

Efecto a corto plazo de un programa de estiramientos en la extensibilidad isquiosural y disposición sagital del raquis en estudiantes de Educación Secundaria

Short-term effect of a hamstring stretching program in hamstring extensibility and sagittal spinal curvatures in high school students

A.M. López-Ruiz¹, P.A. López-Miñarro²

1 Facultad de Educación. Universidad de Murcia. España.

2 Facultad de Educación. Universidad de Murcia. España.

CORRESPONDENCIA:

A.M. López-Ruiz

mariolopezruiz7@gmail.com

Fecha Recepción: julio de 2018 • Fecha Aceptación: octubre de 2018

CÓMO CITAR EL ARTÍCULO:

López-Ruiz, A. M. & López-Miñarro, P. A. (2020). Efecto a corto plazo de un programa de estiramientos en la extensibilidad isquiosural y disposición sagital del raquis en estudiantes de Educación Secundaria. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(43), 75-84.

Resumen

Debido a la frecuencia de casos con una reducida extensibilidad isquiosural y alteraciones posturales en adolescentes, el objetivo de este estudio fue analizar la influencia de un programa de estiramientos, de corta duración, en la extensibilidad isquiosural y disposición sagital del raquis en estudiantes de Educación Secundaria. A sesenta y dos adolescentes varones (14-17 años) se les midió la extensibilidad isquiosural (test *sit-and-reach* y test de elevación de la pierna recta) antes (pre-test) y después (post-test) de un programa escolar de 5 semanas (2 sesiones semanales), compuesto por tres estiramientos de la musculatura isquiosural, con una duración total por sesión de 70 segundos. También se valoró la disposición sagital del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en bipedestación relajada y en el *sit-and-reach*. Se encontró un aumento significativo en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* ($d=0,23$) y en el ángulo de flexión coxofemoral en el test de elevación de la pierna recta ($d=0,85-0,90$). La disposición sagital del raquis en bipedestación no mostró diferencias entre el pre- y post-test. En la posición de máxima flexión del *sit-and-reach*, hubo una menor cifosis torácica y menor retroversión pélvica ($p < 0,05$) en el post-test, aunque con un tamaño del efecto bajo ($d=0,02-0,22$). Un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural realizado en las dos clases semanales de Educación Física (70 segundos de estiramiento en cada clase), durante 5 semanas, mejora la extensibilidad isquiosural de adolescentes y reduce, ligeramente, la flexión torácica y la retroversión pélvica en la posición de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas.

Palabras clave: Flexibilidad, estiramiento muscular, Educación Física, postura raquídea.

Abstract

Hamstring shortness and postural deformities are frequent in adolescents. For this reason, the purpose of this study was to analyse the influence of a short-term stretching program in hamstring extensibility and sagittal spinal curvatures in high school students. Sixty-two male high school students aged 14-17 years old performed a 70 seconds hamstring stretching program (3 exercises) twice a week for five weeks during their physical education classes. Hamstring extensibility was measured by the straight leg raise test and sit-and-reach test. Thoracic and lumbar curves and pelvic inclination were measures in relaxed standing and in the sit-and-reach test. These measures were assessed before (pre-test) and after (post-test) the intervention program. Significant increases in the sit-and-reach score ($d=0.23$) and in the straight leg raise angle ($d=0.85-0.90$) were found. Sagittal spinal curvatures in standing showed no differences between pre- and post-test. In the maximal trunk flexion position during the sit-and-reach was detected a lower thoracic kyphosis and posterior pelvic tilt ($p < 0.05$) in post-test although with a low size effect ($d=0.02-0.22$). A hamstring muscle stretching program with a volume of 2 sessions per week (70 seconds each session), for 5 weeks, improves hamstring extensibility in adolescents and slightly reduces the thoracic bending and posterior pelvic tilt in trunk flexion postures with extended knees.

Key words: Flexibility, Muscle Stretch, Physical Education, Spine posture.

Introducción

La condición física es un contenido que, desde hace años, se viene incorporando en el currículo escolar de diferentes etapas educativas. En Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato existen diversos contenidos que, de forma más o menos directa, hacen referencia al desarrollo de la condición física, con una clara orientación a la salud (del Campo, Martínez de Haro, Moya, & Refoyo, 2008).

Entre las diferentes capacidades físicas que se incluyen habitualmente en el concepto de condición física, la flexibilidad es la que menos se trabaja, porque se le da una menor importancia (Nyland, Kocabay, & Caborn, 2004), excepto en aquellas actividades que requieren de amplitudes articulares muy importantes, como la danza y la gimnasia rítmica (Muyor, Zemková, & Chren, 2017; Sands et al., 2015).

Entre los diferentes músculos del cuerpo humano, la musculatura isquiosural ha sido objeto de mucha atención debido a la influencia de su extensibilidad en el denominado ritmo lumbo-pélvico, que hace referencia a la interacción de los movimientos de pelvis y columna vertebral al realizar una flexión del tronco (Zawadka, Skublewska-Paszowska, Gawda, Lukasik, Smolka, & Jablonski, 2018). Una reducida extensibilidad isquiosural provoca alteraciones del ritmo lumbo-pélvico (Esola, McClure, Fitzgerald, & Siegler, 1996; López-Miñarro, Muyor, & Alacid, 2011; Zawadka et al., 2018), que se concretan en una mayor cifosis torácica, así como una menor flexión pélvica, en movimientos de flexión del tronco (Kang, Jung, An, Yoo, & Oh, 2013; López-Miñarro, Muyor, Alacid, & Rodríguez, 2011; Muyor, López-Miñarro, & Alacid, 2011). Estas posturas aumentan la presión intradiscal, así como los niveles de estrés compresivo y de cizalla antero-posterior, aumentando el riesgo de fallo en los tejidos intervertebrales (Harrison, Colloca, Harrison, Janik, Haas, & Keller, 2005; McGill, 2002; Takahashi, Kikuchi, Sato, & Sato, 2006). Además, recientemente, Kemmochi, Sasaki y Ichimura (2018) han relacionado una reducida extensibilidad isquiosural con la aparición de fracturas lumbares por estrés en niños deportistas.

