una contracción excéntrica durante el estiramiento.

Según Kawano y cols. (Kawano et al., 2010) los músculos gemelos influyen en el estiramiento de los isquiosurales.

## Grupo 2: Glúteo y sacrolumbar

Tabla 6. Valores EMG en mv

MÚSCULOS	T1	T2	T3
Glúteo	0,006	(x4)* 0,0277	(x3)* 0,0172
Sacrolumbar	0,0416	(x2,2)* 0,09185	(x1,7)* 0,07275

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

Según los resultados obtenidos con el electromiógrafo (EMG), se puede observar que estos músculos incrementan su grado de activación desde el principio (T1), hasta la mitad de la ejecución del test (T2) y después esta activación disminuye (T3). Al mismo tiempo, la información del goniómetro indica que esta musculatura se estira. Estos datos muestran que el glúteo y el sacrolumbar se estiran, aunque se resisten a ser estirados, especialmente en las primeras fases de la ejecución del test (T1 y T2). Por último (T3), el grado de activación disminuye, pero sigue siendo superior al nivel de activación recogido en el momento en el que se inició la prueba (T1). En definitiva, se puede decir que los músculos glúteos y sacrolumbares realizan una contracción excéntrica cuyo nivel de tensión es mayor en la mitad del test (T2) que en el momento de terminar el test (T3).