Los isquiosurales muestran, con frecuencia, unos niveles insuficientes de extensibilidad (López-Miñarro et al., 2011). Diversos estudios han encontrado una alta frecuencia de casos con una extensibilidad reducida en escolares, con porcentajes que oscilan entre el 28% y 89%, en función del estudio (Kanásová, 2008; Santonja, Rodríguez, Sáinz de Baranda, & López-Miñarro, 2004; Santonja, Sáinz de Baranda, Rodríguez, López Miñarro, & Canteras, 2007). Vidal, Vidal, Almeida y Vidal (2011) afirman que los niveles de flexibili-

dad de la musculatura isquiosural se han reducido con el paso del tiempo, de modo que el número de casos con acortamiento se ha incrementado un 15% en el período comprendido entre los años 1986-2008, tanto en chicos como en chicas. Más recientemente, Becerra-Fernández, Mayorga-Vega y Merino-Marban (2017) han encontrado que la extensibilidad de la musculatura isquiosural en adolescentes disminuye tras el paso de un año académico, sin influencia entre el punto de partida de la flexibilidad de los estudiantes y los cambios en sus niveles de extensibilidad.

Existen numerosas evidencias científicas de que la flexibilidad mejora significativamente cuando se realizan, de manera sistemática, ejercicios de estiramientos (Mayorga-Vega, Merino-Marban, Garrido, & Vician, 2014; Medeiros, Cini, Sbruzzi, & Lima, 2016). Diversas investigaciones han llevado a cabo programas específicos de flexibilidad en las clases de Educación Física, con escolares de Educación Primaria y/o Secundaria, encontrando mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural (Bojhar-Lax, Vaquero-Cristóbal, Espejo-Antúnez, & López-Miñarro, 2015; Coledam, Arruda, & Ramos de Oliveira, 2012; Mayorga-Vega et al., 2014a; Mayorga-Vega, Merino-Marban, Real, & Vician, 2015; Mayorga-Vega, Merino-Marban, Manzano-Lagunas, Blanco, & Vician, 2016; Rodríguez, Santonja, López-Miñarro, Sáinz de Baranda, & Yuste, 2008; Sáinz de Baranda, 2009; Sáinz de Baranda et al., 2006). Estas investigaciones han demostrado que la realización de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural de forma sistemática, entre 6 y 32 semanas, con una duración entre 3 y 5 minutos, y entre 2 o 3 sesiones semanales, mejora la extensibilidad.

Los estudios realizados en estudiantes adolescentes se han basado en programas de larga duración, no habiéndose determinado cuál es el efecto de una intervención de menor duración. Recientes estudios en escolares de Educación Primaria sí han abordado el análisis de un programa de estiramiento de unas pocas semanas de duración (Coledam et al., 2014; Mayorga-Vega et al., 2014; Sánchez Rivas, Mayorga-Vega, Fernández, & Merino-Marbán, 2014). No obstante, las diferencias en las características del sistema músculo-esquelético entre escolares prepuberales y postpuberales, podrían incidir en el efecto de un programa de estiramientos.

Además, todos estos estudios han analizado, únicamente, el efecto de un determinado programa de intervención en la extensibilidad isquiosural, utilizando como criterio la distancia alcanzada en algún test lineal, que tiene menos validez que los test angulares (Mayorga-Vega et al., 2014b). Así también, estos estudios no han analizado si la mejora encontrada tras el

programa de intervención incide en la disposición sagital del raquis y pelvis. Algunos estudios han encontrado modificaciones en las curvaturas raquídeas e inclinación pélvica, inmediatamente después de realizar algunos estiramientos de la musculatura isquiosural en adultos jóvenes (López-Miñarro, Muyor, Belmonte, & Alacid, 2012), o tras varias semanas de estiramientos en mujeres de mediana edad (Muyor et al., 2011). No obstante, no se ha establecido si un programa de estiramientos, que mejore la extensibilidad isquiosural, incide de forma positiva en el ritmo lumbo-pélvico de niños o adolescentes.

Por todo ello, el objetivo de este estudio fue analizar la influencia de un programa de estiramientos, de pocas semanas de duración, realizado en las clases de Educación Física, en la extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en adolescentes que cursan Educación Secundaria Obligatoria.

Métodos

Participantes

Sesenta y dos estudiantes varones adolescentes, con edades comprendidas entre 14 y 17 años, participaron en este estudio (media edad: $16,05 \pm 0,78$ años; talla: $171,34 \pm 7,86$ cm; masa: $68,65 \pm 8,10$ kg). Los criterios de inclusión fueron: no haber tenido dolor lumbar agudo, o alguna lesión músculo-esquelética en la región posterior de la pierna en los últimos 3 meses, ni tener alteración raquídea estructurada diagnóstica. Los criterios de exclusión fueron: no participar en alguna de las valoraciones de la extensibilidad isquiosural y columna vertebral, faltar a una o más sesiones del programa de intervención, así como padecer algún tipo de lesión o alteración durante el estudio que tuviera alguna influencia en las variables medidas.

Todas las mediciones fueron realizadas en horario de tarde, a la misma hora, tras dos horas, al menos, de cualquier actividad de reposo en decúbito. Además, los estudiantes fueron instruidos a no realizar ejercicio físico alguno en las 24 horas previas a las mediciones, que se realizaron en el mismo espacio, manteniendo la homogeneidad de las condiciones de humedad y temperatura.

Procedimientos

El estudio fue aprobado por la Comisión de Ética institucional. Previamente a las mediciones, todos los estudiantes y sus tutores legales, así como la dirección

del centro educativo, fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio, y firmaron un consentimiento informado.

A todos los participantes se les determinó la extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del raquis, previamente (pre-test) y tras finalizar (post-test; cuatro días después de la última sesión) un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural. Todas las mediciones se realizaron sin calentamiento previo alguno. La extensibilidad isquiosural fue valorada, en orden aleatorio, mediante el test de elevación pasiva de la pierna recta (EPR) y la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach*. Entre los diferentes test lineales existentes, se utilizó el *sit-and-reach* clásico por ser la mejor alternativa como test de campo (Mayorga-Vega et al., 2014b).

Así también, se valoró la disposición sagital del raquis en bipedestación relajada y en la posición de flexión máxima del tronco en el test *sit-and-reach*. En ambas posiciones se determinó el ángulo de la curva torácica y lumbar, así como el grado de inclinación de la pelvis.

Extensibilidad isquiosural

Para realizar el test *sit-and-reach*, se empleó un cajón de medición de 30 cm de altura con una regla milimetrada adosada. Para la ejecución del test, el estudiante se situó en sedentación, con las rodillas extendidas, los pies separados a la anchura de sus caderas y las plantas de los pies situadas perpendiculares al suelo, en contacto con el cajón de medición y con las puntas de los pies dirigidas hacia arriba. A todos los participantes se les dieron las siguientes instrucciones: “*con una mano sobre la otra, las palmas de las manos hacia abajo, con los dedos y los codos estirados y manteniendo las rodillas estiradas en todo momento, flexiona lentamente el tronco tanto como puedas, empujando la regla con las puntas de los dedos de las manos hasta alcanzar la máxima distancia posible, y mantén la posición durante 3 segundos*”. Durante la medición, un investigador se encargó de fijar las rodillas para que se mantuvieran en extensión. La distancia alcanzada se midió en centímetros. El valor 0 cm correspondió a la tangente de las plantas de los pies, siendo positivos los valores cuando las falanges distales del carpo superaban la tangente y negativos cuando no la alcanzaban. El test se llevó a cabo con ropa deportiva, pero sin calzado. La prueba se repitió en dos ocasiones, con un minuto de recuperación entre ambas y se utilizó la media para el análisis estadístico. Entre ambas mediciones, los participantes permanecieron en bipedestación sin realizar ejercicio y/o estiramiento alguno.