## Grupo 3: Dorsal ancho

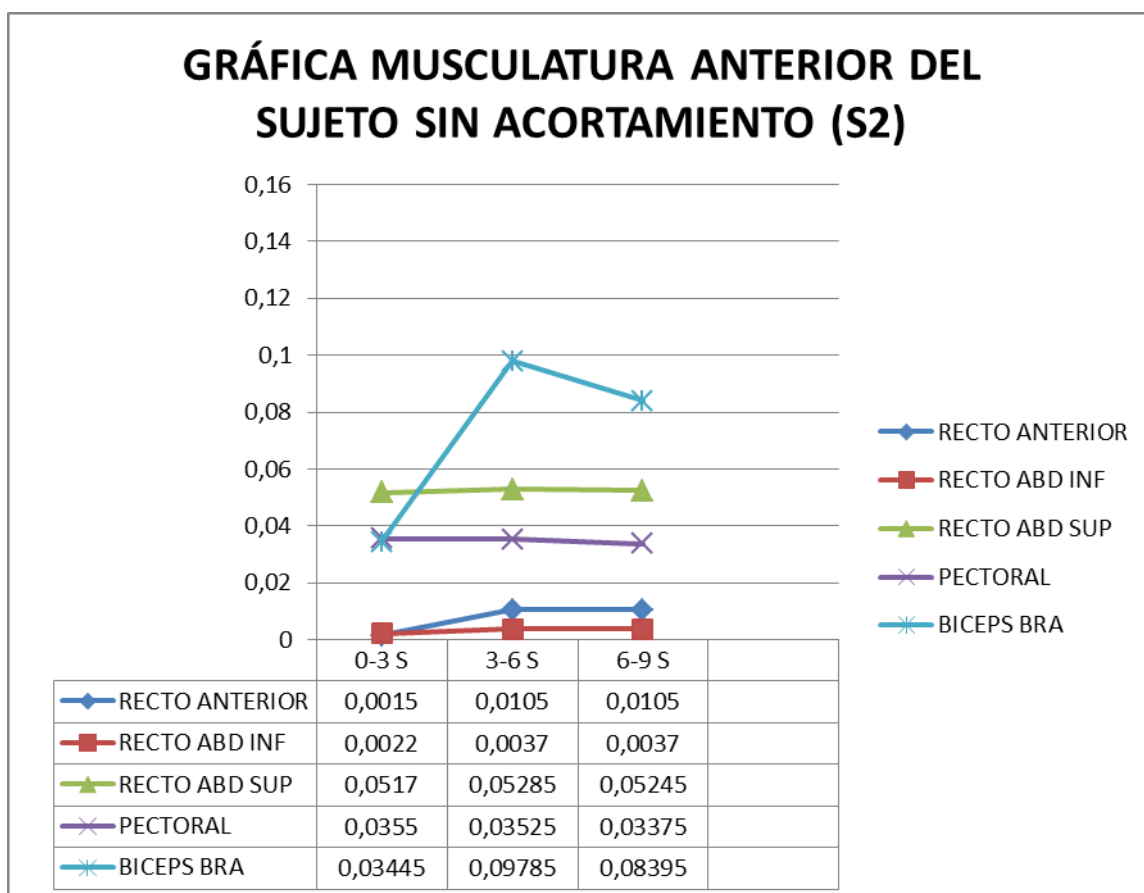
Tabla 7. Valores EMG en mv

MÚSCULO	T1	T2	T3
Dorsal ancho	0,03975	(x 0,385)* 0,01495	(x 0,385)* 0,0146

\*x/x Número de veces que disminuye el grado de activación del músculo con respecto a T1.

Este es el único músculo posterior del sujeto con acortamiento (S1) cuyo grado de activación disminuye desde el principio de la prueba hasta el final (hay que tener en cuenta que este sujeto está apoyado sobre los brazos para mantener la postura de sentado, esto puede explicar su alto grado de activación en T1). Por otro lado, el músculo dorsal ancho debe estirarse para permitir que los húmeros se alejen de las costillas (movimiento necesario para

la realización del test T2 y T3). En definitiva, este músculo disminuye su grado de activación durante la prueba para permitir ser estirado y no parece que se resista a ello.



**Gráfico 3.** Activación de la musculatura anterior del sujeto sin acortamiento (S2)

En relación a la musculatura anterior del sujeto sin acortamiento (S2) se pueden hacer los siguientes grupos:

**Grupo 1: Recto anterior, recto anterosuperior del abdomen superior, recto anteroinferior del abdomen**

**Tabla 8.** Valores EMG Recto anterior, recto anterosuperior del abdomen superior, recto anteroinferior del abdomen en mv

Músculo	T1	T2	T3
Recto anterior del muslo	0,0015	(x 10)* 0,0105	(x 10)* 0,0105
Recto anterior del abdomen superior	0,0517	0,05285	0,05245
Recto anterior del abdomen inferior	0,0022	(x 1,7)* 0,0037	(x1,7)* 0,0037

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

Estos músculos incrementan su actividad cuando se inicia el test y la mantienen o disminuyen muy poco al final de la prueba. La razón por la que estos músculos se comportan de este modo, puede deberse a que son los encargados de realizar la flexión de cadera y de tronco, necesaria para ejecutar el test. Por lo tanto, los resultados de este grupo de músculos se corresponden con lo esperado y coinciden con la opinión de Arregui (Arregui, 2008). Este autor afirma que la sección transversal del muslo (junto con otras variables no evaluadas en este estudio), correlacionan positivamente con los resultados del test. En definitiva, parece que los resultados del test sit and reach obtenidos por el sujeto sin acortamiento (S2), están condicionados al menos, por la capacidad de elongación de los músculos bíceps femoral, semitendinosos, glúteos y sacrolumbar, pero también, por la fuerza que son capaces de generar los rectos anteriores del muslo y el recto anterior del abdomen superior e inferior, que son los encargados de la flexión activa de cadera y de tronco. Sería de esperar que el psoasíliaco se comportase del mismo modo que todos estos músculos, pero no se ha podido evaluar por no ser un músculo superficial.

### Grupo 2: Pectoral

**Tabla 9.** Valores EMG en mv

Músculo	T1	T2	T3
Pectoral	0,0355	0,0352	0,03375

Como puede observarse en la tabla, el pectoral es un músculo cuyo grado de activación, va disminuyendo desde el principio de la prueba, hasta el final de la misma. Por lo tanto, parece que es un músculo que se estira sin producirse una contracción excéntrica, es decir, se estira, pero no se resiste a ser estirado (al igual que ocurría con el dorsal ancho). En realidad, durante la ejecución del test, se están alejando los húmeros de la parrilla costal, por lo tanto, el pectoral y el dorsal son los músculos antagonistas de este movimiento. En este sentido, parece que el sujeto sin acortamiento (S2) estira estos músculos (pectoral y dorsal) cuando ejecuta la prueba.