En el test de elevación de la pierna recta, el adolescente se colocó en decúbito supino sobre una camilla (Ecopostural), y se procedió a la elevación de la extremidad inferior con rodilla extendida de forma lenta y progresiva hasta que manifestara dolor en la zona poplítea y/o se detectara una basculación pélvica posterior. Por otro lado, el tobillo de la extremidad evaluada se mantuvo en máxima flexión plantar. Para la determinación del ángulo de flexión coxofemoral se utilizó un inclinómetro digital ACUMAR (*Acumar Single Digital Inclinometer*), colocado en la tuberosidad tibial. Para estandarizar su posición, se marcó un punto a 5 cm, en sentido craneal, de la línea que une el centro de ambos maléolos. Las consignas que se aportaron fueron: “*vamos a elevar la pierna poco a poco. Tienes que dejarla totalmente relajada y has de soportar el estiramiento todo lo que puedas hasta que la tensión te provoque dolor, momento en el que debes avisarnos, diciendo ¡Ya!*”. La medición se llevó a cabo en ambas extremidades por separado y de forma aleatoria. Se empleó la colocación del *Lumbosant* o soporte lumbar para disminuir la retroversión pélvica como efecto de la tracción muscular de los isquiosurales (Santonja et al., 2007). Un explorador ayudante mantuvo la extremidad contralateral extendida y en contacto con la camilla, evitando la rotación externa, así como la rotación de la pelvis en su eje longitudinal. Otro explorador se encargó de fijar la pelvis y controlar la basculación sagital de la misma. La prueba se repitió en dos ocasiones, con un minuto de recuperación entre ambas y se utilizó la media para el análisis estadístico. Entre ambas mediciones, los participantes permanecieron en la camilla, en posición de reposo.

Disposición sagital del raquis y pelvis

Para medir la postura de la columna vertebral (curvas torácica y lumbar) e inclinación pélvica se utilizó un *Spinal Mouse* (Idiag, Fehraltdorf, Suiza), un dispositivo válido y fiable para determinar los ángulos de las curvas raquídeas (Cohen, Kobayashi, Simic, Dennis, Refshauge, & Pappas, 2017; Guermazi et al., 2006).

Para realizar las mediciones, el *Spinal Mouse* se colocaba sobre la apófisis espinosa de T1 y se desplazaba en sentido caudal sobre las diferentes apófisis espinosas del raquis hasta llegar al inicio de la zona sacra (S1).

Para la medición en bipedestación, los adolescentes se colocaron en una posición relajada, con la mirada hacia adelante, los brazos relajados en los costados, las rodillas extendidas, y los pies separados a una distancia equivalente a la anchura de sus caderas. Para la medición en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, cuando el adolescente alcanzó la máxima distancia en el test *sit-and-reach* se procedió a medir con el *Spinal Mouse*.

En cuanto a los valores obtenidos, para la curva lumbar, los negativos correspondían a una curva de concavidad posterior (lordosis) y los positivos a una curva de concavidad anterior (inversión). Al contrario, en la curva torácica, valores positivos equivalen a curvas de concavidad anterior (cifosis) y valores negativos a una concavidad posterior (lordosis). Con respecto a la inclinación de la pelvis, el valor 0 correspondía a una posición vertical de la misma; un ángulo mayor (valores positivos) reflejaba una anteversión pélvica; y un ángulo inferior (valores negativos) se correspondía con una retroversión pélvica.

Programa de estiramiento isquiosural

El programa de estiramientos se realizó al comienzo de cada una de las dos clases semanales de Educación Física, con una duración total de 5 semanas (10 sesiones en total). Los estudiantes realizaron un protocolo de estiramientos de diversos grupos musculares: gemelos, cuádriceps, aductores, pectoral mayor, oblicuos e isquiosurales. De estos últimos se realizaron tres ejercicios, con una duración total de 70 s. Todo el programa estuvo dirigido por el profesor de la asignatura de Educación Física, siendo supervisado por los investigadores principales. Los estiramientos realizados fueron:

– Estiramiento 1: en bipedestación, se apoyó el talón de la extremidad a estirar en una superficie elevada de entre 50 cm y 80 cm de altura (en función de la altura y capacidad de extensibilidad), manteniendo el tobillo en una posición neutral. La otra pierna se mantuvo extendida, y con el pie dirigido hacia delante, evitando una rotación externa coxofemoral. En esa posición, había que intentar acercar las dos manos hacia los pies a través de un movimiento de flexión coxofemoral, con el raquis lo más alineado posible y manteniendo una aducción escapular, hasta que sintiera una sensación de tirantez moderada-intensa en la zona poplítea. La posición se mantuvo durante 20 segundos e, inmediatamente después, se realizó con la otra pierna (Figura 1a).

– Estiramiento 2: en bipedestación, manteniendo las rodillas extendidas y sin rotación coxofemoral alguna, los participantes inclinaban el tronco a través del eje coxofemoral, manteniendo la columna vertebral lo más alineada posible, hasta alcanzar una sensación de tirantez moderada-intensa en la zona poplítea. En ese momento, se mantenía la posición durante 30 segundos (Figura 1b).

– Estiramiento 3: en bipedestación, el pie de la extremidad a estirar se colocó por delante del apoyo del pie de la otra pierna. El tobillo de la pierna a estirar se

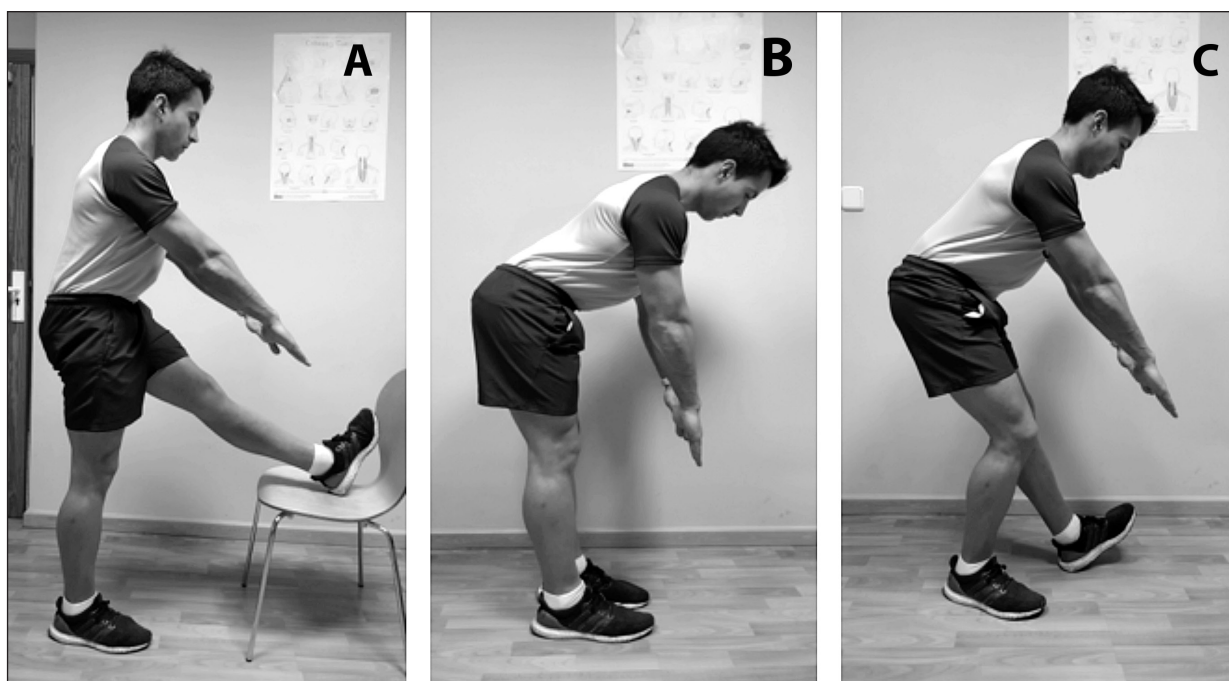


Figura 1. Estiramientos del programa de intervención.

colocó en máxima flexión dorsal, apoyando el talón, manteniendo la rodilla extendida. La rodilla de la otra pierna se colocó en flexión. En esa posición, los participantes inclinaban el tronco, intentando acercar las manos hacia los pies, pero manteniendo una aducción escapular y el raquis lo más alineado posible, hasta alcanzar una sensación de tirantez moderada-intensa en la zona poplítea. Dicha posición se mantuvo durante 20 segundos e inmediatamente después se realizó con la otra pierna (Figura 1c).

Análisis estadístico

La distribución de los datos fue inicialmente valorada mediante el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Puesto que las variables seguían una distribución normal, se realizó un análisis estadístico en base a pruebas paramétricas. Para la obtención de los resultados se realizó una estadística descriptiva con la obtención de los valores medios y desviación típica. Para establecer las diferencias en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* y en el test de elevación de la pierna recta entre las mediciones realizadas antes (pre-test) y después (post-test) del programa de estiramientos, se utilizó una prueba *t-student* para muestras dependientes. Además, para establecer si había diferencias entre ambas extremidades en el test de elevación de la pierna recta se realizó una prueba *t-student* para muestras independientes. Para conocer el tamaño del efecto se calculó el coeficiente *d* de Cohen con el

programa Microsoft® Excel 2010 (*Microsoft Corporation*, EE.UU.). Un valor menor de 0,2 se consideró un tamaño del efecto bajo; un valor sobre 0,5 un tamaño del efecto moderado, y un valor superior a 0,8 un tamaño del efecto alto (Cohen, 1988).

Se estableció un valor de $p < 0,05$ para determinar la significación estadística. El análisis estadístico se realizó mediante el *software* SPSS (versión 24,0; SPSS Inc., IL).

Resultados

En el test de elevación de la pierna recta los participantes obtuvieron una mejora significativa tras el programa de estiramientos, con una diferencia de medias entre el pre- y post-test de $+8,83^\circ$ para la pierna izquierda, y de $+9,10^\circ$ para la pierna derecha. No hubo diferencias significativas en los valores del test EPR entre la pierna derecha e izquierda. El tamaño del efecto de los cambios en el test de EPR entre el pre- y post-test fue alto para ambas piernas (tabla 1).

La distancia media alcanzada por los participantes en el test *sit-and-reach* fue de $-3,11 \pm 10,3$ cm en el pre-test y $-0,64 \pm 10,44$ cm en el post-test (diferencia de medias: $2,46 \pm 3,15$ cm). La prueba *t* evidenció diferencias significativas entre el pre-test y el post-test ($p < 0,001$), con un tamaño del efecto bajo ($d: 0,23$).

Los valores medios de la postura raquídea y pelvis en bipedestación habitual y en el test de flexión máxima del tronco en sedentación con rodillas extendidas (*test*

Tabla 1. Valores medios y desviación típica del test de elevación de la pierna recta.

Test de elevación de la pierna recta				
	Pre-test	Post-test	p valor	d Cohen
Pierna izquierda	80.14 ± 9.16°	88.97 ± 10.01°	< 0.001	0.85
Pierna derecha	81.27 ± 10.42°	90.37 ± 11.84°	< 0.001	0.90

Tabla 2. Valores medios y desviación típica de los valores de las curvas raquídeas e inclinación pélvica en las posturas evaluadas.

Bipedestación habitual				
	Pre-test	Post-test	p valor	d Cohen
Curva torácica	43.44 ± 9.26°	42.88 ± 9.62°	0.559	0.05
Curva lumbar	-24.81 ± 7.07°	-25.58 ± 7.13°	0.100	0.10
Inclinación pélvica	13.76 ± 5.75°	14.52 ± 5.84°	0.087	0.13
Flexión máxima del tronco en sedentación con rodilla extendidas (sit-and-reach)				
	Pre-test	Post-test	p valor	d Cohen
Curva torácica	70.00 ± 8.72°	67.88 ± 10.31°	0.039	0.22
Curva lumbar	33.77 ± 8.57°	33.96 ± 9.53°	0.724	0.02
Inclinación pélvica	-16.14 ± 12.23°	-14.03 ± 12.26°	0.003	0.16

sit-and-reach) se presentan en la tabla 2. Se evidenció una curva torácica ligeramente menor (diferencia de medias: - 2,12°) y una menor retroversión pélvica (diferencia de medias: -2,11°) en el post-test. En bipedestación relajada, no hubo diferencias significativas entre el pre- y post-test.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de un programa de estiramientos, en la extensibilidad isquiosural y disposición sagital del raquis de estudiantes adolescentes. El principal hallazgo fue que, tras el programa basado en estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural con una duración de 5 semanas, hubo un aumento de la extensibilidad, tal y como evidencian las mejoras del test de elevación de la pierna recta y la distancia alcanzada en el *sit-and-reach*. Estas mejoras se tradujeron en una mayor flexión pélvica y menor cifosis torácica en la posición de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas, aunque con un tamaño del efecto bajo.