### Grupo 3: Bíceps braquial

**Tabla 10.** Valores EMG bíceps braquial en mv

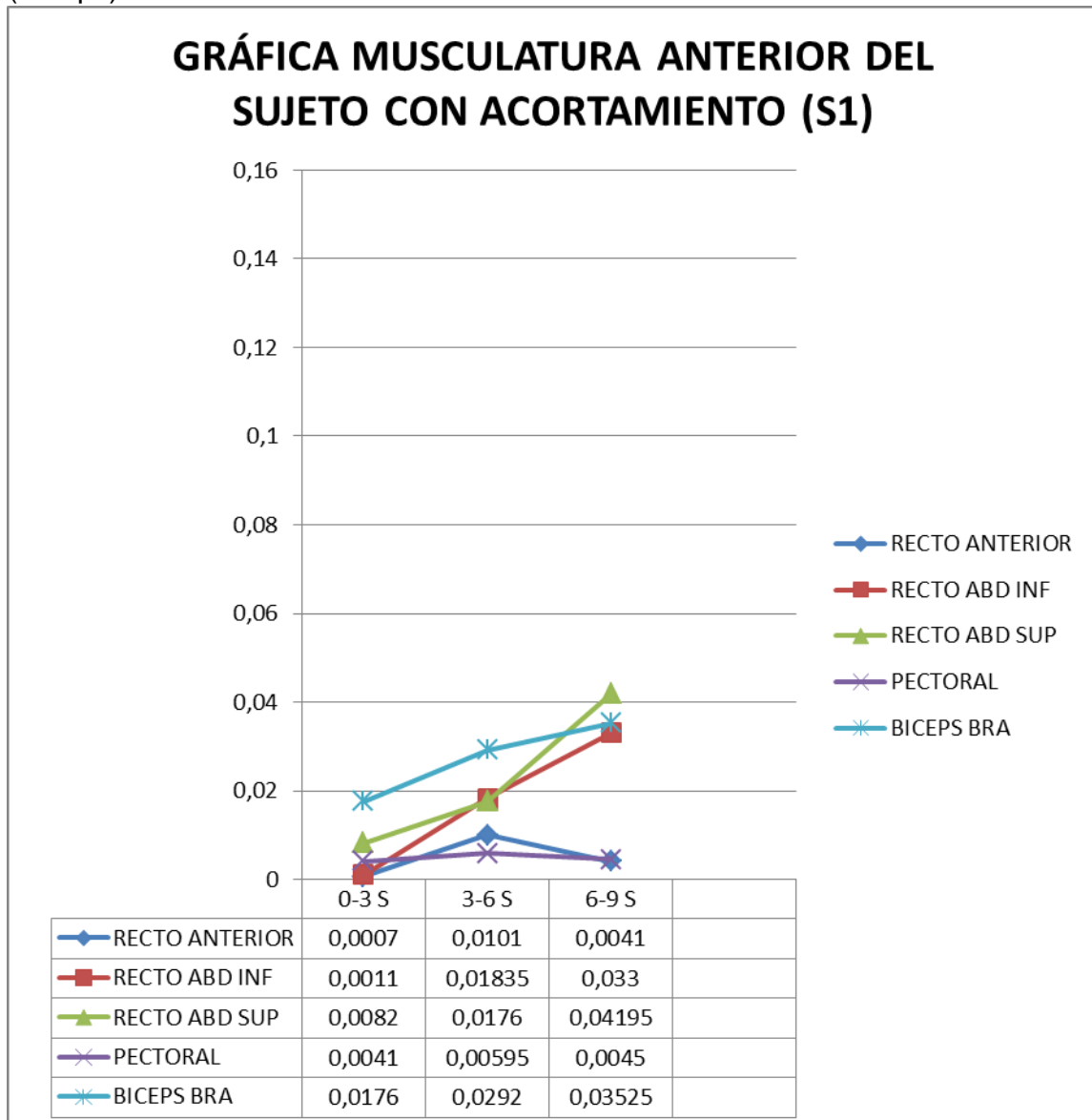
Músculo	T1	T2	T3
Bíceps braquial	0,0344	(x 2,8)* 0,09785	(x2,6)* 0,08395