Los resultados del presente trabajo están en concordancia con los hallazgos de estudios previos sobre la extensibilidad isquiosural, tras implementar un programa de estiramientos en niños y adolescentes (Bojajar-Lax et al., 2015; Coledam et al., 2012; Mayorga-Vega et al., 2014a; Nelson & Bandy, 2004; Rodríguez et al., 2008; Sáinz de Baranda et al., 2006; Santonja et al., 2007; Zakas, Galazoulas, Grammatikopoulou, & Vergou, 2002). Las evidencias de estos estudios

muestran que un programa de estiramiento isquiosural, realizado entre 6-32 semanas, con un volumen de estiramientos de entre 3 y 5 minutos por sesión, 2 o 3 veces por semana, aumenta significativamente los valores alcanzados en diversos test que valoran la extensibilidad de la musculatura isquiosural. No obstante, en estos estudios no se analizó la disposición de la columna vertebral, para valorar si un cambio en la extensibilidad influye en la postura.

Varios estudios en escolares de primaria (7-10 años) han mostrado una mejora de la distancia en el test *sit-and-reach* (+ 1,0-2,7 cm) tras aplicar un programa de entre 10-20 semanas, basado en 3-5 minutos de estiramiento isquiosural, en cada una de las clases de Educación Física, y realizados durante los períodos de calentamiento y vuelta a la calma (Mayorga-Vega et al., 2014a; Mayorga-Vega et al., 2016; Sánchez Rivas et al., 2014).

Los programas de estiramiento de mayor duración han mostrado mayores mejoras en la extensibilidad. Rodríguez et al. (2008), demostraron que un programa de estiramiento isquiosural en las clases de Educación Física, de una duración de 32 semanas, producía mejoras significativas en el test *sit-and-reach* (+ 7,22 cm), en escolares de Educación Secundaria. En la misma línea, Sáinz de Baranda (2009) realizó un programa de intervención de estiramientos de la musculatura isquiosural en las clases de Educación Física, en estudiantes de 2º de ESO (incluyendo chicos y chicas), consistente en 4 ejercicios durante 5 minutos en el calentamiento y 2 ejercicios durante 2 minutos en la vuelta a la calma, a lo largo de todas las sesiones del

curso escolar (31 semanas). Sus resultados mostraron mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural (en torno a 7° en el test de elevación de la pierna recta en ambas piernas) en el grupo de escolares que realizó el programa de intervención.

Otros programas de estiramiento muscular realizados en las clases de Educación Física, durante menos semanas (12-16 semanas), también han mostrado mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural, respecto a un grupo control que no estiraba (Coledam et al., 2012; Zakas et al., 2002). En una intervención de similar duración (6 semanas) y volumen de estiramientos al del presente estudio, Nelson y Bandy (2004) mostraron una mejora significativa de la flexibilidad isquiosural en adolescentes entre 15-17 años, en comparación con un grupo control que no hizo estiramientos. En otro estudio en adolescentes de entre 12 y 14 años, en el que realizaban estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural, dos veces por semana durante 8 semanas, Mayorga-Vega et al. (2015), encontraron un aumento en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach*.

Otros estudios han implementado otro tipo de programas escolares en las clases de Educación Física, integrando actividades de estiramiento isquiosural junto a actividades de fortalecimiento muscular y/o control postural. Moreira et al. (2012) encontraron mejoras en el *sit-and-reach* (+3,38cm), tras 6 semanas, en un programa de integraba actividades de fortalecimiento abdominal, lumbar, movilidad raquídea y estiramiento isquiosural. González-Gálvez, Carrasco, Marcos y Gomes de Souza (2015), tras aplicar en adolescentes un programa de Pilates de 6 semanas en las clases de Educación Física, que incluía, junto a actividades propias del método Pilates, estiramientos específicos de la musculatura isquiosural, evidenciaron una mejora significativa en la distancia alcanzada en el test *toe-touch* (+ 3,38 ± 3,7 cm, en chicos; +3,85 ± 4,2 cm, en chicas).

Ninguno de los estudios citados que han implementado un programa escolar de Educación Física, basado en estiramientos de la musculatura isquiosural, o que incluyen estos en un programa más integral, han valorado la posición de la columna vertebral, para determinar si la mejora en la extensibilidad condiciona la disposición del raquis. Los resultados del presente estudio muestran que una mejora de la extensibilidad isquiosural no afecta a la disposición sagital del raquis torácico y lumbar, ni a la inclinación pélvica, en bipedestación relajada. Estos resultados coinciden con otros estudios que han valorado la relación entre la extensibilidad isquiosural y el morfotipo raquídeo en bipedestación en mujeres adultas (Muyor, López-Miñarro, & Casimiro, 2012), adultos jóvenes (Gajdosik,

Albert, & Mitman, 1994; López-Miñarro et al., 2012) y deportistas adolescentes (López-Miñarro & Alacid, 2011). Esto es debido a que, en bipedestación, los isquiosurales no están bajo un suficiente estímulo de tracción que pueda influir en el ritmo lumbo-pélvico (López-Miñarro et al., 2011).

Las mejoras de extensibilidad isquiosural sí que influyen en la disposición de la pelvis y raquis torácico en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas. El presente estudio encontró que una mayor extensibilidad se relaciona con una menor retroversión pélvica y menor cifosis torácica en la posición de máxima flexión del tronco, aunque con un tamaño del efecto bajo. Estos resultados son consistentes con estudios previos en otro tipo de poblaciones. Según Hasebe et al. (2014) en las personas con más extensibilidad isquiosural, hay una mayor contribución pélvica en los movimientos de flexión del tronco. En otro estudio posterior, Hasebe, Okubo, Kaneoka, Takada, Suzuki y Sairyō (2016), tras un programa de estiramiento isquiosural de 6 semanas, evidenciaron que el rango total de flexión pélvica se incrementaba de forma significativa en el test *toe-touch*. Fatemi, Javid y Najafabadi (2015), aplicaron un programa basado en los ejercicios de William de una duración de 8 semanas (3 sesiones semanales de una hora de duración cada una) en chicas adolescentes con hiperlordosis lumbar, y encontraron un aumento de la flexibilidad lumbar e isquiosural, así como una disminución de la lordosis lumbar.

En ciclistas de mediana edad, Muyor, López-Miñarro, & Alacid (2013) encontraron una baja, pero significativa, relación entre la extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del raquis en flexión del tronco con rodillas extendidas. Muyor et al. (2012), en mujeres de mediana edad, encontraron que un programa de estiramiento isquiosural de 12 semanas de duración, mejoraba la extensibilidad y modificaba el ritmo lumbo-pélvico, de modo que en el test *toe-touch* había menor cifosis torácica y más inclinación pélvica. López-Miñarro et al. (2012) en adultos jóvenes, comprobaron que inmediatamente después de una sesión de estiramiento isquiosural de 8 minutos, disminuía la cifosis torácica y retroversión pélvica al adoptar posiciones de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas. Estos cambios, suponen una mejora del ritmo lumbo-pélvico, por cuanto se reduce la flexión intervertebral, y con ello disminuyen los niveles de estrés raquídeo (McGill, 2002). Por estos motivos, es importante abordar el contenido de estiramientos musculares en las clases de Educación Física, enseñando a realizarlos de forma correcta, con una postura corporal adecuada, para que los estudiantes puedan ponerlos

en práctica también fuera del ámbito educativo. Varias investigaciones han demostrado que un adecuado programa de higiene postural, que incluya estiramientos de los isquiosurales, puede reducir significativamente la frecuencia y gravedad de las desalineaciones dinámicas del raquis y las restricciones de la extensibilidad muscular (Andújar, Santonja, García de la Rubia, & Rodríguez, 1999; González, Martínez, Mora, Salto, & Álvarez, 2004; Santonja et al., 2004).

El aumento del rango de movimiento articular se ha atribuido bien a cambios en la rigidez muscular (provocando deformación viscoelástica del músculo) o bien a modificaciones en la tolerancia al estiramiento (umbral del dolor) generados tras un estímulo de tracción (Useros & Campos, 2011). Intervenciones basadas en estiramientos de entre 3 y 8 semanas no cambian las propiedades mecánicas del tendón, aunque sí modifican la extensibilidad y tolerancia al estiramiento ante una fuerza de tracción muscular (Freitas, Mendes, Le Sant, Andrade, Nordez, & Milanovic, 2018). De un modo u otro, sea cual sea la causa del aumento del rango de movimiento, una mayor flexión coxofemoral permite adoptar posturas más saludables en los movimientos de flexión del tronco, al mejorar el ritmo lumbo-pélvico (López-Miñarro, Ferragut, Alacid, Yuste, & García, 2008).

La distribución semanal de las dos sesiones de Educación Física es una cuestión que viene impuesta en el proceso de diseño de los horarios en los centros educativos, por lo que ambas sesiones pueden estar en días consecutivos (martes-miércoles, etc.) o separados (lunes-viernes, etc.). En el presente estudio, las dos clases semanales estaban separadas por uno o dos días, según el grupo. Bohajar-Lax et al. (2015) comprobaron que un programa de estiramientos en las clases de Educación Física y con una distribución de sesiones diferente (sesiones consecutivas vs sesiones separadas por tres días), generaba mejoras similares en la extensibilidad isquiosural.

El presente estudio presenta varias limitaciones. La principal limitación fue no tener grupo control, para comprobar si las mejoras de la extensibilidad muscular se producen por el entrenamiento a través del programa de estiramientos y no por otros factores como la maduración o el crecimiento. No obstante, en un período de cinco semanas, tales cambios, en caso de existir, serían poco significativos. Entre los diferentes test lineales se eligió utilizar el test *sit-and-reach* para valorar la extensibilidad isquiosural por ser uno de los más frecuentemente usados para medir la flexibilidad en ámbito educativo, y presentar mayor validez que otros protocolos (Mayorga-Vega et al., 2014b). Es un test lineal con un procedimiento simple de administrar y que precisa de poco entrenamiento previo para su aplicación, siendo posible valorar un gran número de personas en un periodo corto de tiempo (Santonja, Ferrer, & Martínez, 1995). No obstante, Muyor, Zemková, Štefániková y Kotyra (2014), tras analizar la validez de este test en escolares, concluyeron que es válido para evaluar la posición de la pelvis y raquis, pero no para la extensibilidad isquiosural.

Conclusiones

La realización de estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural (2 sesiones por semana, con un volumen de estiramiento de 70 s por sesión, durante 5 semanas), durante la fase preparatoria (calentamiento) de las clases de Educación Física, incrementa la extensibilidad isquiosural. Esta mejora está relacionada con una mejor alineación sagital de la curva torácica, así como una mayor inclinación anterior de la pelvis en la postura de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas. Por todo ello, la inclusión de un corto período de estiramientos de la musculatura isquiosural en las clases de Educación Física supone una intervención a considerar en la programación de estas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andújar, P., Santonja, F., García de la Rubia, S., & Rodríguez, P. L. (1999). Higiene postural del escolar: Influencia de la Educación Física. *Pediatría Integral*, 2, 135-142.
- Becerra-Fernández, C. A., Mayorga-Vega, D., & Merino-Marban, R. (2017). How do students' hamstring extensibility levels change through an academic year? A longitudinal study. *Educación Física y Ciencia*, 19(2), e029. doi: <https://doi.org/10.24215/23142561e029>
- Bohajar-Lax, A., Vaquero-Cristóbal, R., Espejo-Antúnez, L., & López-Miñarro, P. A. (2015). Efecto de un programa de estiramiento de la musculatura isquiosural sobre la extensibilidad isquiosural en escolares adolescentes: influencia de la distribución semanal de las sesiones. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1241-1245. doi: 10.3305/nh.2015.32.3.9308
- Cabry, J., & Shiple, B. J. (2000). Increasing hamstring flexibility decreases hamstring injuries in high school athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10, 311-312. doi: <https://doi.org/10.1097/00042752-200010000-00029>
- Carregaro, R. L., & Coury, H. J. C. (2009). Does reduced hamstring flexibility affect trunk and pelvic movement strategies during manual handling? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 115-120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.05.004>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science*. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Kobayashi, S., Simic, M., Dennis, S., Refshauge, K., & Pappas, E. (2017). Non-radiographic methods of measuring global sagittal balance: A systematic review. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 12(1), 1-12. doi: <https://doi.org/10.1186/s13013-017-0135-x>