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

El comportamiento del bíceps braquial parece que está condicionado por los movimientos que se realizan durante la ejecución del test. En un primer momento, se produce un incremento del grado de activación que podría corresponderse con la flexión de hombro (la cabeza larga del bíceps braquial, produce la flexión de hombro). En la parte final del test, el sujeto sin



acortamiento (S2) apoya las manos sobre el cajón y el codo debe permanecer completamente extendido, por lo tanto, no es necesario mantener la tensión en el bíceps para mantener el hombro flexionado y al mismo tiempo, el bíceps debe relajarse para facilitar la acción del agonista en la extensión de codo (tríceps).



**Gráfico 4.** Musculatura anterior del sujeto con acortamiento

### **Análisis de la musculatura anterior del sujeto con acortamiento (S1)**

En relación a la musculatura anterior del sujeto con acortamiento (S1) se pueden hacer los siguientes grupos:

## Grupo 1: Recto anterosuperior del abdomen, recto anteroinferior del abdomen, bíceps braquial

**Tabla 11.** Valores EMG Recto anterosuperior del abdomen, recto anteroinferior del abdomen, bíceps braquial en mv

Músculo	T1	T2	T3
Recto anterior del abdomen porción superior	0,0082	(x 2,1)* 0,0176	(x 4)* 0,04195
Recto anterior del abdomen porción inferior	0,0011	(x 17)* 0,01835	(x 30)* 0,033
Bíceps braquial	0,0176	(x 1,6)* 0,0292	(x 2)* 0,03525

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

El motivo por el que los dos primeros músculos de la tabla (rectos anteriores del abdomen superior e inferior) incrementan considerablemente su grado de activación desde el principio de la prueba hasta el final de la misma, se debe a que son los encargados de la flexión de tronco que se exige para ejecutar el test. Por lo tanto, parece lógico que esta musculatura se active progresivamente a lo largo de la prueba.

Resulta paradójico que siendo un flexor de codo, el bíceps braquial incremente su grado de activación cuando se realiza la extensión de codo. Por otro lado, el bíceps braquial también es flexor de hombro, movimiento que se demanda en la prueba. En conclusión, no se puede concretar si el incremento de tensión que se produce en el bíceps braquial, se debe a la extensión de codo o a la flexión de hombro. No obstante, se puede sospechar que el continuo incremento de activación del bíceps, se debe a su función flexora del hombro, porque el sujeto con acortamiento (S1) no apoya las manos sobre el cajón, (en cambio, el sujeto sin acortamiento (S2) sí apoya las manos sobre el cajón y por eso, la activación de sus bíceps disminuyen al final del test).

## Grupo 2: Recto anterior del muslo y pectoral

**Tabla 12.** Valores EMG Recto anterior del muslo y pectoral

Músculo	T1	T2	T3
Recto anterior del muslo	0,0007	(x 14)* 0,0101	(x 6)* 0,0041
Pectoral	0,0041	(x 1,4)* 0,00595	0,0045

\*(x X) número de veces (aproximado) que se incrementa el grado de activación con respecto a T1.

Tanto los músculos rectos anteriores del muslo como los pectorales se contraen desde el principio (T1) hasta la ejecución del test (T2), pero en la fase final disminuyen su grado de activación. No obstante, el grado de activación

que se produce en los rectos es muy elevado (aumenta 14 veces) con respecto a T1, mientras que el pectoral casi permanece igual.