- Coledam, D. H. C., Arruda, G. A., & Ramos de Oliveira, A. (2012). Chronic effect of static stretching performed during warm-up on flexibility in children. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(3), 296-304. doi: <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n3p296>
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203. doi: <https://doi.org/10.1177/03635465020300020901>
- Del Campo, J., Martínez de Haro, V., Moya, J. M., & Refoyo, I. (2008). Condición física y salud en el currículum LOGSE y LOE. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 8, 27-40. Disponible en: <http://www.reefd.es/index.php/reefd/article/view/346/336>
- Esola, M. A., McClure, P. W., Fitzgerald, G. K., & Siegler, S. (1996). Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*, 21(1), 146-250. doi: [10.1097/00007632-199601010-00017](https://doi.org/10.1097/00007632-199601010-00017)
- Fasuyi, F. O., Fabunmi, A. A., & Adegoke, B. O. A. (2016). Hamstring muscle length and pelvic tilt range among individuals with and without low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(2), 246-250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.06.002>
- Fatemi, R., Javid, M., & Najafabadi, E. M. (2015). Effects of William training on lumbosacral muscles function, lumbar curve and pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(3), 591-597. doi: [10.3233/BMR-150585](https://doi.org/10.3233/BMR-150585)
- Freitas, S. R., Mendes, B., Le Sant, G., Andrade, R. J., Nordez, A., & Milanovic, Z. (2018). Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 794-806. doi: <https://doi.org/10.1111/sms.12957>
- Gajdosik, R. L., Albert, C. R., & Mitman, J. J. (1994). Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20, 213-219. doi: [10.2519/jospt.1994.20.4.213](https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.4.213)
- González, J. L., Martínez, J., Mora, J., Salto, G., & Álvarez, E. (2004). El dolor de espalda y los desequilibrios musculares. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 4(13), 18-34. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista13/espalda.pdf>
- González-Gálvez, M., Carrasco, M., Marcos, P. J., & Gomes de Souza, R. (2015). Effects of a Pilates school program on hamstring flexibility of adolescents. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(4), 302-307. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220152104145560>
- Grabara, M., Kołodziej, G., & Wójcik, M. (2010). Spine flexibility and the prevalence of contractures of selected postural muscle groups in junior male football players. *Biomedical Human Kinetics*, 2, 15-18. doi: <https://doi.org/10.2478/v10101-010-0004-z>
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kessomini, W., Hammouda, I. B., & Elleuch, M. H. (2006). Validity and reliability of Spinal Mouse to assess lumbar flexion. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 49(4), 172-177. doi: [10.1016/j.annrmp.2006.03.001](https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2006.03.001)
- Harrison, D. E., Colloca, C. J., Harrison, D. D., Janik, T. J., Haas, J. W., & Keller, T. S. (2005). Anterior thoracic posture increases thoracolumbar disc loading. *European Spine Journal*, 14(3), 234-242. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0734-0>
- Hasebe, K., Okubo Y, Kaneoka, K., Takada, K., Suzuki, D., & Sairyō, K. (2016). The effect of dynamic stretching on hamstrings flexibility with respect to the spino-pelvic rhythm. *The Journal of Medical Investigation*, 63(1-2), 85-90. doi: <https://doi.org/10.2152/jmi.63.85>
- Hasebe, K., Sairyō, K., Hada, Y., Dezawa, A., Okubo, Y., Kaneoka, K., & Nakamura, Y. (2014). Spino-pelvic-rhythm with forward trunk bending in normal subjects without low back pain. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 24(Suppl 1), S193-199. doi: <https://doi.org/10.1007/s00590-013-1303-1>
- Kanásová, J. (2008). Reducing shortened muscles in 10-12-year-old boys through a physical exercise programme. *Medicina Sportiva*, 12(4), 115-123. doi: [10.2478/v10036-008-0022-x](https://doi.org/10.2478/v10036-008-0022-x)
- Kang, M. H., Jung, D. H., An, D. H., Yoo, W. G., & Oh, J. S. (2013). Acute effects of hamstring-stretching exercises on the kinematics of the lumbar spine and hip during stoop lifting. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 26(3), 329-336. doi: [10.3233/BMR-130388](https://doi.org/10.3233/BMR-130388)
- Kemmochi, M., Sasaki, S., & Ichimura, S. (2018). Association between reduced trunk flexibility in children and lumbar stress fractures. *Journal of Orthopaedics*, 15(1), 122-127. doi: [org/10.1016/j.jor.2018.01.014](https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.014)
- López-Miñarro, P. A., Ferragut, C., Alacid, F., Yuste, J. L., & García, A. (2008). Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *Apunts Medicina Deportiva*, 157, 24-29. doi: [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(08\)70065-3](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(08)70065-3)
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., & Alacid, F. (2012). Influence of hamstring extensibility on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in high-trained young kayakers. *European Journal of Sports Science*, 12(6), 469-474. doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.575476>
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., & Rodríguez, P. L. (2011). Influence of sport training on sagittal spinal curvatures. In: *Wright AM, Rothenberg SP, editors. Posture: Types, Assessment and Control*. New York: Nova Publishers Pub Inc, pp. 63-98.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Belmonte, F., & Alacid, F. (2012). Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *Journal of Human Kinetics*, 31, 69-78. doi: <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0007-7>
- López-Miñarro, P. A. & Rodríguez, P. L. (2010). Hamstring muscle extensibility influences the criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1013-1018. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181c7c60d](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c60d)
- Mannion, A. F., Knecht, K., Balaban, G., Dvorak, J., & Grob, D. (2004). A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *European Spine Journal*, 13(2), 122-136. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-003-0618-8>
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marbán, R., Garrido, F. J., & Viciana, J. (2014a). Comparison between warm-up and cool-down stretching programs on hamstring extensibility gains in primary school children. *Physical Activity Review*, 1(1), 16-24.
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marbán, R., & Viciana, J. (2014b). Criterion-related validity of sit-and-reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: A meta-analysis. *Journal of Sports Science Medicine*, 13(1), 1-14. Disponible en: <https://www.jssm.org/volume13/iss1/cap/jssm-13-1.pdf>
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marbán, R., Manzano-Lagunas, J., Blanco, H., & Viciana, J. (2016). Effects of a stretching development and maintenance program on hamstring extensibility in schoolchildren: A cluster-randomized controlled trial. *Journal of Sports Science Medicine*, 15(1), 65-74. Disponible en: <https://www.jssm.org/volume15/iss1/cap/jssm-15-65.pdf>
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marbán, R., Real, J., & Viciana, J. (2015). A physical education-based stretching program performed once a week also improves hamstring extensibility in school children: a cluster-randomized controlled trial. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4), 1715-1721. doi: [10.3305/nh.2015.32.4.9302](https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9302)
- McGill, S. M. (2002). *Low Back Disorders: Evidence based prevention and rehabilitation*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G., & Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(6), 438-445. doi: <https://doi.org/10.1080/09593985.2016.1204401>
- Mejia, E. A., Hennrikus, W. L., Schwend, R. M., & Emans, J. B. (1996). A prospective evaluation of idiopathic left thoracic scoliosis with MRI. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 16(3), 354-358. doi: [10.1097/01241398-199605000-00012](https://doi.org/10.1097/01241398-199605000-00012)
- Melrose, D. R., Spaniol, F. J., Bohling, M. E., & Bonnette, R. A. (2007). Physiological and performance characteristics of adolescent club volleyball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 481-486. doi: [10.1519/R-19185.1](https://doi.org/10.1519/R-19185.1)