El comportamiento del recto anterior puede justificarse porque se activa energicamente desde el instante T1 hasta el instante T2, realiza la estimulación de forma intensa, aunque el movimiento observado se realiza despacio y sin tirones, y/o puede que disminuya la tensión a partir del momento T2 porque nota tensión en los antagonistas y como reflejo o por dolor y tirantez, relaja la musculatura agonista.

En el caso de los pectorales aumenta un poco desde T1 hasta T2 y luego casi vuelve al estado de reposo. Parece que los pectorales de ambos sujetos participan poco en el test sit and reach.

La conclusión es que el test de sit and reach siendo un test de elongación o extensibilidad muscular, realmente es una medida de resistencia al estiramiento más que una simple medida del estiramiento muscular. Los sujetos con menor medida lineal en el test están realizando una mayor contracción excéntrica dificultando el estiramiento muscular.

## CONCLUSIONES

1. El test sit and reach en estos sujetos produce movimiento de flexión en la articulación de la cadera comprobado goniométricamente.
2. En los participantes de este estudio los resultados del test sit and reach, están condicionados por la fuerza de la musculatura agonista evaluada, responsable de la acción
3. El test sit and reach, en estos sujetos, evalúa, a su vez, la resistencia al estiramiento que oponen principalmente los músculos semitendinoso, bíceps femoral y glúteo en este movimiento, puesto que el nivel de activación de éstos aumenta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Santonja, F. (2011). Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players *Physical Therapy in Sport*(12), 175-181
- Baltaci, G., Un, N., Tunay, V., Besler, A., & Gerceker, S. (Feb 2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *British Journal of Sports Medicine*;, 37(1), 59-11.
- Baltaci, G., Un, N., Tunay, V., Besler, A., & Gerçeker, S. (2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 59-61.

- Committee of experts on sports research. (1988). *EUROFIT*. Rome: Council of Europe. Committee for the development of sport.
- Cornbleet, S. L., & Woolsey, N. B. (1996). Assessment of Hamstring Muscle Length in School-aged Children Using the Sit-and-Reach Test and the Inclinometer Measure of Hip Joint Angle *Physical Therapy*, 76(B), 850-855.
- Chillon, P., Castro-Pinero, J., Ruiz, J. R., Soto, V. M., Carbonell-Baeza, A., Dafos, J., . . . Ortega, F. B. (2010). Hip flexibility is the main determinant of the back-saver sit-and-reach test in adolescents. *Journal of Sports Sciences*, 28(6), 641-648.
- Chillón, P., Castro-Piñero, J., Ruiz, J. R., Soto, V. M., Carbonell-Baeza, A., Dafos, J., . . . Ortega, F. B. (2010). Hip flexibility is the main determinant of the back-saver sit-and-reach test in adolescents. *Journal of Sports Sciences*, 28(6), 641-648.
- George, J. D., Garth, F. A., & Vehrs, P. R. (1996). *Test y pruebas físicas*. Barcelona: Paidotribo.
- Halbertsma, J. P., & Göeken, L. N. (1994). Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 75(9), 976-981.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361-374. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
- Herrington, L., Bendix, K., Cornwell, C., Fielden, N., & Hankey, K. (2008). What is the normal response to structural differentiation within the slump and straight leg raise tests? *Manual Therapy*, 13(4), 289-294.
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*. Madrid: Panamericana.
- Hui, S., & Yuen, P. Y. (2000). Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with others protocols. *Medicine & Science in Sports & and Exercise*, 32(9), 1655-1659.
- Hui, S., Yuen, P. Y., Morrow, J., & Jackson, A. (1999). Comparison of the criterion-related validity of sit-and reach test with and without limb length adjustment in asian adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(4), 401-406.
- Jackson, A. W., & Langford, N. J. (1989). The criterion-related of the Sit and Reach Test: Replication and extension of previous finding. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(4), 384-387.
- Kawano, M. M., Ambar, G., Oliveira, B. I. R., Boer, M. C., Cardoso, A. P. R. G., & Cardoso, J. R. (2010). Influence of the Gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis *Revista Brasileira de Fisioterapia* 14(1), 10-15.
- Koebel, C. I., Swank, A., & Shelburne, L. (1992). Fitness Testing in Children: A Comparison Between PCPFS and AAHPERD Standards. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(2), 107-114.
- Laubach, L. L., & McConville, J. T. (1966a). Muscle Strength, Flexibility, and Body Size of Adult Males. *Research Quarterly*, 37(3), 384-392.

- Laubach, L. L., & McConville, J. T. (1966b). Relations between flexibility, anthropometry, and the somathotype of college men. *Research Quarterly*, 37(2), 241-251.
- Liemohn, W., Sharpe, G. J., & Wasserman, J. F. (1994). Criterion related validity of the sit-and-reach test. *Journal of Strength and Conditioning Research*(8), 91-94.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., & Alacid, F. (2011). Validez de los test lineales de extensibilidad isquiosural en mujeres mayores / Validity of sit-and-reach tests as measures of hamstring extensibility in older women *Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte*, 11(43), 564-572.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda Andújar, P., & Rodríguez-García, P. L. (2009). A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(1), 116-122.
- Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Boesen, J., Johannsen, F., & Kjaer, M. (1997). Determinants of musculoskeletal flexibility: viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance *Scand J Med Sci Sports*(7), 195-202.
- Marques, A. P., Vasconcelos, A. A. P., Cabral, C. M. N., & Sacco, I. C. N. (2009). Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. *Braz J Med Biol Res*, 42(10), 949-953
- Martínez López, E. J. (2003). Aplicación de la prueba de rotación de hombros con bastón, sit and reach y flexión profunda de cuerpo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(11), 149-172.
- McHugh, M. P., Johnson, C. D., & Morrison, R. H. (2012). The role of neural tension in hamstring flexibility *Scand J Med Sci Sports*, 2012(22), 164-169
- Mier, C. M. (2011). Accuracy and Feasibility of Video Analysis for Assessing Hamstring Flexibility and Validity of the Sit-and-R Reach Test. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 82(4), 617-623.
- Muyor, J. M., Alacid, F., Rodríguez-García, P. L., & Lopez-Miñarro, P. A. (2012). Influencia de la Extensibilidad Isquiosural en la Morfología Sagital del Raquis e Inclinación Pélvica en Deportistas *Int.J. Morphol.*, 30(1), 176-181.
- Pincivero, D. M., Aldworth, C., Dickerson, T., Petry, C., & Shultz, T. (2000). Quadriceps-hamstring EMG activity during functional, closed kinetic chain exercise to fatigue *Eur J Appl Physiol*(81), 504-509
- Rainoldi, A., Melchiorri, G., & Caruso, I. (2004). A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 37-43. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.014>
- Santonja, F., Ferrer, V., & Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Ortopedia y deporte*, 4(2), 81-91.
- Santonja, F., & Martínez, I. (1992). Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. In F. Santonja & I. Martínez (Eds.), *Valoración medico-deportiva del escolar*. Murcia: Secretariado de publicaciones. Universidad de Murcia.

- Sanz Arribas, I. (2002). Natación y flexibilidad. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2(6). <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista6/natacion.html>
- Sanz Arribas, I. (2003). *Efectos del entrenamiento de la natación sobre la flexibilidad*. CD. Madrid: CV Ciencias del Deporte.
- Sanz Arribas, I. (2011). *La especialización en natación, waterpolo y natación sincronizada y sus efectos sobre la flexibilidad*. Ph.D., Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Shrier, I., & Gossal, K. (2000). Myths and Truths of Stretching. *The Physician and Sportsmedicine*, 28(8), 1-11.
- Simoneau, G. G. (1998). The impact of various anthropometric and flexibility measurements on the sit-and-reach test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 232-237.
- Wells, K., & Dillon, E. (1952). The sit and reach, a test of back and leg flexibility. *Research Quarterly*(23), 115-118.

[Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte](#)- vol. 13 - número 52 - ISSN: 1577-0354