- Moradi, E., Motlagh, S. H., & Nikkhah, Z. (2014). Measurement of the Effect of the Static Stretching on Hamstring Flexibility in High School Females. *International Journal of Life Sciences*, 8(5), 18-21. doi: dx.doi.org/10.3126/ijls.v8i5.10914.
- Moreira, R. F., Akagi, F. H., Wun, P. Y., Moriguchi, C. S., & Sato, T. O. (2012). Effects of a school based exercise program on children's resistance and flexibility. *Work*, 41(Suppl 1), 922-928. doi: 10.3233/WOR-2012-0264-922.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2011). Influence of hamstring muscles extensibility on spinal curvatures and pelvic tilt in highly trained cyclists. *Journal of Human Kinetics*, 29, 15-23. doi: https://doi.org/10.2478/v10078-011-0035-8
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2013). The relationship between hamstring muscle extensibility and spinal postures varies with the degree of knee extension. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(6), 678-686. doi: https://doi.org/10.1123/jab.29.6.678
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., & Casimiro, A. J. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: a randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 161-169. doi: 10.3233/BMR-2012-0323
- Muyor, J. M., Zemková, E., & Chren, M. (2017). Effects of Latin style professional dance on the spinal posture and pelvic tilt. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(4), 791-800. doi: 10.3233/BMR-150448
- Muyor, J. M., Zemková, E., Štefániková, G., & Kotyra, M. (2014). Concurrent validity of clinical tests for measuring hamstring flexibility in school age children. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 664-669. doi: 10.1055/s-0033-1353217
- Nelson, R. T., & Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 254-258.
- Nyland, J., Kocabay, Y., & Caborn, D. N. (2004). Sex differences in perceived importance of hamstring stretching among high school athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 99(1), 3-11. doi: https://doi.org/10.2466/pms.99.1.3-11
- Fasuyi, F. O., Fabunmi, A. A., & Adegoke, B. O. A. (2014). Hamstring muscle length and pelvic tilt range among individuals with and without low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(2), 246-250. doi: 10.1016/j.jbmt.2016.06.002.
- Post, R. B., & Leferink, V. J. (2004). Spinal mobility: sagittal range of motion measured with the SpinalMouse, a new non-invasive device. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 124(3), 187-192. doi: https://doi.org/10.1007/s00402-004-0641-1
- Rodríguez, P. L., Santonja, F. M., López-Miñarro, P. A., Sainz de Baranda, P., & Yuste, J. L. (2008). Effect of physical education stretching programme on sit-and-reach score in schoolchildren. *Science & Sports*, 23(3-4), 170-175. doi: 10.1016/j.scispo.2007.12.013
- Sainz de Baranda, P. (2009). El trabajo de la flexibilidad en educación física: Programa de intervención. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 4, 33-38. doi: http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v4i10.129
- Sainz de Baranda, P., Rodríguez, P. L., Santonja, F. M., López, P. A., Andújar, P., Ferrer, V., & Pastor, A. (2006). Effects of hamstring stretching exercises on the toe-touch test in elementary schoolchildren. *Journal of Human Movement Studies*, 51(4), 277-289. doi: 0306-7297/06/1000-0277
- Sánchez, E., Mayorga-Vega, D., Fernández, E., & Merino-Marbán, R. (2014). Efecto de un programa de estiramiento de la musculatura isquiósural en las clases de educación física en Educación Primaria. *Journal of Sport and Health Research*, 6(2), 159-168. Disponible en: http://www.journalsshr.com/papers/Vol%206_N%202/V06_2_5.pdf
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Penitente, G., Murray, S. R., Nassar, L., Jemni, M., Mizuguchi, S., & Stone, M. H. (2016). Stretching the spines of gymnasts: A review. *Sports Medicine*, 46(3), 315-327. doi: https://doi.org/10.1007/s40279-015-0424-6
- Santonja, F., Ferrer, V., & Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiósurales cortos. *Selección. Revista Española e Iberoamericana de Medicina de la Educación Física y el Deporte*, 4(2), 81-91.
- Santonja, F., Rodríguez, P. L., Sáinz de Baranda, P., & López Miñarro, P. A. (2004). Papel del profesor de Educación física ante las desalineaciones de la columna vertebral. *Selección. Revista Española e Iberoamericana de Medicina de la Educación Física y el Deporte*, 13(1), 5-17.
- Santonja, F. M., Sáinz de Baranda, P., Rodríguez, P. L., López-Miñarro, P. A., & Canteras, M. (2007). Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 304-308.
- Takahashi, I., Kikuchi, S., Sato, K., & Sato, N. (2006). Mechanical load of the lumbar spine during forward bending motion of the trunk? A biomechanical study. *Spine*, 31(1), 18-23. doi: 10.1097/01.brs.0000192636.69129.fb
- Tüzün, C., Yorulmaz, I., Cindas, A., Vatan, S. (1999). Low back pain and posture. *Clinical Rheumatology*, 18(4), 308-312. doi: https://doi.org/10.1007/s100670050107
- Useros, P., & Campos, M. (2011). Estiramientos analíticos y stretching global activo en clases de Educación Física. *Fisioterapia*, 33(2), 70-78. doi: 10.1016/j.ft.2011.02.003
- Vidal, M., Vidal, T., Almela, M., & Vidal, M. (2011). El acortamiento de los isquiósurales. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 105(3), 44-50. doi: 10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/3).105.05
- Weber, A. E., Bedi, A., Tibor, L. M., Zaltz, I., & Larson, C. M. (2015). The hyperflexible hip: Managing hip pain in the dancer and gymnast. *Sports Health*, 7(4), 346-358. doi: https://doi.org/10.1177/1941738114532431
- Witvrouw, E., Daneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41-46. doi: https://doi.org/10.1177/03635465030310011801
- Zakas, A., Galazoulas, C., Grammatikopoulou, M. G., & Vergou, A. (2002). Effects of stretching exercise during strength training in pre-pubertal, pubertal and adolescent boys. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 6(3), 170-176. doi: 10.1054/jbmt.2001.0275
- Zawadka, M., Skublewska-Paszkowska, M., Gawda, P., Lukasik, E., Smolka, J., & Jablonski, M. (2018). What factors can affect lumbopelvic flexion-extension motion in the sagittal plane?: A literature review. *Human Movement Science*, 58, 205-218. doi: https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.02.008